

**FELIPE MASTROGIOVANNI TOTINI**

**Análise da Competitividade do Setor Siderúrgico Brasileiro**

São Paulo

2022

**FELIPE MASTROGIOVANNI TOTINI**

**Análise da Competitividade do Setor Siderúrgico Brasileiro**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola

Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia Metalúrgica e

de Materiais

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Lenz

São Paulo

2022

## Agradecimentos

Primeiramente aos meus pais, que construíram as bases da minha vida, proporcionando educação em casa, uma escola de qualidade e experiência para lidar com as adversidades que eu enfrentaria.

Aos meus avós, que sempre estiveram presentes nas tardes durante a infância e nos almoços de família e viagens durante a juventude, apoiando de forma essencial e além, com experiência, amor e dedicação, em paralelo com os meus pais.

Aos professores e funcionários da Escola Politécnica, os quais fizeram parte dos alicerces do meu aprendizado no ensino superior, exigindo dedicação, proporcionando conhecimento e direcionando o foco da minha caminhada profissional.

Ao professor Lenz, que direcionou com conhecimento excepcional os rumos deste trabalho de formatura, ajudando com criatividade, domínio do tema e fontes de qualidade, dedicando tempo e confiança na minha produção.

Aos meus amigos politécnicos, os quais me apoiaram e compartilharam das dificuldades enfrentadas ao longo da formação acadêmica, tornando os dias mais leves e os desafios, menores.

Aos meus amigos de infância, que proporcionaram viagens, risadas e momentos de distração e leveza para enfrentar a vida acadêmica com mais ímpeto.

Às minhas gatas, que trocaram comigo carinho e amor incondicional, no enfrentamento dos *lockdowns* na pandemia e em todos os momentos de distração e descanso.

A mim mesmo como estudante, que apesar das dificuldades e questionamentos enfrentados na vida acadêmica, sempre que um objetivo foi visualizado à frente, foi buscado com muita determinação e com todas as ferramentas necessárias, mantendo o foco e abrindo mão do que não fosse essencial.

A mim mesmo como pessoa, que recebi as bases e alicerces de todos os exaltados acima com importância e respeito, convertendo os momentos em memórias, as experiências em aprendizados e o carinho em amor.

Ao destino, às probabilidades, ou a Deus, como quiser chamar. Os quais me conduziram naquele 0,000001% sobre o qual não temos controle na nossa caminhada da vida.

## **Resumo**

A produção global de aço, atualmente, é liderada pela China. Apesar disso, o Brasil também tem sua posição relevante no mercado da Siderurgia, com vantagens peculiares e fatores limitantes que foram criados no contexto da dinâmica histórica do setor e o colocam como um *player* menor neste ramo. O presente trabalho busca estudar as vantagens e desvantagens brasileiras no mercado internacional de produção de aço, bem como a evolução da sua competitividade na última década e a sustentabilidade desta no longo prazo.

## **Abstract**

The international steel markets nowadays are leaded by China. However, Brazil is also an important player that owns its advantages and bottlenecks, which were developed by its historical dynamics, leading it to a worst position in the sector. This study's goal is to acknowledge the tailwinds and headwinds of the brasilián steel industries within the global steel production markets, as well as the evolution of its competitiveness in the last decade combined with the sustainability for the long run.

## **Lista de Figuras**

Figura 1 - Parque produtor de aço no Brasil [4] .....	14
Figura 2 - Infraestrutura para transporte de aço na região Sudeste [22] .....	37
Figura 3 - Reator Carboval de produção de carvão vegetal da Vallourec [2] .....	44

## **Lista de Gráficos**

Gráfico 1 - Evolução do consumo aparente dos setores consumidores de produtos de aço [2].....	12
Gráfico 2 - Distribuição da produção mundial de aço bruto em 2020 entre os principais países produtores [1] .....	13
Gráfico 3 - Produção de Aço Bruto por Empresa em 2020 [6].....	15
Gráfico 4 - Países detentores de reservas de carvão mineral [8] .....	19
Gráfico 5 - Curva de maturidade dos processos de produção de ferro primário [7].....	23
Gráfico 6 - Líderes na produção de aço bruto no mundo em 2020, em milhões de toneladas [6] .....	28
Gráfico 7 - Excedente mundial de capacidade instalada de produção de aço [14].....	28
Gráfico 8 - Evolução da capacidade instalada no mundo [14].....	29
Gráfico 9 - Parcela do Brasil nas exportações globais de produtos de aço (Gráfico Próprio, dados do Instituto Aço Brasil e da WorldSteel Association) .....	32
Gráfico 10 - Produtividade do setor siderúrgico brasileiro (Gráfico Próprio, dados do Instituto Aço Brasil) .....	33
Gráfico 11 - Evolução dos custos salariais na Siderurgia brasileira na última década (Gráfico Próprio, dados do Instituto Aço Brasil) .....	34
Gráfico 12 - Volume de investimentos das siderúrgicas brasileiras na última década (Gráfico Próprio, dados do Instituto Aço Brasil) .....	35
Gráfico 13 - Preços de hidrogênio "verde" cairão pela metade na próxima década [25]	39
Gráfico 14 - Em 2050, tecnologias baseadas em hidrogênio serão tão eficientes em custo quanto a captura e estoque de carbono [24].....	40
Gráfico 15 - Carvão vegetal produzido de madeira nativa x florestas plantadas [26] .....	43

## **Lista de Esquemas**

Esquema 1 - Etapas da produção de aço [2].....	11
Esquema 2 - Etapas de uma usina integrada a coque [7] .....	15
Esquema 3 - Etapas de uma usina semi-integrada [7] .....	16
Esquema 4 - Etapas de um guseiro a carvão vegetal [7] .....	17
Esquema 5 - Minério de Ferro e a Siderurgia [7] .....	18
Esquema 6 - Produção de aço baseada em hidrogênio [24] .....	41

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Dados globais da siderurgia: aço bruto em milhões de toneladas [6].....	26
Tabela 2 - Distribuição regional da produção de aço bruto no Brasil [4].....	37

## **Sumário**

1.	Introdução .....	10
2.	Revisão Bibliográfica .....	11
2.1.	Características do setor .....	11
2.2.	Rotas Tecnológicas.....	15
2.2.1.	Rotas Tecnológicas Mundiais.....	15
2.2.2.	Rotas Tecnológicas Brasileiras.....	16
2.3.	Minério de Ferro.....	17
2.3.1.	Cenário Internacional .....	17
2.3.2.	Cenário Nacional .....	18
2.4.	Carvão Mineral.....	19
2.4.1.	Cenário Internacional .....	19
2.4.2.	Cenário Nacional .....	19
2.5.	Carvão Vegetal .....	20
2.5.1.	Cenário Nacional.....	20
2.6.	Pelotização e Sinterização.....	20
2.6.1.	Cenário Internacional .....	20
2.6.2.	Cenário Nacional.....	21
2.7.	Alto-forno a Coque.....	21
2.7.1.	Cenário Internacional .....	21
2.7.2.	Cenário Nacional .....	21
2.8.	Redução Direta .....	22
2.8.1.	Cenário Internacional .....	22
2.8.2.	Cenário Nacional .....	23
3.	Discussão.....	24
3.1.	História e dinâmica de mercado .....	24
3.2.	Características do setor e indicadores recentes de Competitividade.....	26
3.2.1.	Mundo .....	26
3.2.2.	Brasil .....	30
3.3.	Transformações futuras: decarbonização .....	39
3.3.1.	Mundo .....	39
3.3.2.	Brasil .....	42
3.	Conclusão .....	45
4.	Referências Bibliográficas .....	47

## **1. Introdução**

A competitividade entre empresas e setores pode ser avaliada sob diferentes aspectos. Na siderurgia, existem algumas características marcantes que determinam a competição entre os países no cenário global. Por gerar um produto de baixo valor agregado, os custos de transporte são extremamente relevantes no custo final. Além disso, o excedente de capacidade instalada define a lucratividade das empresas do setor. Outro fator que determina o desempenho das siderúrgicas é a rotatividade da produção nas indústrias de transformação, as quais utilizam os produtos siderúrgicos e são também dependentes do consumo doméstico, especialmente no caso do Brasil. Na última década, o Brasil evoluiu em termos de produtividade e redução de custos salariais. Apesar disso, no quesito de investimentos, houve diminuição de seu volume por receita.

Para o futuro do setor siderúrgico no Brasil e no mundo, a emissão zero de carbono é um vetor determinante para a competitividade. No mundo, serão utilizadas principalmente as tecnologias de redução de minério de ferro utilizando hidrogênio como combustível. No Brasil, o uso de alto-forno a carvão vegetal. É importante notar que a motivação para tais transformações, que são hoje questões ambientais, se tornarão num futuro próximo questões de custo. Até 2050, as tecnologias para produção de aço com emissão de carbono se tornarão mais caras que as tecnologias limpas.

Em adição, os impactos ambientais que demandam transformações nas tecnologias de produção de aço não são provenientes apenas da emissão de carbono. Não é suficiente substituir o alto-forno a carvão mineral por redução direta a hidrogênio, se por exemplo a energia utilizada para a eletrólise da água for proveniente de hidrelétricas que causaram impactos à fauna e à flora de regiões alagadas, ou se a usina nuclear que gerou a eletricidade não descarta os resíduos de forma adequada, ou se a planta de produção de energia eólica utiliza terras raras provenientes da China, causando um nível de dependência que pode ser usado como uma arma geopolítica.

A competitividade futura da siderurgia depende da sustentabilidade na emissão zero de carbono e no impacto ambiental reduzido ou praticamente nulo, quando observada toda a cadeia de produção da energia utilizada.

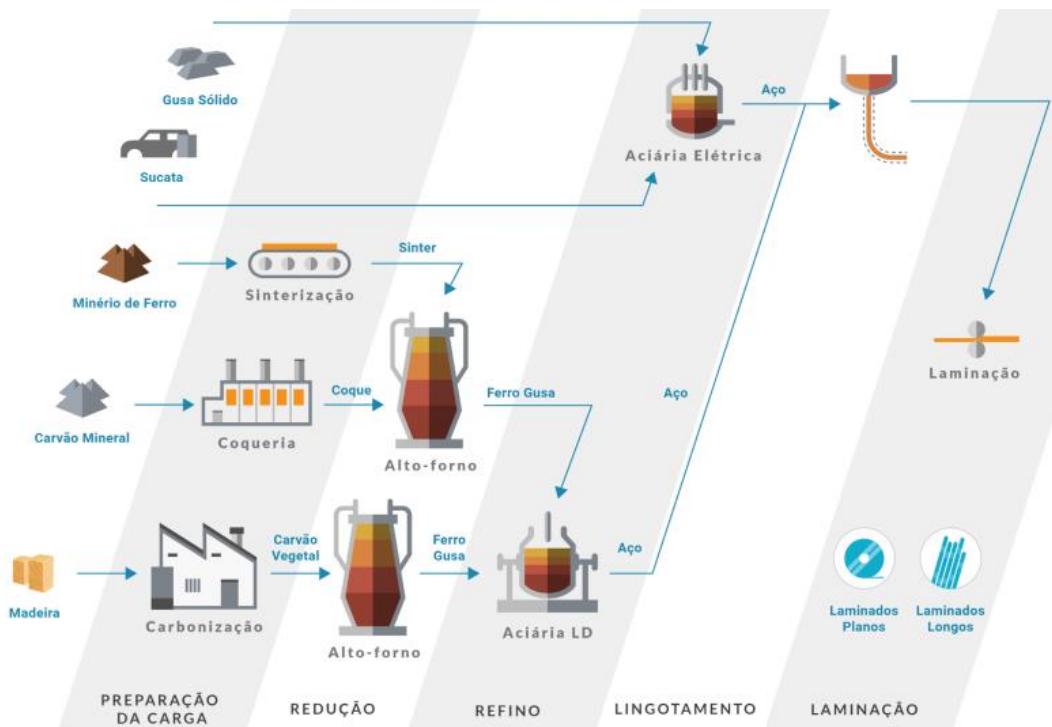
## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Características do setor

A indústria siderúrgica é fornecedora de insumos para a indústria de transformação e para a construção civil. As empresas do ramo são, em geral, verticalizadas, operando desde a transformação do minério em ferro-gusa (ferro primário) até a produção de bobinas laminadas a frio, galvanizadas ou a quente. Por sua verticalização e capital intensivo, possuem fortes barreiras à entrada de novos concorrentes. [1]

No Brasil, 70% da produção de ferro primário é proveniente das siderúrgicas integradas. O restante é produzido pelos guseiros, destinando 40% às usinas nacionais semi-integradas e exportando os outros 60%. [1]

A produção é dividida em três fases: redução, refino e laminação. No caso de indústrias semi-integradas, apenas os dois últimos processos fazem parte do ciclo produtivo. Na produção em usinas integradas (redução, refino e laminação), o minério de ferro é transformado em ferro-gusa através de agente redutor (coque ou carvão vegetal). Em seguida, a carga metálica (sucata, gusa e ferro esponja) é fundida nas aciarias elétricas, para, por último, ser levada à laminação. Neste momento o produto final é conformado. [2]



Esquema 1 - Etapas da produção de aço [2]

Seus produtos são utilizados na indústria automotiva, naval, de bens de capital, de

linha branca, no caso das bobinas laminadas. Já os laminados longos, como o vergalhão, são utilizados na infraestrutura e habitação. A dinâmica da indústria siderúrgica está muito ligada, assim, à atividade das indústrias de transformação, as quais absorvem sua produção. A construção civil, por exemplo, que é impactada pelo volume de investimentos e custo de crédito, afeta diretamente o segmento de aços longos. Já a produção de aços planos é afetada pela renda real e custo de crédito, de forma que o segmento automotivo é afetado por estas variáveis. [1]

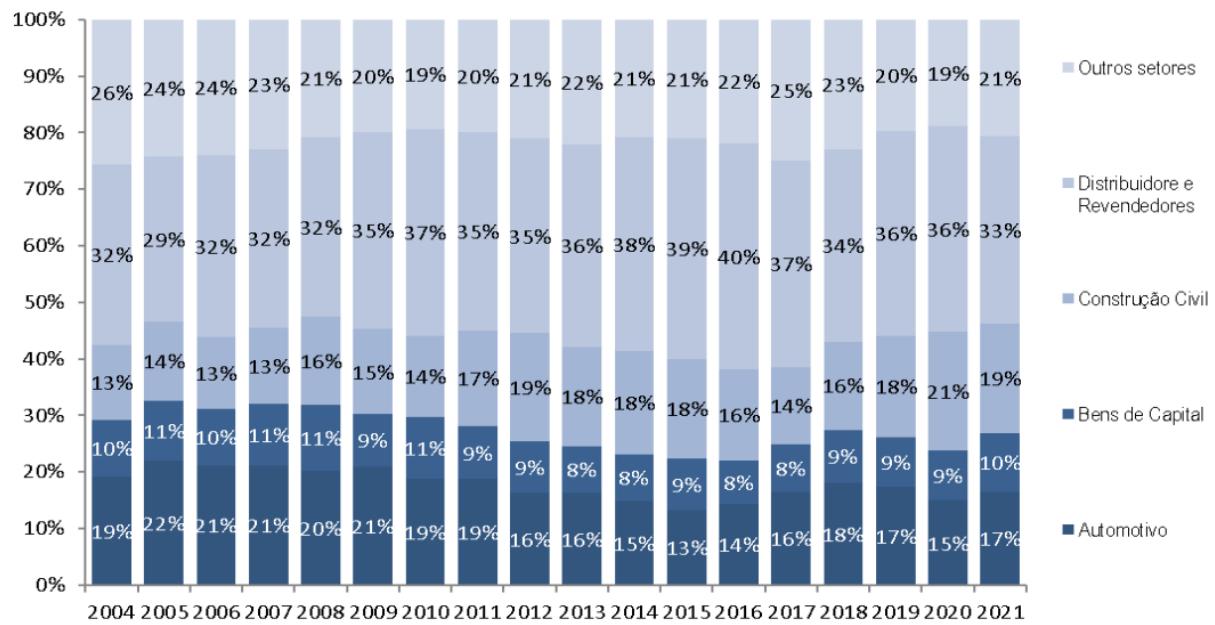


Gráfico 1 - Evolução do consumo aparente dos setores consumidores de produtos de aço [3]

