UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, ECONOMIA E CONTABILIDADE DE RIBEIRÃO
PRETO
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DAS ORGANIZAÇÕES

JOSÉ AUGUSTO MORAIS DE ANDRADE JÚNIOR

**Análise dinâmica estrutural de uma cadeia global de geração
de valor modelada por hipergrafos: estudo de caso da cadeia
global do ferro e aço de 1996 até 2016**

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCIO MATTOS BORGES DE OLIVEIRA

RIBEIRÃO PRETO

2019

Prof. Dr. Vahan Agopian
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. André Lucirton Costa
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão
Preto

Prof. Dr. João Luiz Passador
Chefe do Departamento de Administração

Prof. Dr. Alexandre Pereira Salgado Junior
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Administração de
Organizações

José Augusto Morais de Andrade Júnior

Análise dinâmica estrutural de uma cadeia global de geração de valor modelada por hipergrafos: estudo de caso da cadeia global do ferro e aço de 1996 até 2016

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Versão Corrigida. A original encontra-se disponível na FEA-RP/USP.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, ECONOMIA E CONTABILIDADE DE RIBEIRÃO
PRETO
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DAS ORGANIZAÇÕES

Orientador: Prof. Dr. Marcio Mattos Borges de Oliveira

Ribeirão Preto
2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Andrade Júnior, José Augusto Moraes de

Análise dinâmica estrutural de uma cadeia global de geração de valor modelada por hipergrafos: estudo de caso da cadeia global do ferro e aço de 1996 até 2016. Ribeirão Preto, 2019.

127 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Administração.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Mattos Borges de Oliveira.

1. Ferro e Aço. 2. Análise estrutural. 3. Cadeia global. 4. Análise dinâmica. 5. Insumo-produto.

- Como tudo que faço, *Ad maiorem Dei gloriam*. Que seja tudo para maior glória de Deus.
- Aos meus antepassados, pois a minha existência nesse universo físico é decorrência da existência prévia deles.
- Para minha esposa Jussara Passos e meus filhos Messias Neto, Pedro Henrique e Gabriela, pelo tempo que dediquei a esta tese.
- Este trabalho é dedicado às crianças adultas que, quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.

*“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo,
mas transformai-vos pela renovação da mente,
a fim de distinguir qual é a vontade de Deus:
o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.”
(Bíblia Sagrada, Romanos 12, 2)*

AGRADECIMENTOS

- Ao Criador do Universo, pela possibilidade de minha existência.
- Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Marcio Mattos Borges de Oliveira, pela paciência e orientação nesta caminhada.
- Agradeço à Profa. Dra. Sonia Valle Borges de Oliveira, pela gentileza em ajudar com a metodologia e a revisão desse trabalho.
- Agradeço ao todos os meus mestres na Universidade de São Paulo - USP, em especial na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto - FEARP, que me propiciaram um ambiente acadêmico instigante. Não os nomearei para não correr o risco de esquecer de mencionar algum.
- Agradeço também a todo o seu corpo administrativo e diretivo pelo tratamento carinhoso e gentil.
- Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Organizações da FEARP, nas pessoas dos seus professores, funcionários e colegas, pela oportunidade e enorme paciência.
- Agradeço a todos os que, direta ou indiretamente, permitiram a realização dessa pesquisa.

"Tudo vale a pena, se a alma não é pequena."

Fernando Pessoa

"A VIDA É SONHO

É certo; então reprimamos
esta fera condição,
esta fúria, esta ambição,
pois pode ser que sonhemos;
e o faremos, pois estamos
em mundo tão singular
que o viver é só sonhar
e a vida ao fim nos imponha
que o homem que vive, sonha
o que é, até despertar.

(...)

Que é a vida? Um frenesi.
Que é a vida? Uma ilusão,
uma sombra, uma ficção;
o maior bem é tristonho,
porque toda a vida é sonho
e os sonhos, sonhos são."

Calderón de La Barca

RESUMO

ANDRADE JR, José Augusto Morais de. **Análise dinâmica estrutural de uma cadeia global de geração de valor modelada por hipergrafos: estudo de caso da cadeia global do ferro e aço de 1996 até 2016**. 2019. 127 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2019.