Mas quais são os diferenciais na competitividade do aço brasileiro? Por que parte relevante é importada do país e não da China ou de outros produtores? No Brasil, a logística nas minas de minério de ferro, instalações de produção e portos de embarque é favorável, com destaque para as ligações ferroviárias. Além disso, o custo de mão de obra é reduzido com relação a alguns países. O minério de ferro possui alto teor de ferro e seu custo de extração é reduzido. Além disso, a estrutura verticalizada com barreira de entrada aumenta a competitividade interna e obriga as empresas a apresentarem maior eficiência produtiva e logística. [1]

Por outro lado, o primeiro limitante da siderúrgica brasileira a ser citado é o insumo de carvão mineral, que é escasso no mercado doméstico e de baixa qualidade. Grandes volumes acabam sendo importados. [1]

Em 2020, as características nacionais discutidas acima permitiram que o Brasil produzisse 31,1 milhões de toneladas de aço bruto, comparada a uma produção global

de 1,87 bilhões, segundo dados do Instituto Aço Brasil (IAB). Deste total mundial, a China, que sempre foi um player dominante no setor, foi responsável por 56,7% da produção. Se observada toda a Ásia, o volume chega a 74%. Assim, o Brasil foi o 9º maior produtor de aço bruto em 2020. [1]

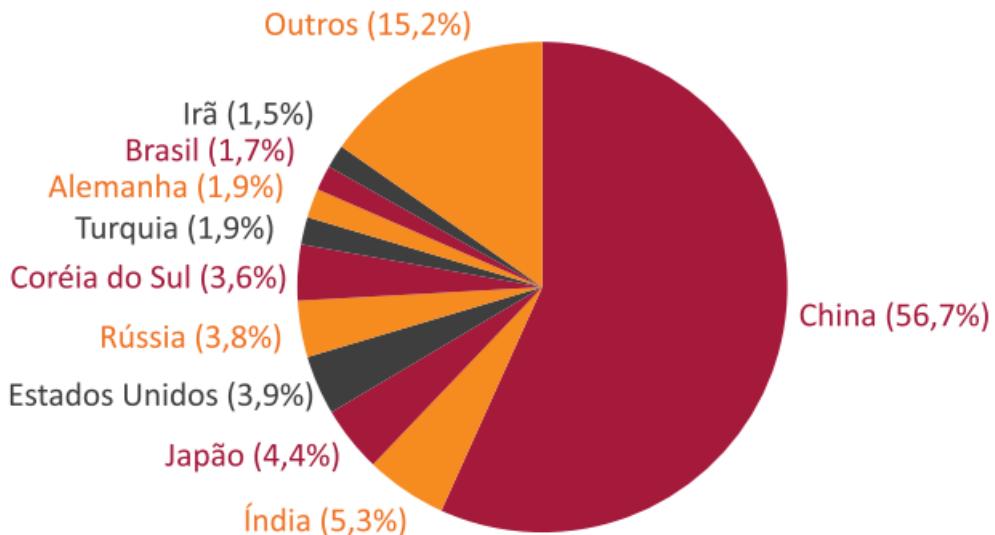


Gráfico 2 - Distribuição da produção mundial de aço bruto em 2020 entre os principais países produtores  
[1]

A indústria siderúrgica doméstica tem a produção concentrada em 12 grupos empresariais, totalizando 15 empresas produtoras de semiacabados como blocos, placas, lingotes e tarugos, e laminados planos e longos. 91,2% da capacidade de produção instalada está concentrada em 6 grupos: Arcelor Mittal, Gerdau, Usiminas, CSN, Ternium – CSA e CSP. [1]

Os parques industriais pertencentes a estes grupos estão localizados majoritariamente na região Sudeste, responsável por 94% do aço produzido a nível nacional segundo dados de 2012. [4]

## Parque Produtor de Aço

31 usinas (15 integradas e 16 mini-mills), administradas por 12 grupos

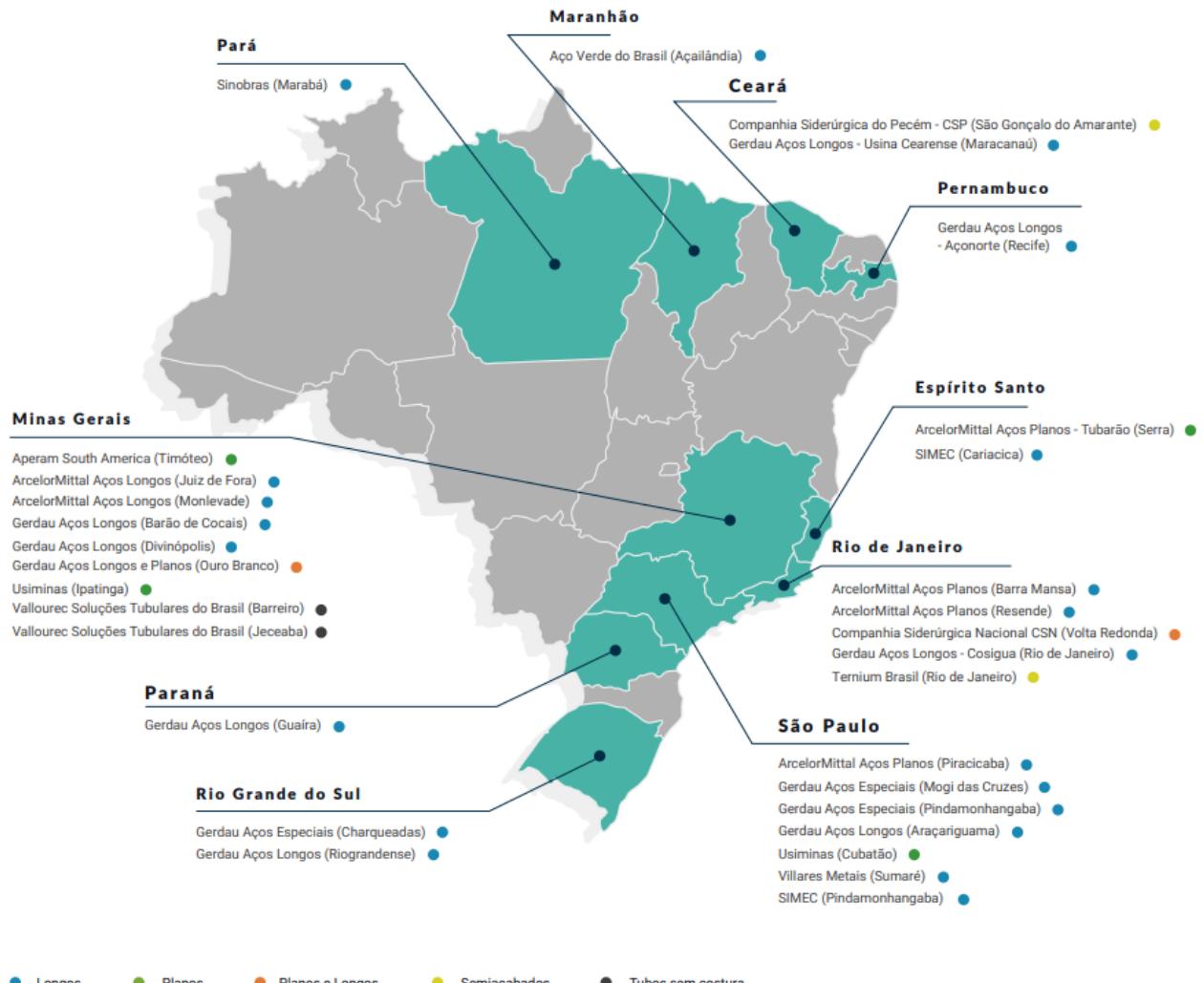


Figura 1 - Parque produtor de aço no Brasil [2]

O parque industrial visto na *Figura 1* possui 31 usinas, sendo o Brasil o maior produtor e o sétimo maior exportador da América Latina. As usinas estão distribuídas nos seguintes grupos: AVB – Aço Verde do Brasil, ArcelorMittal, Aperam, Companhia Siderúrgica do Pecém – CSP, Companhia Siderúrgica Nacional – CSN, Grupo Gerdau, Grupo Simec, Siderúrgica Norte Brasil – Sinobras, Ternium do Brasil, Usiminas, Vallourec, Villares Metals, tendo sido a Gerdau a maior produtora de aço bruto em 2020. [5]

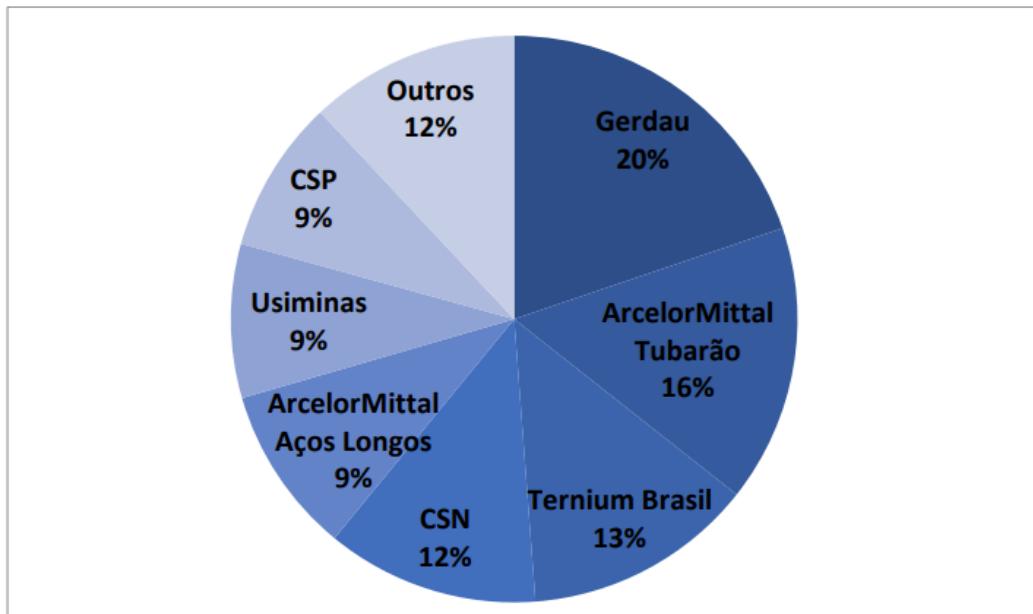


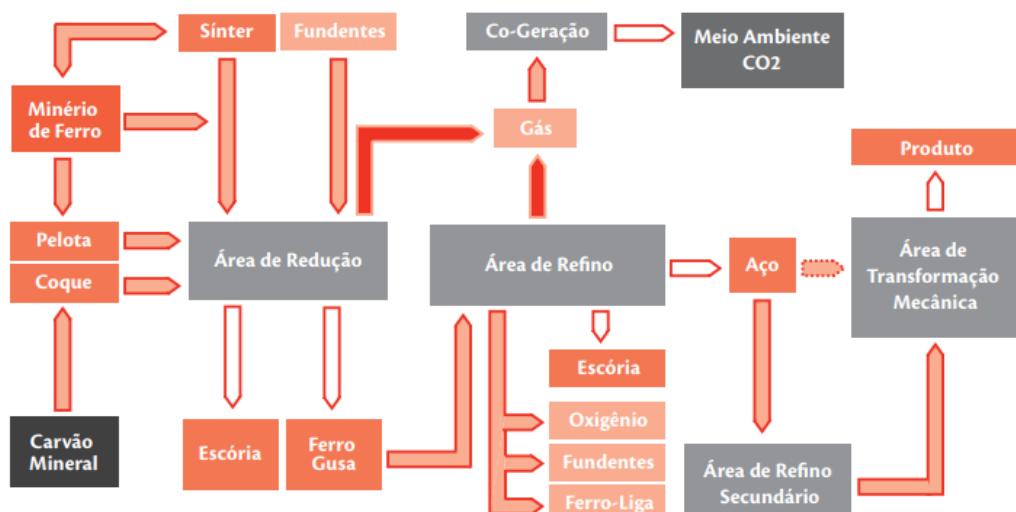
Gráfico 3 - Produção de Aço Bruto por Empresa em 2020 [6]

## 2.2. Rotas Tecnológicas

### 2.2.1. Rotas Tecnológicas Mundiais

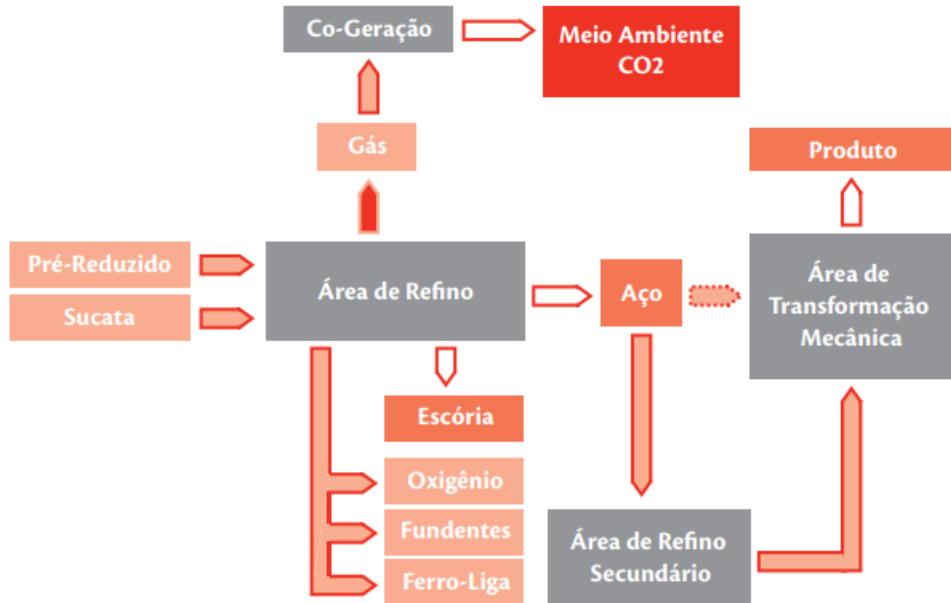
As usinas siderúrgicas podem ser de três tipos: integradas a coque, semi-integradas ou integradas a redução direta. As usinas integradas partem do minério de ferro, ou sínter e pelota, para chegar ao aço transformado mecanicamente. Esse produto final é comercializado na forma de produtos longos ou planos. [7]

No esquema abaixo, é possível ver que a usina integrada a coque possui três etapas: redução, para fabricação do ferro-gusa; refino, para produção e resfriamento do aço; e transformação mecânica, para conformação do produto final. [7]



Esquema 2 - Etapas de uma usina integrada a coque [7]

Enquanto isso, as usinas semi-integradas não possuem a etapa de redução, partindo diretamente do refino e transformação mecânica. Elas são também chamadas de *minimills*, e são alimentadas com sucata ferrosa, ferro-gusa e pré-reduzidos. [7]

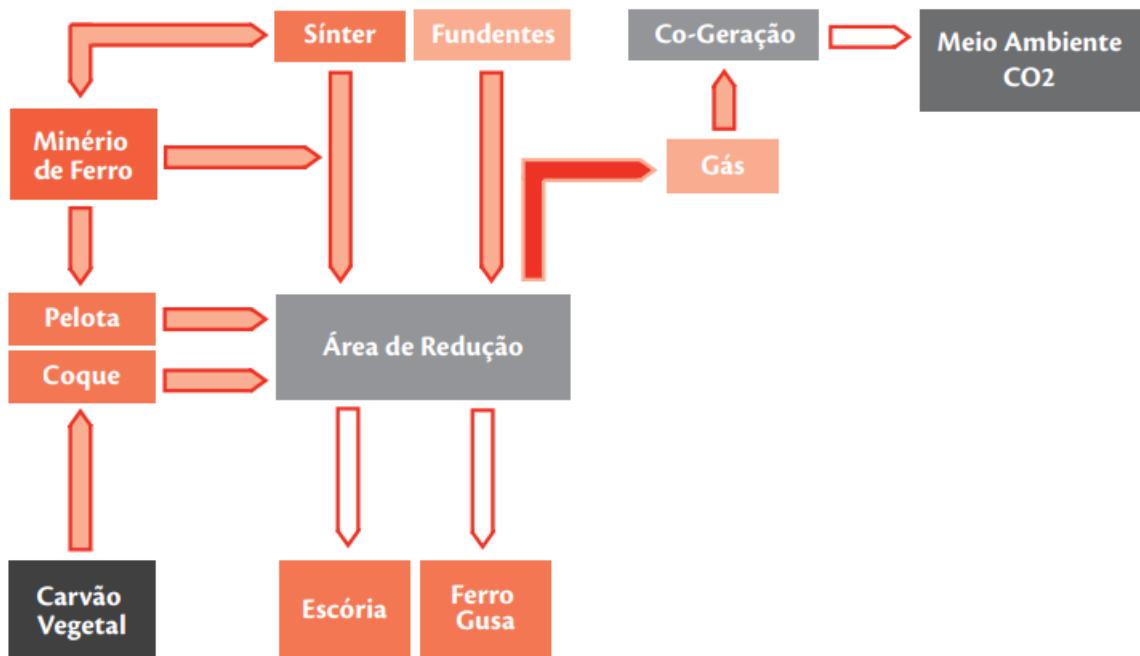


Esquema 3 - Etapas de uma usina semi-integrada [7]

Por último, vale citar as usinas integradas a redução direta, que possuem as etapas de redução, refino e transformação mecânica, mas que utilizam módulos de redução direta em vez de sinterização, coqueria e alto-forno. Além disso, uma outra diferença em relação às usinas integradas a coque é a aciaria elétrica (em vez de aciaria básica a oxigênio). [7]

### 2.2.2. Rotas Tecnológicas Brasileiras

No contexto nacional, as rotas tecnológicas utilizadas são as descritas acima somadas a: usina integrada a carvão vegetal e guseiro com base de alto-forno a carvão vegetal. Esta última é exclusividade da indústria brasileira, por utilizar carvão vegetal no lugar de carvão mineral. [7]



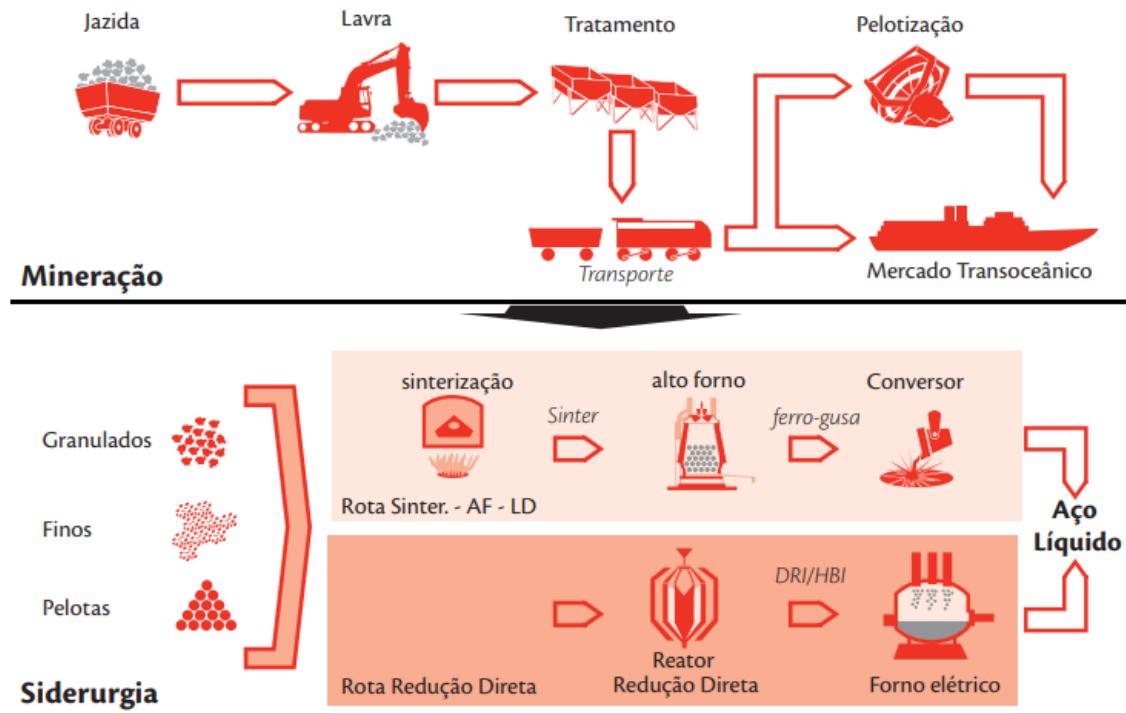
Esquema 4 - Etapas de um guseiro a carvão vegetal [7]

## 2.3. Minério de Ferro

### 2.3.1. Cenário Internacional

Suas aplicações na siderurgia provêm da alimentação dos reatores de redução (alto-forno e módulo de redução direta) e também pela sucata ferrosa nos fornos elétricos a arco e conversores básicos a oxigênio. A sucata ferrosa corresponde a apenas 30% do insumo de minério de ferro à siderurgia. [7]

As etapas de extração do minério de ferro consistem em lavra, exploração, tratamento e beneficiamento. [7]



Esquema 5 - Minério de Ferro e a Siderurgia [7]

A qualidade do produto gerado na mineração está relacionada com a distribuição granulométrica, pois os processos de aglomeração aumentam o custo operacional. Quanto mais finos no produto, pior a qualidade. Também atrelada à qualidade está o teor de ferro, alumina e fósforo. [7]

No cenário internacional, o volume e qualidade da produção de minério têm se deteriorado. A produção de granulado em 1983 foi de 108 milhões de toneladas, enquanto em 2000, este número caiu para 77 milhões. Além disso, as concentrações de ferro têm diminuído e de fósforo, aumentado. O que, atrelado à maior produção de *pellet feed* (que precisa ser aglomerado previamente), tem aumentado o custo por capacidade instalada. [7]

### 2.3.2. Cenário Nacional

No Brasil, o consumo do minério de ferro corresponde a apenas 15% da quantidade produzida. Além disso, as reservas vêm aumentando com os itabiritos de Minas Gerais. Ou seja, a quantidade de insumo não é e nem será um problema para a indústria siderúrgica. [7]

O que deve ser observada é a qualidade dos insumos, pois apesar do Brasil possuir as reservas de hematita mais puras do mundo, há uma expectativa de rotação de oferta, já que os itabiritos citados acima são, hoje, a única fonte de nova oferta de minério. Os itabiritos são mais pobres em ferro do que a hematita compacta, além de possuir teores

mais elevados de fósforo e alumina. [7]

## 2.4. Carvão Mineral

### 2.4.1. Cenário Internacional

Na siderurgia, o carvão mineral é utilizado na produção de coque para ser empregado no alto-forno. Para isso, ele deve possuir propriedades de amolecer, inchar, aglomerar e solidificar quando é aquecido na ausência de ar, formando um sólido poroso e rico em carbono (o coque). Apenas 15% das reservas mundiais de carvão mineral atendem a esta demanda, elevando o preço do insumo no mercado. Isso faz com que seja utilizada uma mistura de carvões com baixo, médio e alto volátil, a fim de se obter carvão coqueificável de menor custo. [7]

Outra aplicação do carvão é na injeção de carvão pulverizado no alto-forno (de forma mais específica, nas suas ventaneiras). Assim, parte do coque utilizado na produção de ferro-gusa é substituído, diminuindo o custo dos insumos. [7]

Por último, uma aplicação relevante desta matéria-prima é a utilização de carvão não coqueificável na redução direta e fusão-redutora. Este insumo de menor custo é usado como fonte de energia e de gás redutor, podendo ter maiores teores de voláteis e cinzas sem prejudicar o processo. [7]

Em 2010, 80% das reservas de carvão mineral se encontravam no hemisfério norte. Assim, os principais detentores destas reservas (Estados Unidos, Rússia e China) têm acesso ao insumos com menores custos de logística. [7]

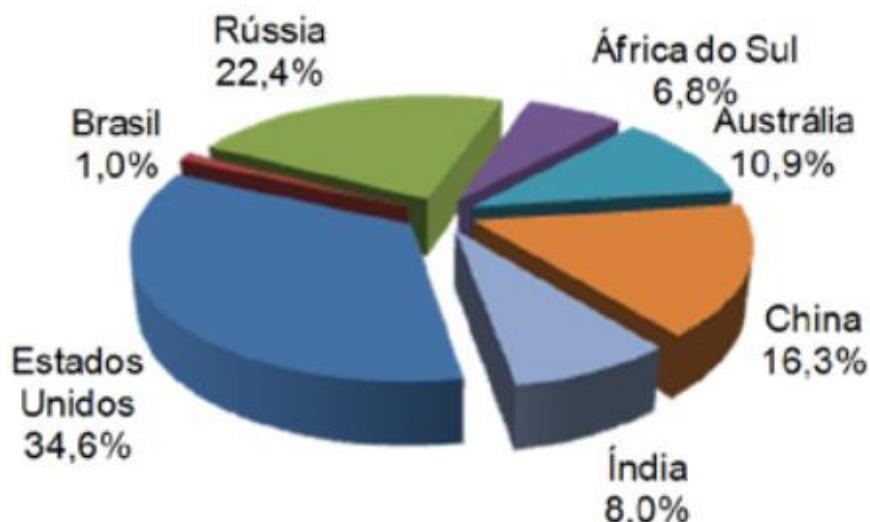


Gráfico 4 - Países detentores de reservas de carvão mineral [8]

### 2.4.2. Cenário Nacional

A reserva brasileira, que corresponde a aproximadamente 1% do volume mundial, é empregada na geração de termoelectricidade, já que possui baixo grau de carbonificação e alto teor de voláteis . Logo, o carvão utilizado na siderurgia é importado (principalmente da Austrália), encarecendo o insumo por conta dos fretes marítimos, câmbio e custos de internação. Países com acesso mais próximo ao carvão coqueificável são importantes concorrentes brasileiros na siderurgia (como Austrália, Ucrânia, Canadá, Rússia e África do Sul). [7]

## **2.5. Carvão Vegetal**

### **2.5.1. Cenário Nacional**

Os altos-fornos a carvão vegetal correspondem a 1% da produção mundial de ferro-gusa, por este motivo não cabe uma discussão acerca do cenário internacional. Nacionalmente, este tipo de alto-forno representa de 25 a 30% da produção de ferro-gusa, proveniente, em sua maioria, dos guseiros (os quais somam mais de 160 altos-fornos pelo território nacional). [7]

O domínio dos produtores independentes neste cenário, os guseiros, está relacionado ao custo de capital mais acessível a pequenos empreendedores, à tecnologia sem complexidades e à disponibilidade de resíduos lenhosos provenientes de abertura de fronteiras agrícolas e florestas de celulose. Dessa forma, o carvão vegetal é uma alternativa renovável às minas de carvão, além de sua produção gerar coprodutos que reduzem o custo de carbonização da madeira. Apesar disso, o cenário atual no país é de quase 50% do carvão vegetal produzido sendo proveniente de madeira ilegal, questionando assim a sustentabilidade do processo. [7]

## **2.6. Pelotização e Sinterização**

### **2.6.1. Cenário Internacional**

O *sinter feed*, um dos produtos da produção do minério de ferro, é aglomerado em plantas de sinterização e alimenta os altos-fornos. Por não resistir ao transporte, se fragmentando facilmente, é sinterizado nas próprias siderúrgicas. [7]

O *pellet feed*, o qual gera pelotas para o alto-forno e para redução direta (majoritariamente), é mais resistente ao manuseio, possui melhor qualidade e precisão químico-físico-metalúrgica. Quem domina este tipo de pelotização são as próprias

mineradoras. [7]

A siderurgia no contexto global tem apresentado tendências de inovações incrementais decorrentes do aumento do teor de finos nas lavras e da maior emissão média de CO<sub>2</sub> nas sinterizações com relação às pelotizações (100kg de CO<sub>2</sub> por tonelada de pelota e 230kg de CO<sub>2</sub> por tonelada de sinter). Dentre estas tendências estão os sínteres básicos de alta redutibilidade e autofundentes, minisinterizações contínuas, pelotas básicas com óxido de magnésio, pelotas de redução direta com inchamento e colagem padrão, prensa de cilindros na pelotização, também conhecida por *rolling press*, carvão adicionado como pelotas cruas e reciclagem por aglomeração a frio. [7]

### **2.6.2. Cenário Nacional**

Observando o cenário nacional, também há previsão de descontinuidade na produção de granulados, que provavelmente marcará os próximos 10 anos. Outra tendência, esta já observada nos dias de hoje, é a de maior finura dos granulados e seu maior teor de fósforo e alumina nos depósitos do Quadrilátero Ferrífero. Em Carajás, DRI (ferro-esponja) pirofórico tem aparecido nos produtos de aglomeração. [7]

## **2.7. Alto-forno a Coque**

### **2.7.1. Cenário Internacional**

A tecnologia de redução de minério de ferro mais utilizada é o alto-forno a coque, sendo responsável por aproximadamente 94% do total. Outras tecnologias como redução direta (5%) e alto-forno a carvão vegetal (1%) são menos utilizadas. O principal motivo da dominância da tecnologia a coque é a eficiência do processo. Dificilmente será possível desenvolver ainda mais a eficiência de forma a conseguir mais de 10% de evolução. [7]

As tendências observadas são injeções de carvão, gás natural, plásticos e óleo pelas ventaneiras, granulação de escória, melhorias nos regeneradores, aproveitamento do gás de topo, congelamento e dissecação dos altos-fornos (tecnologia japonesa). [7]

### **2.7.2. Cenário Nacional**

No Brasil, 70 a 75% da produção siderúrgica é realizada em altos-fornos a coque. Grande parte deles, alimentados por sínter e com alto índice de reciclagem e tratamento de resíduos. A campanha produtiva também é uma característica marcante das

siderúrgicas brasileiras, como pôde ser observado na ArcelorMittal Tubarão, que ficou mais de 29 anos sem paralisação para reforma, entre 1983 e 2012. [7]