Embora o Brasil tenha uma das maiores reservas de minério de ferro do mundo, estimada em 170 bilhões de toneladas, e também possua siderúrgicas próximas às minas de ferro, como a Usiminas, por exemplo, o Brasil exporta minério de ferro e importa produtos semi-acabados de aço de outros países, como o Japão e a China. O objetivo desta pesquisa é modelar a cadeia de valor global de ferro e aço e analisar sua dinâmica estrutural para verificar se esse modelo é capaz de determinar os fatores que impulsionam a geração de valor e que levaram alguns países a ter maior impacto sobre seu desenvolvimento econômico do que outros. A modelagem da cadeia de valor usa a técnica padrão de análise de entrada-saída de balanço de massa (método de modelagem estrutural ampliado de Leontief), detalhado na revisão da literatura. Para obter esses resultados, foi necessário coletar e consolidar diferentes bancos de dados utilizando ferramentas capazes de conciliar, tratar e analisar o grande volume de dados presentes nesses diferentes bancos de dados, em diferentes unidades e níveis de agregação. A análise da dinâmica estrutural revelou uma série de aspectos fundamentais para entender a guerra comercial entre os EUA e a China. A China passou de 10% da produção mundial de aço bruto para 50% em 20 anos, reduzindo a relevância de outros países no contexto da cadeia de ferro e aço. Além disso, a análise revelou que o Brasil exporta quase exclusivamente minério de ferro bruto. A Austrália, por exemplo, conseguiu agregar mais valor do que o Brasil. Isso revela, portanto, que a análise da dinâmica estrutural modelada por hipergrafos pode gerar informações semânticas relevantes sobre o contexto, atores e interesses envolvidos e pode servir como um mapa para orientar decisões e políticas voltadas para uma melhor inserção e atuação de um país em uma cadeia global de produção.

Palavras-chave: Ferro e Aço. Análise estrutural. Insumo-produto. Cadeia global. Análise dinâmica.

ABSTRACT

ANDRADE JR, José Augusto Morais de. **Dynamic structural analysis of a global value chain modelled by hypergraphs: a case study of the global iron and steel chain from 1996 to 2016**. 2019. 127 p. PhD Thesis - Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2019.

Although Brazil has one of the largest reserves of iron ore in the world, estimated at 170 billion tons, and also steel mills near the iron mines, such as Usiminas, e.g., Brazil exports iron ore and imports (semi-)finished steel products from other countries, such as Japan and China. The objective of this research is to model the global value chain of iron and steel and to analyse its structural dynamics to verify if this model is able to determine the factors that drive the generation of value and that have led some countries to have greater impact on their economic development than others. Value chain modelling uses the standard mass balance input-output analysis technique (Leontief's extended structural modelling method), detailed in the literature review. To obtain these results, it was necessary to collect and consolidate different databases using tools able to reconcile, treat and analyse the large volume of data present in these different databases, in different units and levels of aggregation. The analysis of the structural dynamics revealed a series of fundamental aspects to understand the commercial war between the USA and China. China has shifted from 10% of the world's crude steel production to 50% in 20 years, reducing the relevance of other countries in the context of the iron and steel chain. In addition, the analysis revealed that Brazil exports almost exclusively crude iron ore. Australia, for example, was able to add more value than Brazil. This reveals, therefore, that the analysis of the structural dynamics modelled by hyper-graphs can generate relevant semantic information about the context, actors and interests involved and can serve as a map to guide decisions and policies aimed at a better insertion and performance of a country in a global value chain.