Atualmente, a construção de novos altos-fornos é feita com tecnologia importada, não sendo desenvolvidos programas nacionais. O Brasil ainda não possui autonomia tecnológica no ramo. [7]

## **2.8. Redução Direta**

### **2.8.1. Cenário Internacional**

A redução direta é responsável pela produção de aproximadamente 5-6% do ferro primário do mundo, e o volume de investimentos em âmbito global destinado a essas usinas vem aumentando. Os pré-reduzidos DRI e HBI (briquete) possuem baixo teor de contaminantes, podendo ser utilizados inclusive em aciarias elétricas. Os processos de produção de pré-reduzidos mais relevantes são o Midrex e o HyL, sendo o primeiro responsável por 65% do volume total e o segundo por 30%. No Gráfico 5 é possível notar que estes processos já estão em estágio de maturidade tecnológica no contexto global. [7]

Além disso, com o intuito de eliminar as etapas de coqueificação e aglomeração do minério de ferro, estão em desenvolvimento as linhas de auto-redução e fusão-redutora. Estes processos permitem o uso de minérios finos e de carvões não-coqueificáveis. No Gráfico 5 observa-se os processos Corex e Finex já em estágio de consolidação na África do Sul e Coréia do Sul, respectivamente. Em nível de pesquisa na Austrália, Japão e Europa estão em discussão a viabilidade dos processos *carbon less* e *carbon free*. [7]

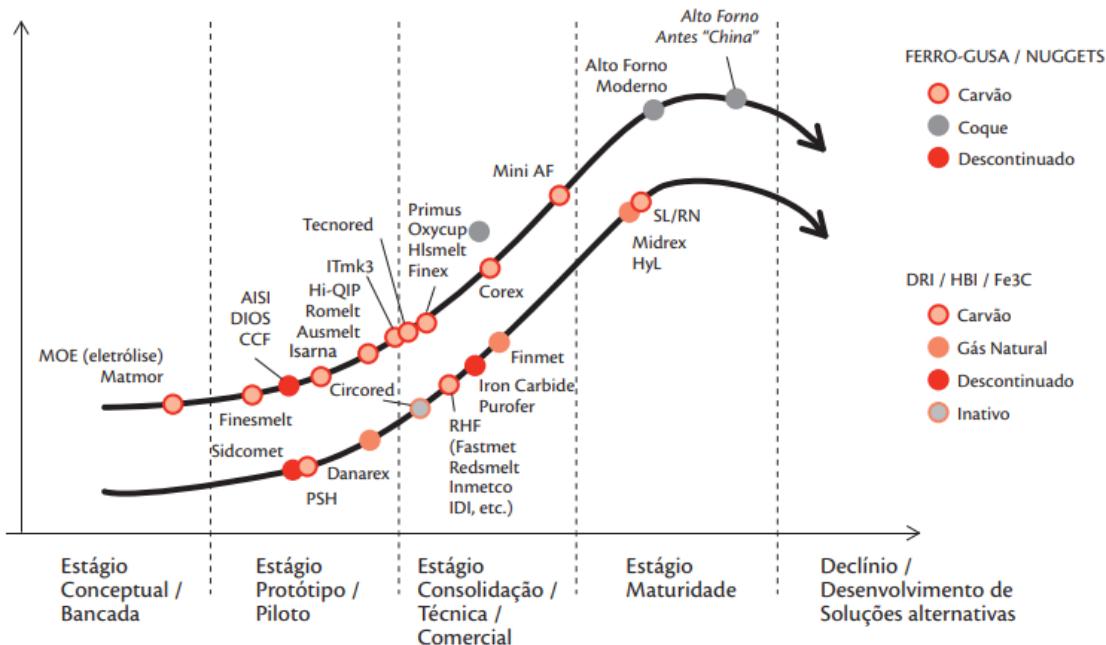


Gráfico 5 - Curva de maturidade dos processos de produção de ferro primário [7]

### 2.8.2. Cenário Nacional

Aproximadamente 1% do volume de ferro primário produzido no Brasil em 2008 foi por meio da produção de pré-reduzidos. Porém, a única usina no país integrada à redução direta é a Gerdau Usiba, que teve sua planta paralizada no ano de 2009, devido à crise financeira global. [7]

No futuro, a produção de pré-reduzidos pode evoluir com o aumento da oferta de gás natural relacionada ao aumento da produção de petróleo. Outro fator positivo ao desenvolvimento da tecnologia em âmbito nacional é a projeção de oferta suficiente de sucata ferro na próxima década, complementando com sucesso a carga metálica nas aciarias elétricas. [7]

Além disso, o processo Tecnored (substituição de carvão por biomassa) está em estado de consolidação técnica/comercial, como pode ser visto no Gráfico 5, que mostra que em comparação com tecnologias internacionais (RHF, por exemplo), está 3 anos atrasado. [7]

### **3. Discussão**

#### **3.1. História e dinâmica de mercado**

Nos primeiros 40 anos do século XX, a indústria siderúrgica brasileira não possuia autonomia no abastecimento do mercado interno com laminados. Os produtores nacionais conseguiam suprir apenas parte da demanda nacional, com aumento ao longo dos anos na produção de ferro-gusa, aço e laminados. Porém, estes produtores eram constituídos por empresas de pequeno e médio porte. [9]

Somente em 1941 a CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) foi criada, e começou a operar em 1946, se tornando pioneira na produção de aço laminado. Após sua criação, as aberturas de outras siderúrgicas de grande porte foram responsáveis por uma expansão do setor. Em 1948, forma-se a Siderúrgica Riograndense (Gerdau), em 1951, a Aços Especiais Itabira (Acesita), em 1952, a Companhia Siderúrgica Mannesmann, em 1956, a Companhia Siderúrgica Paulista (Cosipa) e a Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais. A maioria delas, estatais, sendo responsáveis por 90% da produção total. Este foi um período de crescimento da produção e da demanda numa taxa de 10,6% ao ano, de importações evoluindo de forma cíclica e de exportações começando a ganhar espaço a partir de 1964. [10]

No período seguinte, de 1974 a 1989, o primeiro e segundo Plano Nacional de Desenvolvimento foram responsáveis por um aumento de investimentos no setor, com 35% dos investimentos industriais sendo destinados para a Siderurgia. Assim, a capacidade produtiva evoluiu (chegando a 16,4 milhões de toneladas, em 1980) e a produção também sofreu aumento. As usinas integradas a coque, como a Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) e a Açominas, começaram a operar. Apesar disso, o consumo interno viveu momentos de flutuação, já que a crise econômica do país nos anos 80 diminuiu o consumo interno e direcionou o fluxo de produção que estava se desenvolvendo para o mercado internacional. Neste período, os investimentos voltaram a ter queda, junto aos lucros, à baixa disponibilidade de crédito e aos baixos preços de venda do aço. Além da crise, outro fator causal para este cenário pode ter sido a falta de eficiência produtiva resultante do domínio do Estado na política das empresas, aumentando o endividamento, limitando os investimentos em tecnologia e conservação ambiental e com imposição de limites comerciais. [10]

Em seguida, de 1990 a 2001, a Siderurgia brasileira entrou num período de redução de custos e aumento nos preços de produção concomitante à transferência de endividamento para o Estado e privatização dessas usinas por aceitação de um custo de

capital menor que o de sua instalação. O custo de mão de obra também foi reduzido no período por meio de cortes de postos de trabalho. A privatização implementada pelo BNDES foi responsável por uma receita de US\$8,18 bilhões ao Estado, tirando todas as siderúrgicas do controle do governo. Assim, ao final do processo restaram formando o setor: CST-Belgo-Acesita, com aproximadamente 30% da produção total, Usiminas, com 27%, Gerdau-Açominas, com 21%, CSN, com 17%, Villares, com 2% e as demais totalizando 3%. A dinâmica competitiva foi reconstruída e a liberalização do setor cessou o controle de preços, facilitou o comércio internacional e reduziu os impostos de importação de máquinas e produtos siderúrgicos. Assim, a política de substituição de importações que havia sido empregada a partir dos anos 40 chegava ao fim. [11]

No período contínuo entre 2000 e 2009 houve um avanço relevante em atualização tecnológica, modernização e expansão das usinas, com investimentos totais de aproximadamente US\$20,3 bilhões. A capacidade instalada aumentou a uma taxa de 13,5 milhões de toneladas ao ano. Em seguida, com a superação da crise financeira internacional de 2008 e a perspectiva da exploração de petróleo no pré-sal, além de Copa do Mundo e Olimpíadas a serem disputadas no Brasil, os investimentos entre 2010 e 2013 chegaram a US\$27,7 bilhões, com a capacidade instalada alcançando 47,8 milhões de toneladas. [12]

Posteriormente, os anos até 2016 foram marcados por dificuldades provenientes do cenário interno e externo. A demanda interna contraiu com a instabilidade político-econômica, já que os setores que são responsáveis por 80% do consumo de aço, como o automotivo, construção civil, máquinas e equipamentos, reduziram sua produção. O consumo aparente caiu de 26,6 em 2010 para 18,2 milhões de toneladas em 2016. Já no cenário global, o Brasil via a China com excedente de capacidade de produção trazendo um fluxo de importação de aço a preços comparativamente baixos. A produção brasileira de aço bruto caiu de 35,2 em 2011 para 31,2 milhões de toneladas em 2016. Apesar disso, houve uma tendência de aumento das exportações com o melhor cenário econômico global, com estas evoluindo de 8,9 milhões de toneladas em 2010, para 13,4 em 2016. Os principais consumidores deste fluxo foram Estados Unidos, com 47,2%, Alemanha, 8,8% e Turquia, 8,5%. [13]

### 3.2. Características do setor e indicadores recentes de Competitividade

#### 3.2.1. Mundo

A Tabela 1 apresenta dados globais do setor siderúrgico na última década.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	% em 2020	Δ% 2010-20
<b>Produção</b>	<b>1.433,4</b>	<b>1.538,0</b>	<b>1.560,4</b>	<b>1.650,4</b>	<b>1.671,1</b>	<b>1.621,5</b>	<b>1.629,1</b>	<b>1.732,2</b>	<b>1.813,5</b>	<b>1.874,9</b>	<b>1.880,4</b>	100%	31%
China	638,7	702,0	731,0	822,0	822,3	803,8	807,6	870,9	928,3	995,4	1.064,8	57%	67%
Índia	69,0	73,5	77,3	81,3	87,3	89,0	95,5	101,5	109,3	111,4	100,3	5%	45%
Japão	109,6	107,6	107,2	110,6	110,7	105,1	104,8	104,7	104,3	99,3	83,2	4%	-24%
EUA	80,5	86,4	88,7	86,9	88,2	78,8	78,5	81,6	86,6	87,8	72,7	4%	-10%
Rússia	66,9	68,9	70,2	69,0	71,5	70,9	70,5	71,5	72,1	71,7	71,6	4%	7%
Coréia do Sul	58,9	68,5	69,1	66,1	71,5	69,7	68,6	71,0	72,5	71,4	67,1	4%	14%
<b>Exportações</b>	<b>392,7</b>	<b>418,7</b>	<b>416,2</b>	<b>412,7</b>	<b>457,5</b>	<b>467,4</b>	<b>476,8</b>	<b>462,9</b>	<b>457,6</b>	<b>438,8</b>	<b>396,0</b>	100%	1%
China	41,6	47,9	54,8	61,5	92,9	111,6	108,1	74,8	68,8	63,7	51,4	13%	23%
Japão	42,7	40,7	41,5	42,5	41,3	40,8	40,5	37,5	35,8	33,1	29,8	8%	-30%
Rússia	27,4	24,7	26,7	23,6	28,1	29,7	31,2	31,2	33,3	29,5	28,6	7%	4%
Coréia do Sul	24,6	28,9	30,2	28,9	31,9	31,2	30,6	31,4	30,1	30,0	27,6	7%	12%
Alemanha	25,4	26,4	25,8	24,2	24,8	25,1	25,5	26,4	26,0	24,1	21,2	5%	-16%
Turquia	16,2	16,7	18,6	17,3	16,0	14,9	15,3	16,3	19,9	19,7	18,5	5%	14%
<b>Importações</b>	<b>386,7</b>	<b>404,3</b>	<b>401,9</b>	<b>401,4</b>	<b>442,7</b>	<b>453,0</b>	<b>463,3</b>	<b>447,7</b>	<b>444,2</b>	<b>438,5</b>	<b>386,3</b>	100%	0%
China	17,2	16,3	14,2	14,8	14,9	13,2	13,6	13,9	14,4	15,5	37,9	10%	121%
EUA	22,5	26,6	30,9	29,8	41,4	36,5	30,9	35,4	31,7	27,1	19,9	5%	-12%
Alemanha	22,7	24,9	22,7	21,9	24,3	24,8	26,6	27,1	26,6	23,1	18,2	5%	-20%
Itália	16,3	17,5	13,9	15,6	16,6	19,9	19,6	20,1	20,6	20,7	15,5	4%	-5%
Vietnam	9,2	7,9	7,8	10,0	12,4	16,3	19,5	16,2	14,2	15,4	13,6	4%	48%
Turquia	10,7	10,3	11,5	14,5	13,4	18,6	17,0	15,8	14,0	12,3	12,5	3%	17%
<b>Consumo Aparente</b>	<b>1.419,6</b>	<b>1.530,7</b>	<b>1.558,9</b>	<b>1.664,1</b>	<b>1.678,4</b>	<b>1.626,1</b>	<b>1.640,4</b>	<b>1.759,9</b>	<b>1.835,8</b>	<b>1.888,9</b>	<b>1.773,8</b>	100%	25%
China	612,1	667,9	687,6	772,3	740,4	700,4	709,4	806,1	870,9	945,3	995,0	56%	63%
Índia	69,1	73,2	77,4	80,7	87,1	89,3	94,5	100,9	107,1	108,9	89,3	5%	29%
EUA	92,4	101,0	108,3	106,3	121,6	108,3	102,5	109,7	112,0	108,5	80,0	5%	-13%
Japão	67,4	69,6	68,8	70,8	72,9	67,9	67,5	70,1	71,3	69,8	52,6	3%	-22%
Coréia do Sul	54,6	58,7	56,3	53,9	57,8	58,1	59,5	58,7	55,9	55,4	49,0	3%	-10%
Rússia	41,4	48,0	49,5	49,7	49,4	44,7	43,4	44,4	44,7	47,0	42,4	2%	2%

Tabela 1 - Dados globais da siderurgia: aço bruto em milhões de toneladas [6]

De 2010 a 2021, a produção mundial de aço bruto cresceu 36%. A China foi a principal responsável por esta evolução, já que sua produção aumentou 67% no mesmo período. O setor imobiliário foi a demanda que direcionou essa oferta. O país é o maior consumidor global de aço bruto, com 56% do consumo total em 2020. De 2010 a 2020, o consumo do país cresceu a taxas semelhantes às da produção: 63%.

A Índia, segundo maior consumidor e produtor mundial, teve seus números mais impactados pela pandemia em 2020 do que a China, por esse motivo é mais relevante observar o crescimento do setor siderúrgico no período até 2019. Neste período (começando em 2010), sua produção cresceu 61% e o consumo, 58%, mostrando uma evolução importante que a manteve em sua posição de destaque no mercado global de aço bruto.

Observando as variáveis de comércio, nota-se que até 2016 houve um crescimento robusto tanto de exportações quanto de importações, que marcaram pico, atingindo 476,8 e 463,3 milhões de toneladas, respectivamente, e caíram ligeiramente até 2019, para

438,8 e 438,5 milhões de toneladas em 2019. Já 2020, foi um ano considerado atípico devido aos efeitos dos *lockdowns* resultantes da pandemia de Covid-19, com exportações caindo cerca de 10% para 396 milhões de toneladas e importações caindo 13% para 386,3 milhões de toneladas.

A posição de destaque da China na produção e consumo de aço bruto mostra que a primeira é principalmente voltada para o consumo interno, já que o país, apesar de ser o maior exportador, não destoa tanto dos outros concorrentes neste quesito. Apesar disso, sua exportação cresceu 23% em 2020 em comparação com 2010.

Também pode-se observar que o Japão já foi líder de exportações em 2010 (com 42,7 milhões de toneladas, contra 41,6 da China), sendo ultrapassado pela China com seu crescimento exponencial de produção na última década, enquanto as exportações japonesas caíram 30%.

Nas importações, o cenário é diferente. A China não foi a líder na última década. Estados Unidos, Alemanha e Itália foram os maiores importadores de aço bruto, devido à relevância de suas indústrias automotivas. Ainda à frente da China, Tailândia e Coreia do Sul ocuparam posição relevante devido ao seu acelerado crescimento industrial. Apesar disso, no ano de 2020, por conta dos estímulos do governo chinês ao setor imobiliário a fim de sustentar a economia, a demanda de aço no país cresceu, sendo suprida pelo aumento na produção e também das importações. As importações chinesas cresceram 144% em 2020 com relação a 2019. [6]

A Gráfico 6 confirma o domínio da China na produção de aço, elecando as maiores empresas ou conglomerados produtores de aço bruto no mundo. Além da empresa líder de produção, a China tem 7 das 10 listadas. A ArcelorMittal (Índia) possui também presença relevante no Brasil, apresentando uma produção de 78,5 milhões de toneladas em todo o mundo.

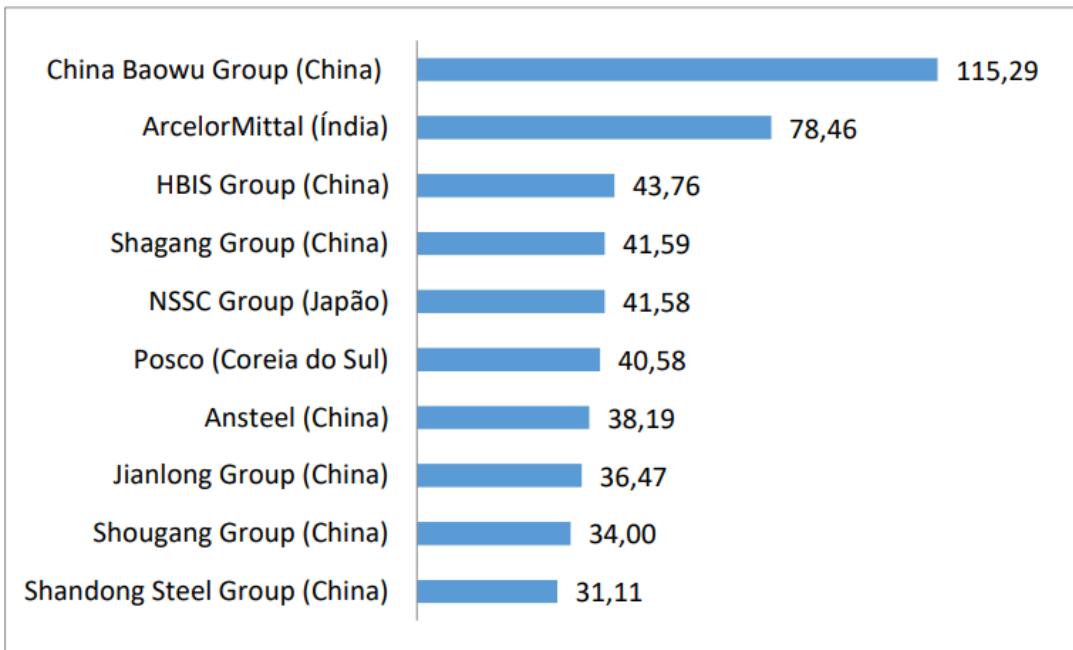


Gráfico 6 - Líderes na produção de aço bruto no mundo em 2020, em milhões de toneladas [6]

A capacidade instalada é um dos maiores desafios do setor siderúrgico global nos dias atuais, especialmente com o parque industrial instalado na China. Cerca de 48% do excedente mundial de capacidade instalada é proveniente do país. Este excesso de capacidade instalada é indesejável pois diminui a lucratividade das companhias, já que não é possível aumentar a produção, já que a demanda não é suficiente e o capital investido no maquinário fica parado, sem gerar receita para a produtora. No Gráfico 7 observa-se o crescimento da diferença entre capacidade instalada e produção na última década, este excedente cresceu cerca de 90%.

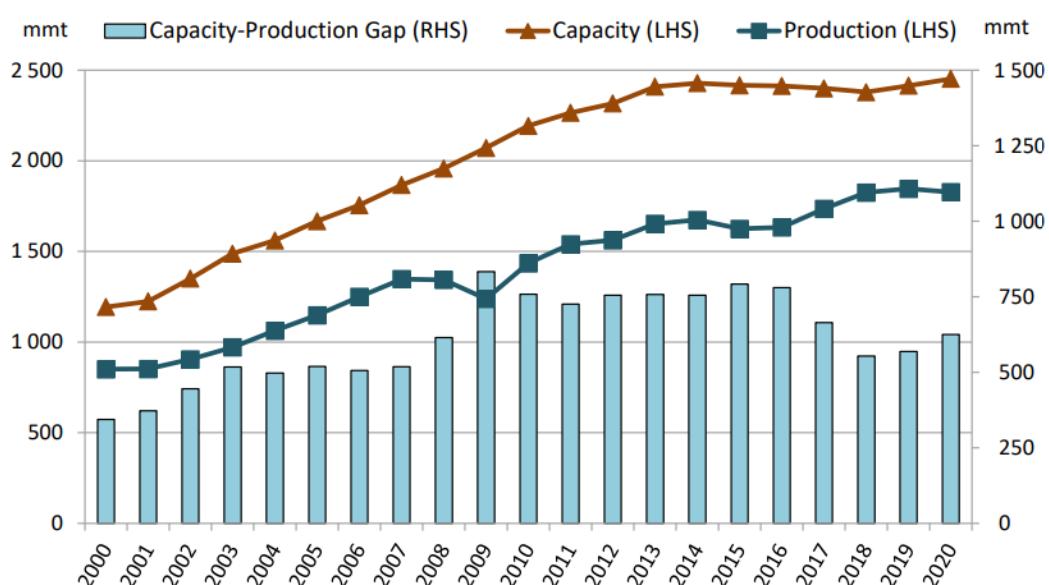


Gráfico 7 - Excedente mundial de capacidade instalada de produção de aço [14]

O crescimento dos últimos dois anos é proveniente da Ásia e do Oriente Médio, adicionando 61,1 mmt e 11,9 mmt à capacidade instalada. Esta concentração do crescimento fica clara no Gráfico 8, no qual é possível ver que a evolução é proveniente de países que não compõem a OCDE nem a União Europeia. [14]

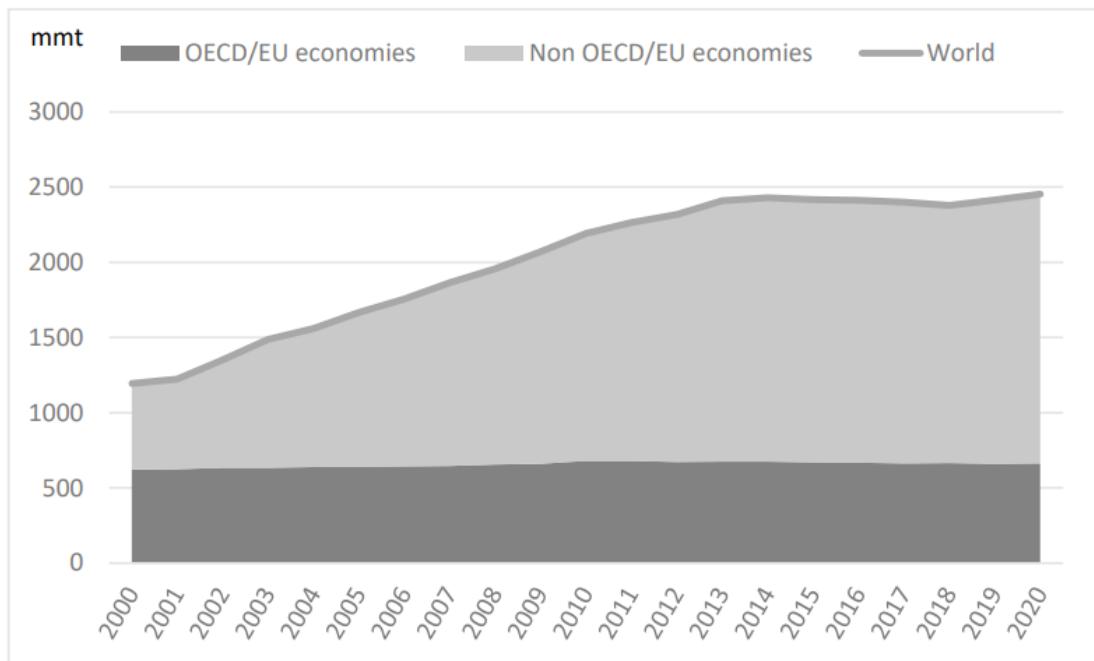


Gráfico 8 - Evolução da capacidade instalada no mundo [14]

Observando o cenário à frente, a OCDE projeta que existem ainda 45mmt de investimentos em capacidade de produção já em andamento para serem finalizados até 2023, e mais 68,7 mmt planejados para início no mesmo período. [14]

Na China, em 2015 o governo criou um projeto de renovação de capacidade produtiva com o intuito de tornar plantas do leste e da área costeira do país mais novas e eficientes. O projeto buscava fazer a renovação sem aumentar a capacidade produtiva já instalada, obrigando uma redução de 25% em algumas regiões onde a produção era pouco eficiente. Apesar disso, um estudo de dezembro de 2019 realizado pela Comissão Nacional de Reforma e Desenvolvimento constatou que algumas fábricas tinham sofrido aumento da capacidade produtiva durante o projeto citado acima. Assim, o governo decidiu pausar o projeto de atualização da capacidade instalada e pausar a produção em algumas fábricas com capacidade considerada ilegal. Em algumas regiões, o governo obrigou redução de 50% da capacidade após a renovação desta. [14]

Na Índia, o segundo país com mais capacidade instalada depois da China, os projetos para expansão tem ganhado vigor nos últimos anos. A *National Mineral*

*Development Corporation* aumentou sua capacidade de produção em 3 mmt em 2021, a *ArcelorMittal Nippon Steel India* planeja aumentar em 23 mmt até 2030. A *JSW Steel* também aumentou sua capacidade em 5 mmt em 2021 e planeja aumentar mais 20 mmt até 2031. [14]

### **3.2.2. Brasil**

O setor siderúrgico brasileiro apresenta uma estrutura oligopolizada, na qual as indústrias concorrem pouco entre si. Isto ocorre pois apenas 12 grupos são responsáveis pelos produtos de aço. Estes produtos causam uma divisão no mercado, fazendo com que as empresas dominem o mercado do produto que oferecem. A Aperam, por exemplo, é líder na produção de aços planos inoxidáveis e siliconados. A Vallourec Soluções Tubulares do Brasil, na produção de tubos sem costura. Dois dos únicos produtos no qual há concorrência entre as produtoras são os lingotes e fio-máquina, com oito grupos empresariais na competição pela venda. [15]

O setor brasileiro da Siderurgia é responsável por produtos homogêneos, em sua maioria, economia de escala, a qual tem como base a maior produção para redução do custo unitário, além de ser uma indústria de capital intensivo. O capital intensivo é uma importante barreira de entrada no setor, fator que justifica o baixo número de grupos empresariais que atuam no setor atualmente. Grandes volumes de investimentos iniciais são necessários para que o projeto industrial seja competitivo. Outras barreiras de entradas são os custos irrecuperáveis dos investimentos realizados e o excedente de capacidade produtiva. [16]

Outra característica do setor brasileiro é a ciclicalidade. Por ser um setor intermediário que fornece insumos para outras indústrias, como construção civil, automotiva, autopeças e máquinas, sua performance é estreitamente dependente do ritmo de produção delas. Em 2016, 34,2% das vendas internas de aço foram destinadas a estes setores. Por outro lado, a performance das indústrias compradoras dos insumos também ficam vulneráveis ao desempenho das siderúrgicas. É uma relação de interdependência. A vantagem para as siderúrgicas é a facilidade destas aumentarem sua produção (por haver um excedente de capacidade produtiva), diferentemente das indústrias-destino, que ficam dependentes dos insumos. A estratégia, já que não há concorrência olhando o mercado como um todo, é reduzir os custos e especializar e customizar seus produtos de acordo com a demanda dos clientes. [16]

É característica do setor também o *dual pricing*, no qual as indústrias produzem e vendem para o mercado interno por um preço, e vendem o excedente para o mercado externo por outro preço. Isso é possível pois os preços praticados dentro do país são maiores, principalmente em momentos de ociosidade maior. [16]

Existem outras formas de observar as características do setor siderúrgico brasileiro a fim de analisar sua competitividade no cenário global. Para isso é importante utilizar o conceito de vantagem competitiva, o qual consiste na capacidade de um agente econômico, no caso estudado, o Brasil, de desenvolver e também sustentar suas vantagens competitivas para enfrentar a concorrência. Uma forma de observar essas vantagens é por meio do *market share*, ou seja, a participação nas exportações globais, a qual é observada de forma *ex-post*, ou seja, com os dados já consolidados. Uma outra forma de avaliar as vantagens competitivas é por meio da eficiência de utilização dos fatores, ou seja, a maximização do rendimento. Neste campo estão localizadas a produtividade, os custos salariais e os investimentos. [17]

Os gráficos que serão apresentados abaixo foram produzidos com o intuito de avaliar a evolução destas variáveis ao longo da última década, começando no ano de 2013 e chegando ao ano de 2021. O período analisado apresenta ciclos econômicos domésticos e globais que influenciaram o desempenho do setor siderúrgico brasileiro, além de evolução das características do próprio setor siderúrgico, os quais serão relacionados com os resultados obtidos após a apresentação dos gráficos.

O primeiro indicador, foi construído com o intuito de avaliar se a parcela de exportação de aço bruto do Brasil está evoluindo com o tempo, observando se o *market share* internacional cresceu na última década. Foram considerados na conta dados do Instituto Aço Brasil de 2022 [3], por meio da soma das exportações de produtos laminados, como produtos planos e longos, e semiacabados para vendas, como placas, blocos e tarugos. Já para exportação total global foram considerados dados da WorldSteel Association [18], referentes à exportação de aço acabado e semi-acabado. O resultado final pode ser visto no Gráfico 9. A parcela brasileira foi calculada pela razão entre exportações do Brasil e exportações do mundo. Fica claro que o volume de exportação de produtos de aço teve um crescimento forte como parcela internacional até o ano de 2017, entrando em decadência no período seguinte.