Keywords: Global Value Chain. Iron and Steel. Dynamic Structural. Input-Output Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Matrizes de insumo-produto	21
Figura 2 – Unidade acumuladora de custos levando em consideração os fatores de produção capital(K), trabalho(L), materias-primas (M) e energia (E).	24
Figura 3 – O modelo da RAND (Leontief com balanço de massa e energia)	28
Figura 4 – Participação dos principais países no consumo de energia para a indústria (em KTOE)	31
Figura 5 – Gráfico com o custo médio da energia por países	32
Figura 6 – A UAC.	34
Figura 7 – A UAC pode ser utilizada para evidenciar o valor adicionado por cada atividade econômica classificada pelo ISIC.	35
Figura 8 – Diagrama da economia do ponto de vista da oferta, demanda e investimentos agregados	35
Figura 9 – Os três principais eixos que determinam os diferentes tipos de pesquisa	36
Figura 10 – Os quatro paradigmas de pesquisa segundo Burrell e Morgan (1979)	37
Figura 11 – Fluxogramas que representam o processo de coleta e seleção das referências bibliográficas. O primeiro processo (1a...1c) representa a busca nas bases científicas pelas palavras chave.	39
Figura 12 – Um exemplo de grafo onde os nós são pessoas e as arestas são ligações entre essas pessoas.	40
Figura 13 – A transformação de bits (pedaços de informação) em dados e depois em conhecimento.	40
Figura 14 – Valores de intermediação da centralidade do grafo usado como exemplo.	41
Figura 15 – Vetor de valores singulares da centralidade (<i>eigenvector</i>) do grafo usado como exemplo.	41
Figura 16 – Exemplo de triplas formando uma rede (grafos complexos) que permite a extração de conhecimento.	42
Figura 17 – Grafo do sistema de fluxos e estoques envolvidos na medição do produto pela ótica da produção	44
Figura 18 – O coeficiente de concentração de Gini.	49
Figura 19 – O processo do aço da Arcelor Mittal - Tubarão/RS	51
Figura 20 – Produção mundial de minério de ferro entre 1996 e 2016 (em 1000t)	53
Figura 21 – Participação na produção mundial de minério de ferro entre 1996 e 2016	53
Figura 22 – Exportação mundial de minério de ferro entre 1996 e 2016 (1000t)	54
Figura 23 – Participação na exportação mundial de minério de ferro entre 1996 e 2016	54
Figura 24 – Importação mundial de minério de ferro entre 1996 e 2016 (1000t)	55
Figura 25 – Participação na importação mundial de minério de ferro entre 1996 e 2016	55
Figura 26 – Participação dos países, blocos e regiões na produção mundial de aço bruto entre 1996 e 2016	56
Figura 27 – Gráfico da produção mundial de aço bruto por países, blocos e regiões entre 1996 e 2016	56
Figura 28 – Gráfico da produção mundial de aço bruto por países entre 1996 e 2016 (em 100t)	57
Figura 29 – Participação dos países na produção mundial de aço bruto entre 1996 e 2016	57
Figura 30 – Gráfico do consumo aparente de aço bruto por países entre 1996 e 2016 (em 1000t)	58
Figura 31 – Participação dos países no consumo de aço bruto entre 1996 e 2016	58

Figura 32 – Gráfico da exportação de produtos (semi-)acabados de aço por países entre 1996 e 2016 (em 1000t)	59
Figura 33 – Gráfico da participação na exportação de produtos (semi-)acabados de aço entre 1996 e 2016	59
Figura 34 – Resumo da cadeia de produção do ferro e aço	60
Figura 35 – Gráfico de produtividade energética da produção de aço bruto (em TJ/Mt) em relação à média mundial	61
Figura 36 – Gráfico do fluxo internacional de comércio de <i>commodities</i> de minério de ferro	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Legenda das contas utilizadas no modelo RAND	28
Tabela 2 – Matriz insumo-produto setorial	29
Tabela 3 – Produção de minério de ferro entre 1997 e 2016 (1000t)	52
Tabela 4 – Tabela de consumo de energia (em TJ) por quantidade física de aço bruto produzida (em Mt)	62
Tabela 5 – Lista de commodities HS 72XX	72
Tabela 6 – Lista de países/regiões da ISO	73
Tabela 7 – Tabela de classificação hierárquica de atividades econômicas ISIC v. 4	78
Tabela 8 – Produção de minério de ferro entre 1997 e 2007	82
Tabela 9 – Produção de minério de ferro entre 2008 e 2016	83
Tabela 10 – Importação mundial de minério de ferro entre 1997 e 2007 (em 1000 t) . . .	85
Tabela 11 – Importação mundial de minério de ferro entre 2007 e 2016 (em 1000 t) . . .	88
Tabela 12 – Importação mundial de minério de ferro entre 1997 e 2007 (em 1000 t) . . .	92
Tabela 13 – Importação mundial de minério de ferro entre 2007 e 2016 (em 1000 t) . . .	95
Tabela 14 – Produção mundial de pelotas de aço entre 1997 e 2007 (em 1000 t)	99
Tabela 15 – Produção mundial de pelotas de aço entre 2008 e 2016 (em 1000 t)	101
Tabela 16 – Produção mundial de aço bruto entre 1997 e 2006 (em 1000t)	104
Tabela 17 – Produção mundial de aço bruto entre 2007 e 2016 (em 1000t)	105
Tabela 18 – Consumo aparente de aço (equivalente em aço bruto) entre 1996 e 2006 (em 1000t)	107
Tabela 19 – Consumo aparente de aço (equivalente em aço bruto) entre 2007 e 2016 (em 1000t)	109
Tabela 20 – Produção mundial de aço bruto (em Mt) por país / grupo / região de 1996 a 2016	112
Tabela 21 – Conteúdo da tabela WBIG_tab_flow	113
Tabela 22 – Conteúdo da tabela WBIG_tab_prod	115
Tabela 23 – BTDIXE - Tabela de atividades industriais (ISIC)	123
Tabela 24 – BTDIXE - Tabela de tipos de fluxo	125
Tabela 25 – BTDIXE - Tabela de tipos de variáveis	125
Tabela 26 – BTDIXE - Tabela de categorias de uso	126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CES	Custeio-em-sequência.
CNI	Confederação nacional da indústria.
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro.
IEA	<i>International Energy Agency.</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
ISO	<i>International Standards organization.</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico.
ONU	Organização das Nações Unidas.
PIB	Produto Interno Bruto.
UAC	Unidade Acumuladora de Custos.
UNIDO	<i>United Nations Industrial Development Organization.</i>
USD	<i>United States dollar.</i>
WorldSteel	<i>World Steel Association.</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