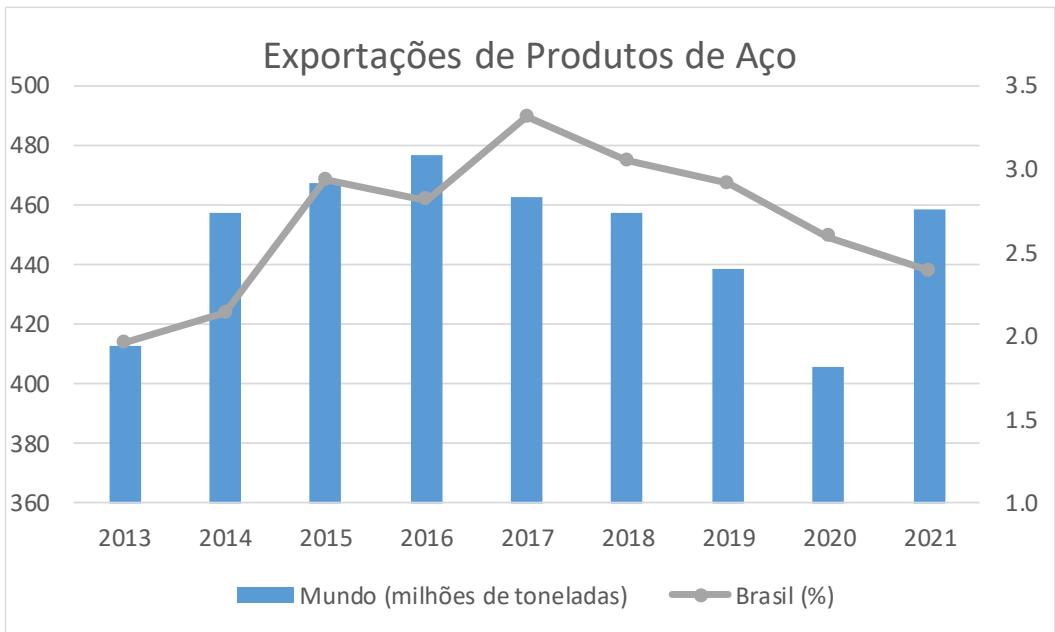


Gráfico 9 - Parcela do Brasil nas exportações globais de produtos de aço (Gráfico Próprio, dados do Instituto Aço Brasil e da WorldSteel Association)

Também procurou-se observar os indicadores de eficiência do setor siderúrgico brasileiro. Este tipo de indicador se refere aos custos unitários de produção, associados à produtividade dos trabalhadores e à sua remuneração. A produtividade mostra como é a resposta da indústria estudada às diferentes conjunturas econômicas, por meio da redução ou expansão da força de trabalho. Ela foi construída utilizando dados do Instituto Aço Brasil [13], referentes ao número de colaboradores totais no setor siderúrgico, e também dados de produtividade em termos de tonelada produzida por indivíduo colaborador ao ano. É possível perceber que, apesar das correções nos anos de 2018 e 2019, a produtividade do setor siderúrgico brasileiro apresenta uma tendência de evolução na última década, saindo de aproximadamente 350 toneladas por colaborador em 2013 para 440 toneladas em 2021.

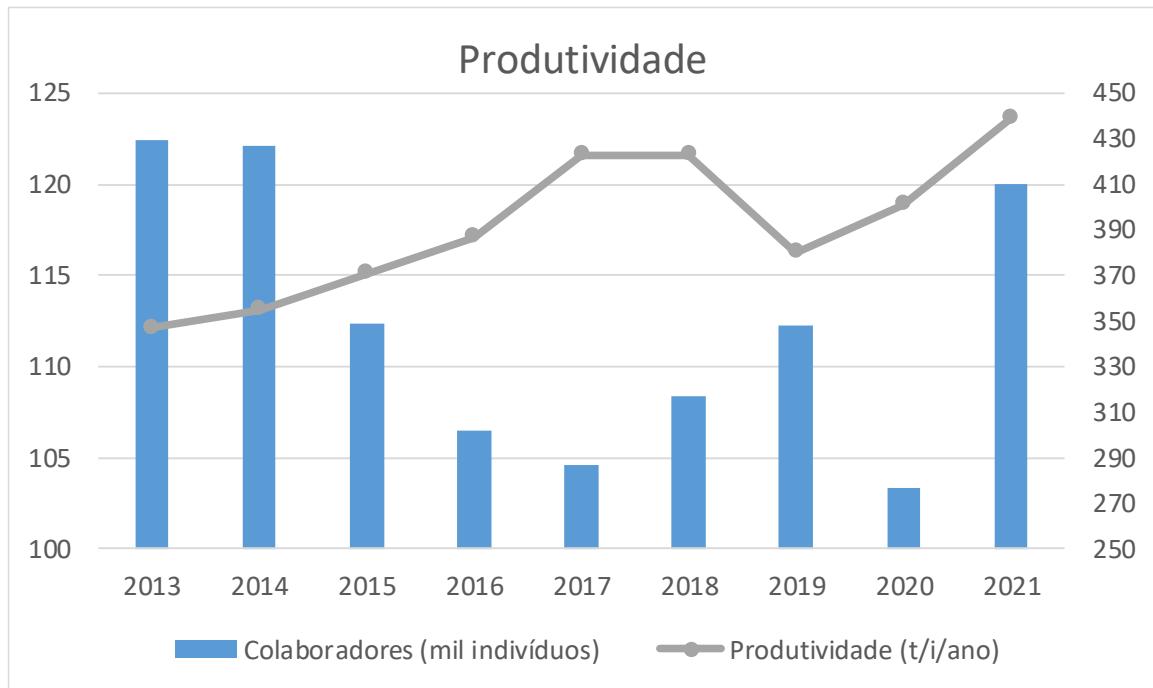


Gráfico 10 - Produtividade do setor siderúrgico brasileiro (Gráfico Próprio, dados do Instituto Aço Brasil)

Para avaliação da evolução da remuneração dos trabalhadores da siderúrgia na última década, foram utilizados dados de faturamento e folha de pagamento do Instituto Aço Brasil, presentes em [13]. Para esta análise, foi plotada a razão entre salários e receita, com o intuito de retirar efeitos da inflação e da consequente variação da receita. Os resultados podem ser vistos no Gráfico 11. É importante notar que os custos salariais como parcela da receita do setor apresentam uma tendência de queda a partir de 2015, o que é importante para a lucratividade da siderurgia brasileira.

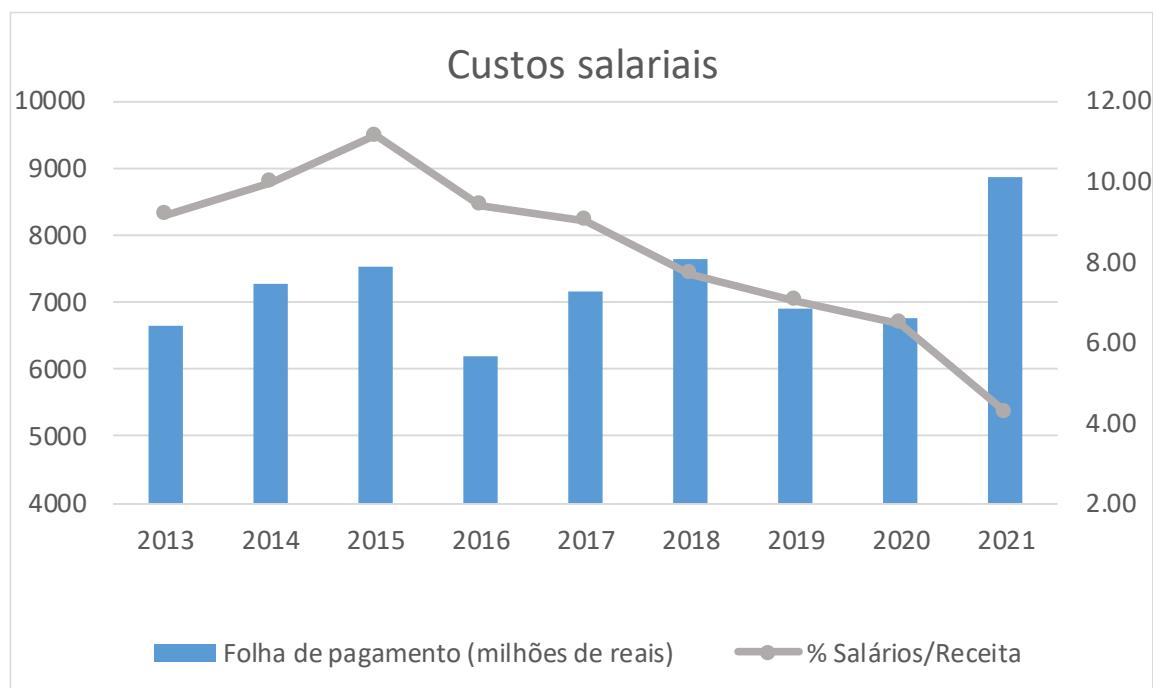


Gráfico 11 - Evolução dos custos salariais na Siderurgia brasileira na última década (Gráfico Próprio, dados do Instituto Aço Brasil)

Por último, outro indicador foi plotado com o intuito de evitar o Paradoxo de Kaldor, o qual mostrou que no pós-Guerra os países com maior crescimento de exportações e PIB possuíam também um crescimento nos custos salariais. Assim, observar indicadores ligados a preços não seriam bons instrumentos de análise competitiva, mas sim indicadores que mostram a quantidade de recursos destinados ao desenvolvimento da indústria. [19] O indicador escolhido foi a razão de investimentos por faturamento, indicando os rumos futuros do setor e retirando o efeito de inflação e oscilação de receita. O resultado obtido encontra-se no Gráfico 12. Apesar dos indicadores acima apresentarem evolução favorável para a siderurgia brasileira, o volume de investimentos apresentou tendência de decadência na última década, o que é negativo para o futuro do setor. Porém é possível também observar que a tendência de queda desacelerou na segunda metade deste período, podendo ser uma esperança de melhora nos próximos anos.

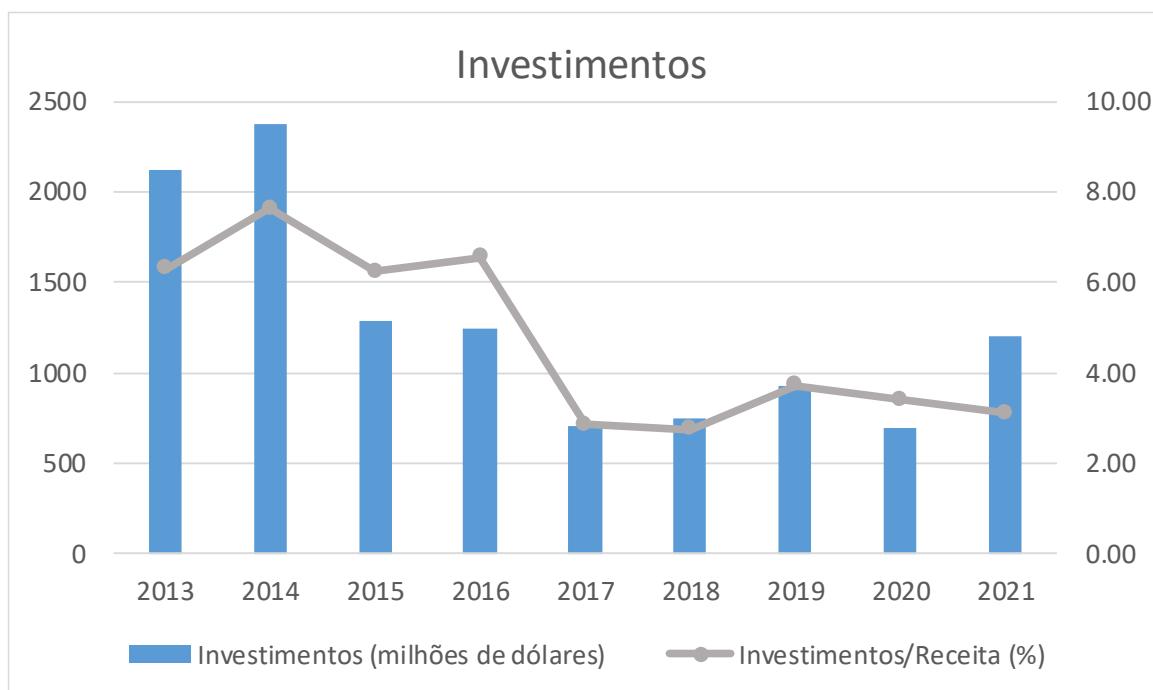


Gráfico 12 - Volume de investimentos das siderúrgicas brasileiras na última década (Gráfico Próprio, dados do Instituto Aço Brasil)

Os resultados observados nos indicadores acima são consequências do cenário macroeconômico e também das características do setor siderúrgico, que serão analisados abaixo.

Na macroeconomia, o Brasil viveu no início da última década sua maior queda no nível de PIB desde a Segunda Guerra Mundial, uma retração de cerca de 8,3% entre o segundo trimestre de 2014 e o terceiro trimestre de 2016. Esta recessão aconteceu após o período do programa de incentivos do governo Dilma Rousseff, que combinou desonerações tributárias, depreciação do câmbio e redução da taxa Selic. O programa causou nos anos seguintes aumento no IPCA de 6,4% em 2014 para 9,5% em 2015. A renda real foi de um crescimento de 0,7% em 2014 para -6,9% em 2015. [20]

Este cenário recessivo se traduziu em colapso no crescimento econômico e na demanda agregada, afetando as indústrias base, como a siderúrgicas. É possível ver no Gráfico 9 que houve aumento nas exportações de 2014 a 2017, pois estas expandiram para que fosse possível drenar o excedente produtivo que não estava sendo consumido no país. [20]

O ciclo econômico seguinte, no período começando em 2017, foi marcado por política monetária expansionista, consumo das famílias crescendo 1% no ano, bom desempenho do setor automotivo e equipamentos eletrônicos. Um dos únicos setores com desempenho desfavorável à siderurgia foi a construção civil, que caiu 5% em 2017. [21] Por estes motivos, é possível observar no Gráfico 9 que as exportações brasileiras

voltaram a cair como parcela do mercado global, já que o consumo interno reduziu o excedente de oferta. Apesar da queda das exportações, não foi um período negativo para a competitividade do setor siderúrgico brasileiro, já que a demanda foi rotacionada para consumo interno.

Por último, o ciclo econômico da pandemia (2020 e 2021) também deve ser observado por ter impactado fortemente a dinâmica da siderurgia no Brasil e no mundo. O PIB do Brasil caiu 3,9% em 2020, com o isolamento social utilizado no combate à Covid-19 e consequente queda no consumo das famílias (-5,4%). A indústria de construção civil caiu 6,3% e no ano seguinte subiu 9,7%; o consumo das famílias avançou 3,6% em 2021; as indústrias de transformação cresceram 4,5% no mesmo ano. Por esse motivo, é possível notar no *Gráfico 12* que os investimentos caíram em 2020, mas se recuperaram com ímpeto em 2021. [22]

Observando o cenário microeconômico, ou seja, as características do próprio setor siderúrgico apresentadas na Revisão Bibliográfica deste trabalho e abaixo, pode-se entender melhor qual a dinâmica que, em paralelo com os ciclos da economia, também impacta os indicadores de competitividade presentes no *Gráfico 9*, *Gráfico 10*, *Gráfico 11*, *Gráfico 12*.