J	Medida de energia do sistema internacional de unidades. $J = W \cdot s$.
KTOE	Mil toneladas de petróleo equivalente (energia)..
TJ	Terajoule = $10^{10}J$. Medida padrão de energia..
η	Eficiência η , é a razão entre o valor do somatório das saídas e o somatório das entradas ($\eta = \frac{\Sigma_{saídas}}{\Sigma_{entradas}}$).
kWh	kilowatt-hora = $1000W \cdot h$. Energia de uma potência de 1kW em 1h..

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Introdução	17
1.2	Problema de pesquisa	17
1.3	Justificativa	18
1.4	Objetivos	19
1.4.1	Objetivo geral	19
1.4.2	Objetivos específicos	19
2	REFERENCIAIS TEÓRICOS	20
2.1	Input-output analysis (análise insumo-produto)	20
2.1.1	A modelagem macroeconômica através do método de Leontief para mensuração do PIB	20
2.1.2	A medição do PIB em suas diversas formas	22
2.1.3	Literatura sobre a análise estrutural de entrada e saída	27
2.1.4	Aplicação didática da análise de entrada-saída para análise estrutural de um subconjunto de setores da economia	27
2.1.5	Produtividade e competitividade dos fatores de produção e geração de valor	29
2.1.5.1	Energia	30
2.1.5.2	Matérias-primas - insumos	33
2.1.5.3	Trabalho	33
2.1.5.4	Impostos	33
2.1.5.5	Capital, investimentos e poupança	33
2.2	O custeio-em-sequência na modelagem de insumo-produto	34
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	36
3.1	Método	36
3.1.1	Vertentes da pesquisa	36
3.1.2	Natureza da pesquisa	37
3.1.3	Técnicas de pesquisa	38
3.1.3.1	A técnica da revisão sistemática da literatura	38
3.1.3.2	Análise de hipergrafos (redes) (<i>network statistical analysis</i>) da cadeia global de produção/consumo do ferro e aço e seus derivados	39
3.1.3.3	As técnicas de análise multivariada: modelagem, calibração do modelo, simulações, otimização da calibração do modelo	41
3.2	Software e hardware utilizados para o processamento dos dados	42
3.3	Modelagem gráfica da formação do produto pela ótica da produção	43
3.4	Formulação dos pressupostos da pesquisa	43
3.4.1	Desenvolvimento das proposições	43
3.5	Dados	45
3.5.1	Obtenção dos dados	46
3.5.1.1	A base de dados COMTRADE	46
3.5.1.2	A base de dados STAN da OCDE	46
3.5.1.3	A base de dados BTDIXE da OCDE	46
3.5.1.4	A base de dados WBIG do IEA	47
3.5.1.5	A base de dados INDSTAT	47
3.5.1.6	A base de dados da WorldSteel	47

3.5.2	Tratamento dos dados	47
3.5.2.1	Classificação e seleção dos dados	48
3.5.2.2	Reconciliação dos dados	49
3.5.2.3	Cálculo das variáveis derivadas	49
3.5.2.4	Padronização das variáveis	49
3.5.2.5	Estatísticas descritivas das variáveis	49
3.5.2.6	Escolha da estratégia para visualização	50
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1	A indústria do ferro / aço	51
4.1.1	O processo de produção do aço	51
4.1.2	Análise dinâmica da produção de minério de ferro	52
4.1.3	A exportação de minério de ferro	54
4.1.4	A importação de minério de ferro	55
4.1.5	A produção de aço bruto	56
4.1.5.1	Análise da dinâmica da produção de aço bruto por regiões, continentes, blocos, etc .	56
4.1.5.2	Análise da dinâmica da produção de aço bruto por países	57
4.1.6	A dinâmica do consumo do aço bruto	58
4.1.7	A dinâmica da exportação de produtos (semi-)acabados aço bruto	59
4.1.8	A cadeia mundial do ferro e do aço como um jogo	60
4.1.9	A produtividade energética da produção de aço	61
4.1.10	Análise da rede internacional de comércio <i>commodities</i> de ferro / aço	63
5	CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA	65
5.1	Principais descobertas do estudo de caso da cadeia do ferro e do aço . .	65
5.2	Limitações da pesquisa	66
5.3	Considerações finais	66
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE A – TABELAS	72
A.1	Tabelas da base de dados consolidada	72
A.1.1	<i>Commodities</i> da cadeia de ferro / aço (HS 72XX)	72
A.1.2	Tabela de países usados na análise da rede de comércio do ferro / aço	73
A.1.3	Tabela de atividades econômicas ISIC v4	78
A.2	Tabelas analíticas da produção de ferro e aço	81
A.2.1	Produção mundial de minério de ferro	81
A.2.2	Importação mundial de minério de ferro	84
A.2.3	Exportação mundial de minério de ferro	91
A.2.4	Produção mundial de aço em pelotas	98
A.2.5	Produção mundial de aço bruto	103
A.2.6	Consumo aparente de aço (em aço bruto equivalente)	106
A.2.7	Produção mundial de aço bruto por regiões e China	111
A.3	Tabelas da base de dados WBIG / IEA	113
A.3.1	Tabela de variáveis de fluxo	113
A.3.2	Tabela de produtos	115

	APÊNDICE B – PROCESSAMENTO E CONSOLIDAÇÃO DAS BA-	
	SES DE DADOS	118
B.1	Base de dados WorldSteel	118
B.2	Base de dados IEA WBIG	118
B.2.1	Scripts	118
B.2.1.1	Importação do arquivo bruto em R	118
B.2.1.2	Tabelas auxiliares - normalização	119
B.2.1.3	Filtragem e exportação	120
B.2.1.4	Pivoteamento	121
B.2.1.5	Exportação para o servidor sql	121
B.2.2	Tabelas auxiliares obtidas	122
B.3	Base de dados BTDIXE	122
B.3.1	Scripts	122
B.3.1.1	Importação do arquivo bruto em R	122
B.3.2	Tabelas auxiliares obtidas	123
B.4	Base de dados COMTRADE	125
B.4.1	Scripts	126
B.4.2	Tabelas auxiliares obtidas	126
B.5	Base de dados INDSTAT	126
B.5.1	Scripts	126
B.5.2	Tabelas auxiliares obtidas	126
	Índice	127

1 INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

Esse trabalho visa modelar e analisar a cadeia global de geração de valor do ferro e do aço, tanto na sua estrutura como a sua dinâmica. O tema da pesquisa é, portanto, a análise dinâmica dessa cadeia de geração de valor, o que deve permitir obter informações relevantes para a elaboração de uma política industrial que gere mais valor para um país em particular. A hipótese de trabalho é a de que possível extrair elementos relevantes (semânticos) dessa análise da dinâmica estrutural. A modelagem dessa cadeia e a análise da sua dinâmica estrutural no espaço e no tempo, podem ajudar a entender os elementos importantes para melhorar a inserção e desempenho da economia brasileira nessa cadeia de geração de valor. Apesar do Brasil possuir importantes reservas minerais, países que importam as matérias primas do Brasil e as processam geram mais valor do que o Brasil. Como exemplo, a China, país grande importador de ferro do Brasil, exporta mais valor em produtos derivados do processamento dessa matéria prima do que o Brasil. Como resultado, deve ser possível, a partir das informações extraídas, identificar os gargalos que impedem o Brasil de processar e agregar valor aos produtos que exporta, ao invés de vender *commodities* de baixo valor agregado.

O que faz os produtos produzidos ao lado das enormes reservas de minério de ferro, apenas como exemplo, serem menos competitivos que aqueles processados do outro lado do mundo, na China ou mesmo no Japão, como é o caso da Usiminas?

Reformulando, como um país pode exportar minério de ferro bruto e importar chapas processadas a milhares de quilômetros de distância, por serem mais competitivas que as fabricadas ao lado da mina?

Esse trabalho foi desenvolvido em três partes. Na primeira parte busca-se identificar os tópicos da literatura científica que podem ajudar a responder à questão, que tem que ver com o custo, produtividade dos fatores de produção e o nível de investimentos. Na segunda parte alguns dados preliminares são exibidos de forma a permitir a formulação das hipóteses da pesquisa e do método a ser usado para chegar-se à resposta. Por fim, são feitas algumas considerações sobre os resultados obtidos e sobre as hipóteses desenvolvidas.