Em primeiro lugar, a produção brasileira de aço bruto está concentrada na região Sudeste, como pode ser visto na *Tabela 2*, que detém cerca de 86% da produção do país. Esta concentração facilita a logística no transporte dos produtos, o que é importante para o preço final, já que o aço é um produto de baixo valor agregado e seu transporte interfere muito no custo final. Para fabricar uma tonelada é necessário transportar quatro toneladas, considerando matérias-primas e produto acabado. Além disso, a região Sudeste é justamente onde fica localizado o porto de Santos, responsável pela maior parte do fluxo de exportação do aço bruto, além de ser munida de ligações ferroviárias em todas as siderúrgicas, levando aos cinco portos presentes na região (*Figura 2*). [17]

Estado	2018 (10 <sup>3</sup> t)	Participação %	2019 (10 <sup>3</sup> t)	Participação %	2020 (10 <sup>3</sup> t)	Participação %
Minas Gerais	10.594	29,9	10.408	32,0	9.803	31,2
Rio de Janeiro	10.406	29,4	8.750	26,9	9.189	29,3
Espírito Santo	7.304	20,6	6.599	20,3	5.405	17,2
Ceará	3.089	8,7	2.977	9,1	2.855	9,1
São Paulo	2.382	6,7	2.265	6,9	2.613	8,3
Rio Grande do Sul	779	2,2	671	2,1	668	2,1
Pará	344	1,1	345	1,1	330	1,1
Maranhão	279	0,8	338	1,0	321	1,0
Pernambuco	230	0,6	216	0,6	231	0,7
<b>BRASIL</b>	<b>35.407</b>	<b>100</b>	<b>32.569</b>	<b>100</b>	<b>31.415</b>	<b>100</b>

Tabela 2 - Distribuição regional da produção de aço bruto no Brasil [2]



Figura 2 - Infraestrutura para transporte de aço na região Sudeste [17]

Apesar disso, existe uma desvantagem marcante na logística brasileira: o valor cobrado por serviços portuários. Em 2001, este valor nos portos brasileiros era em média

US\$13 por tonelada de aço bruto, ao passo que nos portos do mundo, a média era de US\$7 por tonelada. No porto de Santos, o valor era de US\$28. [17]

Outro ponto a ser observado na competitividade das siderúrgicas brasileiras é a carga tributária. A parcela de custos com pagamento de tributos sobre o valor do produto final era de 6,29% em 2001, que comparado com a média de Alemanha, Coréia do Sul e Japão de 0,63%, é muito elevado. Isso significa que as siderúrgicas brasileiras precisariam reduzir sua margem de lucro em aproximadamente 5,66% para competir com as indústrias globais neste quesito. [17]

No campo da sustentabilidade em matéria-prima, a qual influencia o custo de produção já que matérias-primas produzidas no país tendem a demandar menor custo de transporte, o minério de ferro brasileiro possui alto teor de ferro (as reservas de hematita são as mais puras do mundo) e custo reduzido de extração, sendo altamente competitivo no mercado internacional. No cenário doméstico, são consumidas apenas 15% da quantidade produzida. É importante observar que no futuro a rotação da oferta para os itabiritos coloca em risco a qualidade deste minério, já que nestes locais este é mais pobre em ferro e possui teores mais elevados de fósforo e alumina. [7]

O carvão mineral, matéria-prima importante na produção do coque, é um fator limitante à competitividade das siderúrgicas brasileiras, já que as reservas nacionais possuem baixo grau de carbonificação e alto teor de voláteis, e seu grande volume consumido é importado da Austrália, encarecendo a matéria-prima por conta dos custos de frete marítimo e câmbio. [7]

Já em termos de produtividade, nota-se uma importante evolução na última década, de 26% como pode ser visto no Gráfico 10, porém o Brasil ainda fica atrás dos países asiáticos, os quais em 1995 já apresentavam produção de 550 a 600 toneladas/colaborador/ano [23], enquanto o Brasil teve em 2021 um valor de 440 toneladas/colaborador/ano (Gráfico 10).

Em termos de mão de obra, é possível perceber no Gráfico 11 que os custos salariais como parcela da receita caíram na última década, efeito que pode estar ligado ao aumento da produtividade vista no Gráfico 10.

Por último, observando os resultados obtidos do Gráfico 12 nota-se que os investimentos como parcela da receita das siderúrgicas brasileiras caíram na última década. Por um lado, esta redução pode ser vista como positiva, já que a capacidade instalada não possui mais margem para expansão no Brasil, como também é no cenário global. Apesar disso, é importante para a competitividade com o mercado global o desenvolvimento de novas tecnologias, principalmente de redução no consumo de

energia e da emissão de CO<sub>2</sub> (os quais serão abordados no tópico seguinte), além de desenvolvimento de produtos de maior valor agregado ou maior especificidade para o cliente final. [1]

### 3.3. Transformações futuras: decarbonização

#### 3.3.1. Mundo

Em âmbito global, as siderúrgicas estão entre os três maiores contribuintes com a emissão de dióxido de carbono. 70% desta emissão está relacionada diretamente com a utilização de carvão como combustível e redutor. Para mudar este cenário, algumas alternativas estão em curso: captura e estoque de carbono, captura e uso ou implementação de tecnologia para decarbonização, como uso de sucata e energia livre de carbono (como as baseadas em hidrogênio). [24]

A importância da decarbonização provém não apenas da instância ambiental. No médio/longo prazo, segundo McKinsey, 14% do valor potencial das siderúrgicas estarão em risco caso estas não sejam capazes de rotacionar para tecnologias de zero emissão de carbono. Isso ocorrerá pelo aumento dos preços de matérias-primas “cinzas” em comparação com as “verdes” a partir de 2030, como pode ser visto no Gráfico 13. As tecnologias “verdes” para produção de aço serão explicadas mais à frente. [24]

**Green H<sub>2</sub> prices are expected to halve over the next 10 years**

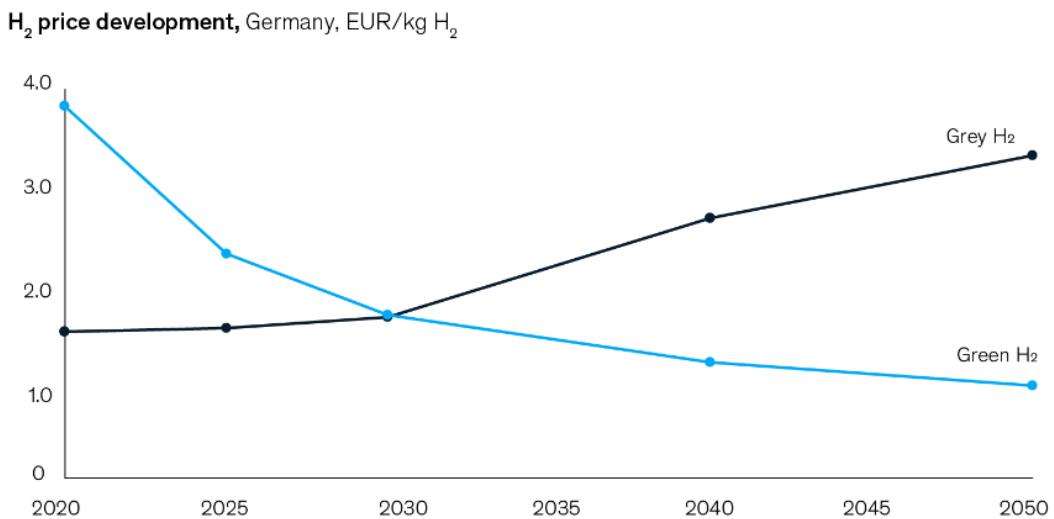
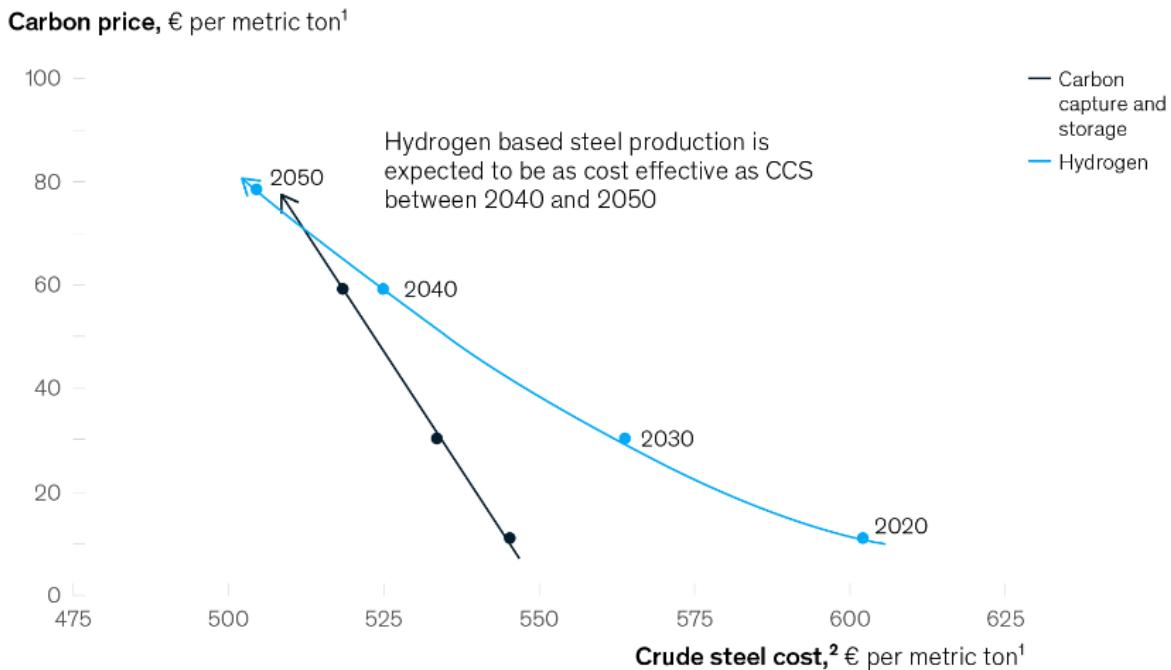


Gráfico 13 - Preços de hidrogênio "verde" cairão pela metade na próxima década [25]

Além disso, as tecnologias baseadas em hidrogênio serão tão eficientes

financeiramente em 2050 quanto a captura e estoque de carbono. [24]

**By 2050, hydrogen-based technologies are expected to be as cost-effective as carbon capture and storage.**



<sup>1</sup>1 metric ton = 2,205 pounds.

<sup>2</sup>Estimated base cost is €440 per metric ton through blast furnace–basic oxygen furnace (BF–BOF) and €485 per metric ton through electric arc furnace (EAF) route at 60 percent direct reduced iron.

Gráfico 14 - Em 2050, tecnologias baseadas em hidrogênio serão tão eficientes em custo quanto a captura e estoque de carbono [24]

As tecnologias estudadas para redução da emissão de dióxido de carbono envolvem processos diversos. Um deles é o aumento da eficiência dos próprios altos-fornos integrados a oxigênio, por meio de: aumento de teor de ferro na matéria-prima; aumento de eficiência do combustível por pulverização de na injeção de carvão; utilização de gás natural, biomassa ou hidrogênio como um reagente adicional. Apesar da maior facilidade aplicação, estes processos não reduzem completamente a emissão de carbono. [25]

Outra tecnologia a ser aplicada é a utilização de biomassa como redutor ou combustível, especialmente na América do Sul e na Rússia, pela abundância deste tipo de matéria-prima. [25]

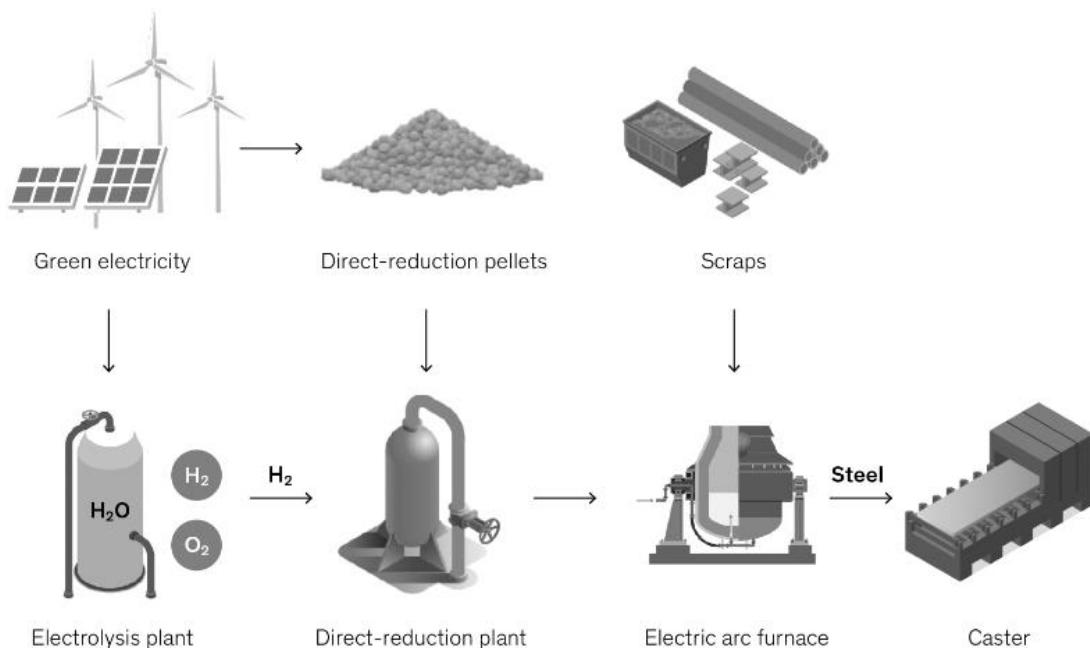
A captura e uso do carbono também é uma alternativa para as próximas décadas, por meio da captura das emissões e transformação em produtos para a indústria química, como amônia e bioetanol. Este tipo de tecnologia ainda é insuficiente em tecnologia e economicamente inviável. [25]

O aumento da utilização de sucata em forno a arco elétrico também será uma alternativa na redução da emissão de carbono, introduzindo maior fluxo secundário de

sucata nos fornos. Para isso, é importante a oferta suficiente de sucata de alta qualidade, ou pela mistura de sucata com ferro diretamente reduzido. A desvantagem desta tecnologia consiste no aumento da procura por sucata de alta qualidade, elevando o preço desta e tornando o processo mais caro. [25]

Outro caminho possível no futuro é a utilização de ferro diretamente reduzido (na sigla em inglês, *DRI*). Este tipo de processo deve ser mais viável em regiões com boa disponibilidade de gás natural, onde os preços são menores, como no Oriente Médio e na América do Norte. Não é um processo vantajoso na Europa, onde os preços de gás natural são elevados por conta da baixa oferta. [25]

Uma alternativa viável às regiões onde há baixa oferta de gás natural é a utilização de *DRI* baseado em hidrogênio, combinando a matéria-prima com sucata e forno a arco elétrico. Este processo substitui os combustíveis fósseis utilizados na redução do ferro no *DRI* com hidrogênio produzido com energia renovável, sendo assim um processo de zero emissão de carbono. Os grandes *players* europeus já estão testando ou até construindo este tipo de tecnologia, a qual pode ser vista no *Esquema 6*.