1.2 Problema de pesquisa

Modelar e analisar a cadeia mundial de geração de valor do ferro / aço, de forma a determinar, a partir dos dados históricos, a dinâmica do aumento ou diminuição do valor gerado ao longo dessa cadeia de produção, no espaço (diversos países) e no tempo, de forma a responder à seguinte pergunta: **que fatores influenciaram os resultados especialmente sobre o desempenho no valor gerado pela cadeia do ferro / aço?**

1.3 Justificativa

Do ponto de vista estritamente científico, que é o que interessa a essa tese, a questão se resume em identificar os mecanismos que levam alguns países a serem grandes exportadores de produtos com baixo valor agregado enquanto outros geram muito mais valor comprando esses insumos, processando-os e depois exportando produtos mais elaborados.

Neste trabalho, será feita a modelagem da cadeia de geração de valor do ferro e aço. Partindo desse modelo, busca-se determinar os fatores determinantes para que o valor gerado na cadeia de siderurgia do ferro e aço aumente ou reduza, determinando o peso de cada um desses fatores.

Trata-se, portanto, de determinar o grau de influência dos fatores de produção, no caso a energia, o capital, o trabalho e as outras matérias primas não energéticas, sobre a dinâmica da cadeia global de ferro e aço.

Essa tese se justifica, portanto, porque determinar adequadamente uma modelagem de uma cadeia de produção, que é tão básica para o crescimento do PIB porque está à montante da cadeia de geração de valor de cada país, fornecendo insumo para as outras indústrias, essa modelagem permite planejar melhor, tomar melhores decisões. E isso é particularmente importante num momento de transição para uma economia menos baseada nos combustíveis fósseis, não se poderá continuar emitindo gases de efeito estufa e outros poluentes sem pagar um preço alto por isso.

Não se pode desprezar o forte crescimento da China na cadeia mundial de geração de valor. A análise dessa cadeia, que é básica para a formação do PIB de cada país, permite perceber que o crescimento da China tomou mercado de praticamente todos os países do mundo. Em 20 anos, de 1996 até 2016, a China passou de 10% para 50% de toda a produção de aço do mundo. Ao mesmo tempo, a China acumulou mais de US\$ 3 trilhões em títulos do tesouro americanos (T- bonds).

A guerra comercial entre os EUA e a China na disputa pelo espaço de superpotência mundial levou à imposição de cotas para importação de aço pelos EUA e a uma guerra comercial com a China, a quem os EUA acusam de terem "passado os EUA para trás". Olhando-se os dados, ao menos no que diz respeito ao crescimento do PIB da China, da sua indústria, e, em particular, a dinâmica da cadeia de geração de valor do ferro e do aço, o que se vê é que a China teve um desempenho realmente extraordinário.

É útil perceber os EUA foram um dos países que mais sofreram com a migração dos investimentos nessa cadeia de geração de valor, o chamado "cinturão enferrujado", em alusão à região que sediava a produção de máquinas e equipamentos pesados, siderurgia, automóveis, etc.

Nesse contexto, se sabe que o Brasil tem passado por um período de "desindustrialização", com o aumento das importações até mesmo de cafés e outros derivados imediatos dos produtos agropecuários que exportamos para o mundo. Se de um lado a nossa economia tem sido sustentada pela exportação de commodities, tais como os produtos agropecuários e minerais, do outro sabe-

se que os empregos de qualidade, que oferecem bons salários e benefícios, continuam sendo os do setor industrial. Mas, como se trata de um trabalho científico, cumpre definir exatamente o que significa o termo "desindustrialização", qual seu conceito matemático exato, de forma que se possa torná-lo operacional.

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), publicou recentemente uma coletânea de artigos em dois volumes (Negri e Cavalcante (2014), Negri e Cavalcante (2014), Ellery Jr. (2014)) sobre a questão da competitividade do Brasil. O Brasil, reconhecem os pesquisadores desse renomado Instituto, vem perdendo competitividade industrial nos últimos anos, e, conforme mostra a história econômica, é a indústria o setor capaz de agregar mais valor, gerar empregos mais bem remunerados e com maiores benefícios, e enfim, gerar valor e riqueza. Em Negri e Cavalcante (2014), os autores mostram de forma bem elaborada a importância de políticas que tenham como o objetivo o aumento da competitividade industrial brasileira.