Esquema 6 - Produção de aço baseada em hidrogênio [24]

Voltando ao Gráfico 14 pode-se notar que em 2050, com melhorias na produção de hidrogênio em escala e impostos sobre emissão de carbono, a tecnologia baseada em hidrogênio terá seu custo igualado às alternativas por captura e estoque/uso de carbono. Apesar disso, nos dias de hoje a primeira ainda tem seu custo de produção mais elevado, em aproximadamente 170 euros/tonelada de aço, enquanto a captura e uso de carbono

custa 100 euros/tonelada. [24]

### 3.3.2. Brasil

No Brasil, uma alternativa favorável para mitigar a emissão de carbono é a utilização do carvão vegetal na redução do minério de ferro. O clima é adequado ao plantio de eucalipto e há disponibilidade favorável de terra. Comparado ao carvão mineral, o carvão vegetal possui emissão negativa de dióxido de carbono para a atmosfera, já que dióxido de carbono é capturado durante o crescimento das árvores que serão utilizadas posteriormente. Também não possui contaminantes danosos ao meio ambiente e ao aço, além do alto-forno sofrer menor desgate, podendo operar em menores temperaturas (aproximadamente 125°C a menos) e gerando menos perda térmica. Além disso, o processo gera menos escória (50% a menos) e consome menos energia. [7]

Apesar das vantagens, a utilização de carvão vegetal na produção de aço ainda é pouco aplicada até hoje (considerando o volume total produzido) por ter capacidade limitada de carga no alto-forno, já que apresenta menor friabilidade, e por ser necessário investimento elevado em terras para o plantio de eucalipto 6 anos antes do início da produção. Além disso, por ter capacidade limitada de produção no alto-forno é mais utilizado por pequenas siderúrgicas, as quais não investem recursos no plantio suficientes para suprir toda a produção, acabando por utilizar também carvão vegetal proveniente de florestas nativas. [7]

Apesar dos fatores negativos citados acima, o setor siderúrgico brasileiro é o único no mundo a utilizar a produção de aço a carvão vegetal de forma significativa. Entre 2003 e 2012, 9,5 milhões de toneladas de média anual de ferro-gusa foram obtidos com o uso deste processo, dos 32,5 milhões de toneladas produzidos ao total por ano. Neste mesmo período, 57% das florestas utilizadas foram plantadas e 43% eram nativas, indicando que ainda existe uma evolução considerável a ser trabalhada neste aspecto. [26]

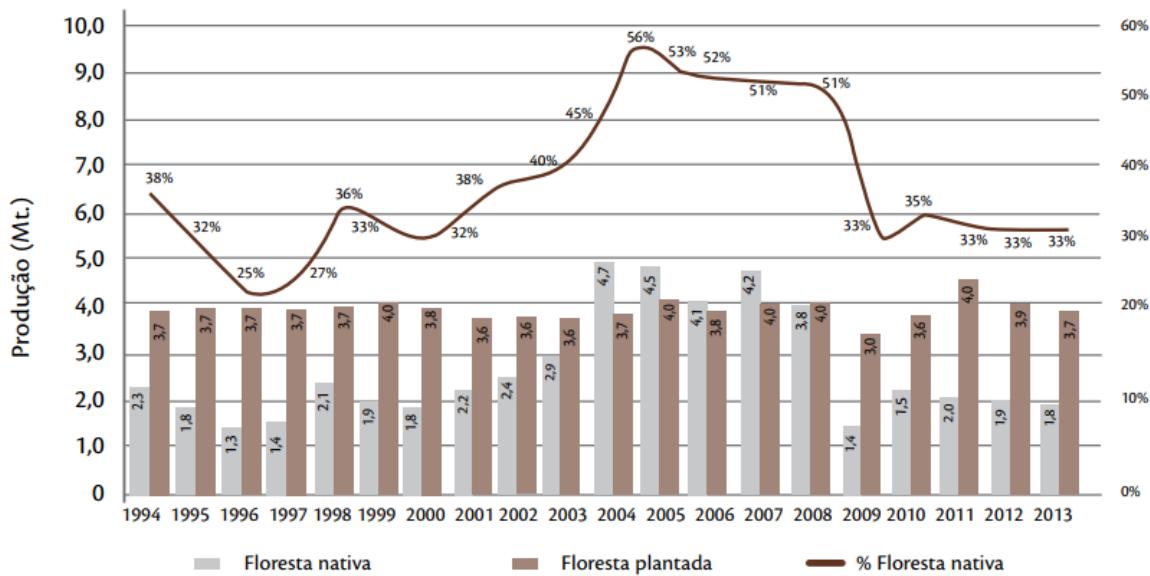


Gráfico 15 - Carvão vegetal produzido de madeira nativa x florestas plantadas [26]

A transição para a produção de aço com carvão vegetal é fundamental na competitividade do setor siderúrgico brasileiro com as tecnologias citadas de zero emissão de carbono em desenvolvimento no mundo. A fim de viabilizar ainda mais o uso do carvão vegetal em detrimento do carvão mineral, algumas medidas governamentais e das indústrias são bem-vindas. Uma delas é a criação de financiamento a baixo custo para compra de balanças para cálculo de rendimento gravimétrico nas unidades de produção do carvão, já que este rendimento consiste na quantidade de madeira utilizada para produzir uma quantidade de carvão vegetal. Além disso, treinamento de pessoal responsável pela produção do carvão deve ser realizados para melhorar a eficiência do processo, já que 70% da redução de minério de ferro via este processo provêm de pequenos ou médios produtores. Financiamento de pesquisas e implantação de tecnologias no geral que melhoram o processo de carbonização também são fundamentais, como desenvolvimento de secadores de madeira e reatores com melhor eficiência, por exemplo. [26]

Nesta linha, a Vallourec criou o reator Carboval, o qual é vertical e por meio de carbonização contínua transforma madeira em carvão vegetal com eficiência de 95%. Além disso, sua capacidade permite produzir 22 toneladas de carvão em 16 horas. Para via de comparação, o forno convencional retangular leva 16 dias para produzir 50 toneladas com eficiência energética de 55%. [2]



Figura 3 - Reator Carboval de produção de carvão vegetal da Vallourec [2]

### **3. Conclusão**

Os indicadores da siderurgia brasileira estudados mostram uma clara evolução na última década em termos de produtividade e redução dos custos salariais como parcela da receita. Além disso, o setor brasileiro apresenta vantagens competitivas quando se refere a logística do transporte, tanto de matérias-primas quanto de produtos de aço, por estar localizado em sua maioria na região Sudeste, munido de ferrovias e portos. O minério de ferro brasileiro também é um importante fator positivo, já que possui alta qualidade e baixo custo de extração. Junta-se a essas vantagens a política do *dual pricing* a qual permite que o excedente de produção seja destinado ao mercado externo, dando sustento à produção em períodos de crise econômica. Também cabe dar importância à dinâmica histórica do setor siderúrgico brasileiro, já que durante os anos 70 e 80 um fluxo importante de investimentos foi destinado a essas indústrias, melhorando a capacidade produtiva, e nos anos 90 as privatizações levaram a um aumento significativo de produtividade. Em seguida, nos anos 2000 as fábricas foram modernizadas e expandidas, fornecendo uma renovação para o longo prazo.

Observando as desvantagens estudadas, percebe-se que a parcela de exportações do Brasil no mercado internacional ainda oscila com os ciclos econômicos internos, já que em períodos de crise maiores volumes de produtos de aço são destinados ao mercado externo e menos ao interno, e vice versa em períodos de crescimento pujante. Isso acontece porque o mercado interno é muito condicional ao desempenho das indústrias de transformação, que são dependentes do consumo doméstico. Dentre as peculiaridades do setor siderúrgico brasileiro estão a carga tributária elevada com relação a outros países produtores de aço, e as elevadas taxas portuárias cobradas para exportação. Na sustentabilidade em matéria-prima, o Brasil ainda é dependente do carvão mineral importado da Austrália, já que a reserva nacional é de baixa qualidade, o que aumenta os custos de produção do aço. Em adição, apesar da produtividade ter evoluído na última década, ainda é baixa se comparada a dos países asiáticos e precisa de investimentos para ser desenvolvida ainda mais, os quais involuíram na última década. Também é importante que mais investimentos sejam destinados à instalação de tecnologia sustentável, já que as políticas globais cada vez mais exigem menor emissão de dióxido de carbono e menor consumo de energia. A tecnologia nesta linha mais próxima à realidade brasileira e que pode impulsionar o diferencial competitivo no futuro é a redução de minério de ferro utilizando carvão vegetal, já que o clima no país é favorável para o plantio de eucalipto e existe uma boa disponibilidade de terras. O ciclo produtivo deste processo é zero emissão de carbono e já é responsável por parcela

considerável da produção de aço em nível nacional. O carvão vegetal também auxilia na redução dos custos de matéria-prima atrelados à importação de carvão mineral da Austrália.

As siderúrgicas brasileiras apresentam vantagens competitivas que as colocam em uma posição importante no mercado internacional, mas pensando no longo prazo é importante que os investimentos privados sejam destinados à tecnologia sustentável, e que os incentivos públicos auxiliem na redução de carga tributária e taxas portuárias, além de auxiliar nas pesquisas universitárias para melhoria do processo de redução de minério de ferro a carvão vegetal, num setor indispensável para o consumo doméstico e crescimento da atividade econômica do país.

#### 4. Referências Bibliográficas

- [1] F. L. E. Viana, "Indústria Siderúrgica," Banco do Nordeste, Fortaleza, 2021.
- [2] Instituto Aço Brasil, "Relatório 2020 de Sustentabilidade," Rio de Janeiro, 2020.
- [3] Instituto Aço Brasil, "Mercado Brasileiro do Aço - Análise Setorial e Regional," Rio de Janeiro, 2022.
- [4] PWC - PricewaterhouseCoopers International Limited, "Siderurgia no Brasil," 2012. [Online]. Available: [www.pwc.com.br](http://www.pwc.com.br). [Acedido em 2022].
- [5] Siderurgia Brasil, "Anuário Brasileiro da Siderurgia 2021," vol. 22, Grips Editora, 2021.
- [6] Departamento de Estudos Econômicos (DEE) - Cade, "Indústria Siderúrgica," Cadernos do Cade, Brasília, 2022.
- [7] CGEE, "Siderurgia no Brasil 2010-2025," Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, 2010.
- [8] T. M. Cano, "Carvão Mineral," DNPM, Brasília, 2008.
- [9] G. Barros, O desenvolvimento do setor siderúrgico brasileiro entre 1900 e 1940: Crescimento e substituição de importações, vol. 45, São Paulo, 2015, pp. 153-183.
- [10] M. L. Andrade e L. M. S. Cunha, "O setor siderúrgico," BNDES, 2002. [Online]. Available: [https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro\\_setorial/setorial03.pdf](https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_setorial/setorial03.pdf). [Acedido em 2022].
- [11] A. T. Poso, "O Processo de Reestruturação da Siderurgia Mundial e Brasileira: o caso da Companhia Siderúrgica Nacional," em *Dissertação de Mestrado em Geografia. Faculdade/USP*, 2007, p. 216.
- [12] F. Puga, G. B. Júnior, P. S. L. Carvalho e M. M. Silva, "Novos projetos siderúrgicos atenderão ao aumento da demanda até 2014," BNDES, 2010. [Online]. Available: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/5104/1/Vis%C3%A3o83%20-%20Novos%20projetos%20sider%C3%BAgicos%20atender%C3%A3o%20ao%20aumento%20da%20demanda%20at%C3%A9%202014.pdf>. [Acedido em 2022].
- [13] Instituto Aço Brasil, "Anuário Estatístico 2019-2022," Rio de Janeiro/RJ.
- [14] OECD Steel Committee, "Latest Developments in Steelmaking Capacity," OECD, 2021.
- [15] Brazil Steel Institute, "Aço Brasil," 2020. [Online]. Available: [www.acobrasil.org.br](http://www.acobrasil.org.br). [Acedido em 2022].
- [16] A. Lima e G. Pessoti, "Análise do padrão de concorrência na indústria siderúrgica brasileira," *Revista de Desenvolvimento Econômico*, nº 23, pp. 53-64, 2011.
- [17] M. S. B. Marques, "A siderurgia brasileira em ambiente de competição globalizada: os fatores sistêmicos de competitividade," em *56º Congresso Anual da ABM*, Belo Horizonte, Julho de 2001.
- [18] World Steel Association, "World Steel in Figures," 2022.
- [19] N. Kaldor, "The effects of devaluations on trade in manufactures," *Further Essays on Applied Economics*, 1978.
- [20] J. L. Oreiro, "A grande recessão brasileira: diagnóstico e uma agenda de política econômica," *Estudos Avançados*, vol. 31, nº 89, pp. 75-88, 2017.
- [21] BNDES, "O crescimento da economia brasileira 2018-2023," *Perspectivas DEPEC 2018*, pp. 13-16, 2018.
- [22] IBGE, "PIB cresce 4,6% em 2021 e supera perdas da pandemia," Agência de Notícias IBGE, 2022. [Online]. Available: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/33066-pib-cresce-4-6-em-2021-e-supera-perdas-da-pandemia>. [Acedido em Novembro 2022].
- [23] Instituto e Pesquisa Aplicada - IPEA, "Evolução da produtividade industrial brasileira e abertura comercial," Rio de Janeiro, Texto para Discussão 651, 1999, p. 31.
- [24] A. Anand, T. Hagenbruch, A. Muppalla e B. Zeumer, "Tackling the challenge of

- decarbonizing steelmaking," McKinsey & Company, 18 Maio 2021. [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com.br/industries/metals-and-mining/our-insights/tackling-the-challenge-of-decarbonizing-steelmaking>. [Acedido em Novembro 2022].
- [25] C. Hoffmann, M. Van Hoey e B. Zeumer, "Decarbonization challenge for steel," McKinsey & Company, 3 Junho 2020. [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com.br/industries/metals-and-mining/our-insights/decarbonization-challenge-for-steel>. [Acedido em Novembro 2022].
- [26] Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE, "Modernização da produção de carvão vegetal," Brasília, 2015.
- [27] J. C. Ferraz, D. Kupfer e M. Iooty, "Industrial competitiveness in Brazil," *Cepal Review*, nº 82, pp. 91-117, 2004.
- [28] G. M. d. Paula, "Instituto de Economia - UFU," Março 2011. [Online]. Available: [http://gmpaula.com.br/sites/default/files/Ap\\_BrazilianSteelIndustry.pdf](http://gmpaula.com.br/sites/default/files/Ap_BrazilianSteelIndustry.pdf). [Acedido em 2022].
- [29] J. Torracca e M. Castilho, "The Competitiveness of Brazilian Manufacturing in both Domestic and International Markets," em *23rd International Input-Output Association (IIOA) Conference*, Cidade do México, 2015.
- [30] H. Medarac, J. Moya e J. Somers, "Production costs from iron and steel industry in th EU and third countries," European Comission, Luxemburgo, 2020.
- [31] I. Hidalgo González e J. Kaminski, "The iron and steel industry: a global market perspective," *Folio*, pp. 5-28, 2011.
- [32] P. Krause, "The Coface Economic Publications - Panorama Brazil," Junho 2014. [Online]. Available: <https://www.coface.com/News-Publications/Publications/Panorama-Country-Brazil>. [Acedido em 2022].
- [33] Federal Reserve Bank of Minneapolis, "Competition and Productivity: A Review of Evidence," Mineápolis, 2010.
- [34] Instituto Aço Brasil, "Mercado Brasileiro do Aço - Análise Regional e Setorial," 2021. [Online]. Available: [acobrasil.org.br](http://acobrasil.org.br). [Acedido em 2022].
- [35] Siderurgia Brasil, "Anuário Brasileira da Siderurgia 2022," vol. 23, Grips Editora, 2022.
- [36] Thiago Henrique Cardoso da Silva, "Avaliação do Plano Brasil Maior para o Setor Siderúrgico: Uma análise de custo-efetividade," Enap - Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, 2018.
- [37] Universidade de Campinas - UNICAMP, "Estudo da Competitividade da indústria brasileira," Campinas, 1993.