Poucos tem falado do pequeno vigor da nossa economia, quando comparada à de alguns nossos vizinhos tais como Chile e Colômbia, ou até mesmo a outros países comumente chamados de "emergentes", tais como China, Índia, dentre outros, e, principalmente, das razões desta baixa competitividade da nossa economia, e, em especial, a da nossa indústria.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa é o de modelar a cadeia mundial de geração de valor do ferro e do aço, identificando, a partir da análise da dinâmica estrutural, os fatores que levaram determinados países a terem maior impacto no seu desenvolvimento econômico.

1.4.2 Objetivos específicos

Esta pesquisa tem como objetivos específicos:

- Identificar, através da revisão sistemática da literatura os diversos determinantes da formação do PIB e os diversos elementos de fluxo e estoque que interferem na sua variação ao longo do tempo.
- Modelar as atividades econômicas, que geram valor para os atores (países), de uma forma tal que seja possível consolidar o grande volume de dados (*big data*) provenientes de diferentes origens e em diferentes formatos e unidades, gerando uma base de dados única e consistente.
- Utilizando das ferramentas de ciência de dados (*data science*), analisar os dados e produzir visualizações capazes de extrair informações relevantes sobre o desempenho dos diferentes países na cadeia de valor em análise ao longo do tempo.

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1 Input-output analysis (análise insumo-produto)

2.1.1 A modelagem macroeconômica através do método de Leontief para mensuração do PIB

A análise de entrada e saída (ou insumo-produto) foi elaborada pelo laureado com prêmio de economia em homenagem a Alfred Nobel, o russo naturalizado norte-americano Wassily Leontief (1905 - 1999). Em Leontief (1986), o próprio autor reuniu e republicou uma coletânea com seus artigos que tratam do seu modelo de medição do produto agregado. Posteriormente, esse método foi adotado como modelo para as contas nacionais, servindo para fazer uma análise estrutural das economias dos países (e.g. Miller e Blair (2009), Kim (1973), Co-operation e Development (2015), Zamora (2015), Christ (1955), Bess e Ambargis (2023), Bullard, Penner e Pilati (1978), ten Raa e Mohnen (1994), Bhagavana e Din (1980)).

Depois dos artigos seminais de Leontief e da adoção de sua técnica de mensuração do produto agregado (Produto Interno Bruto (PIB)) e valor gerado por cada setor da economia, muitos foram os avanços incorporados, a exemplo da conservação de massas utilizada por Hare (1981) para, em conjunto com os valores em unidades monetárias, fazer o balanço de massas e calculando uma série de variáveis e indicadores úteis para sua análise.

Um outro bom exemplo da modelagem econômica utilizando a técnica da análise estrutural de entrada/saída (ou insumo/produto) está em Hudson e Jorgenson (1975). Formalmente, o modelo de análise proposto por Leontief é dado por um sistema de n equações com n incógnitas. Ele pode ser utilizado para mapear a geração de valor um determinado setor da economia, uma determinada região geograficamente definida ou até mesmo as relações comerciais do comércio internacional.

Em termos matemáticos, o método de Leontief consiste num conjunto de matrizes que são manipuladas utilizando-se da álgebra linear. Usando letras minúsculas para vetores-coluna e maiúsculas para matrizes, temos uma forma compacta para esse conjunto de equações. Sejam

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, Z = \begin{bmatrix} z_{11} & \dots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \dots & z_{nn} \end{bmatrix}, f = \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Tem então a equação 2.2, onde x representa a produção agregada de n produtos, a matriz Z representa a quantidade de insumos comprados para a produção de um dos produtos do vetor x e f representa a demanda final de cada produto.

$$x = Zi + f \quad (2.2)$$

Leontief já vislumbrava a possibilidade de fazer uma análise econômica mundial, embora a adoção da sua técnica de apuração das contas nacionais tenha demorado mais em alguns países

que em outros. Além do que, há países onde não se pode confiar nos números apurados, seja por problemas metodológicos ou de qualquer outra natureza. No seu artigo, Leontief (1974), ele esboça esse modelo análise em nível mundial, cujos dados só recentemente começaram a ficar disponíveis, ainda que com inúmeras dificuldades que serão discutidas na parte de metodologia desse trabalho.

Esse modelo básico pode ser estendido de inúmeras formas, como mostra o livro Miller e Blair (2009). Hare (1981), por exemplo, agrega um balanço de materiais a essa equação. A correlação entre essa equação com as contas nacionais é deduzida em Miller e Blair (2009, p. 13-15). Um exemplo mais amplo, que leva em consideração o comércio internacional e as contas nacionais é mostrado na figura 1.

Figura 1 – Matrizes de insumo-produto

Fonte: (CO-OPERATION; DEVELOPMENT, 2015, p.4).

Raa (2005) traz uma abordagem moderna à técnica, tratando do modelo dinâmico, do modelo estocástico, da questão da eficiência, dentre outras extensões. Ele aborda as questões mais importantes sobre o método de Leontief, seu desenvolvimento e como suas deficiências foram sanadas ou mitigadas. Em suas próprias palavras:

The theory of input-output analysis is a major leap forward from the work of those who led up to Leontief's analysis (1966, particularly chapter 7). The advance here was formulation of the structure of the interdependencies of an economy in a way that was less abstract and far more operational than anything that had appeared before. Models are quantified with the aid of empirical data for an economy, enabling their use as a guide for concrete policy decisions as well as for pure understanding. In dealing with a substantial set of such simultaneous economic interrelationships, nothing like that had ever been done before. While some of the areas of application of the quantified input-output models are obvious – as, for example, their use as a guide to central planning – the applications go far beyond that, sometimes in totally unexpected directions. Thus, Leontief's (1970) application to environmental issues was, surely, far from obvious, though once it had been carried out, it does seem an evident and natural way to go about the analysis of its subject. Perhaps an even more striking and unexpected application was that to international trade. Leontief (1953) showed that US imports are more capital-intensive than its exports. [...] (RAA, 2005, p.11)

A teoria da análise input-output é um grande avanço a partir do trabalho daqueles que levaram adiante a análise de Leontief (1966, particularmente capítulo 7). O avanço aqui foi a formulação da estrutura das interdependências de uma economia de forma menos abstrata e muito mais operacional do que qualquer coisa que tinha aparecido antes. Os modelos são quantificados com a ajuda de dados empíricos para uma economia, permitindo seu uso como guia para decisões políticas concretas, bem como para a compreensão pura. Ao lidar com um conjunto substancial de tais inter-relações econômicas simultâneas, nada como isso já havia sido feito antes. Embora algumas das áreas de aplicação dos modelos de entrada-saída quantificados sejam óbvias - como, por exemplo, seu uso como guia para o planejamento central - as aplicações vão muito além que, por vezes, em direções totalmente inesperadas. Assim, a aplicação de Leontief (1970) para as questões ambientais eram, certamente, longe de ser óbvias, embora uma vez que tivesse sido realizada, parece uma maneira evidente e natural de analisar o assunto. Possivelmente uma aplicação ainda mais impressionante e inesperada foi a do comércio internacional. (RAA, 2005, p.11) (tradução nossa).

2.1.2 A medição do PIB em suas diversas formas

O modelo numérico da hipótese de pesquisa é baseado na ideia de que o PIB de um país (c) qualquer pode ser calculado como o somatório da oferta ou da demanda durante um ano $t=y$.

Assim, temos a equação 2.3, que é o PIB calculado sob a ótica do consumo. O PIB de um país ("cou") XXX qualquer $PIB_{cou=XXX}^{t=y}$, durante o ano $t = y(ear)$ qualquer, é igual à soma do consumo privado (C_p) com o consumo do governo (C_g) somado aos investimentos privados (I_p), somado ao resultado da balança com o exterior, também chamada renda líquida do exterior (RLE), exportações(X) - importações(I) = $(X - I)$, que é o resultado da balança comercial, somado ao resultado da balança de turismo, que é a renda vinda do exterior(R_e), gastos dos não-residentes menos a renda gasta por brasileiros no exterior (C_e). Ou seja, o resultado com o exterior é dado por $RLE = (X - M) + (R_e - C_e)$. Os investimentos privados (I_p) são a soma da formação bruta de capital fixo (GFCF) com a variação de estoques INVNT. Ou seja, $I_p = (GFCF + INVNT)$. Substituindo essas identidades na eq. 2.3, temos a eq. 2.4.

$$\text{PIB}_{\text{cou=XXX}}^{t=y} = C_p + C_g + I_p + RLE \quad (2.3)$$

$$\text{PIB}_{\text{cou=XXX}}^{t=y} = C_p + C_g + (\text{GFCF} + \text{INVNT}) + (\text{X} - \text{M}) + (R_e - C_e) \quad (2.4)$$

Analisando as variações desses diversos fatores que compõem o PIB real, em comparação aos outros países, deve ser possível identificar explicações para outras variações em outras variáveis relevantes, tais como as razões que levam determinados países a serem exportadores de commodities e não de produtos de maior valor agregado.

$$dF = \frac{\partial F_{x_1}}{\partial x_1} \partial x_1 + \cdots + \frac{\partial F_{x_n}}{\partial x_n} \partial x_n \quad (2.5)$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{\partial F_{x_i}}{\partial x_i} \partial x_i \quad (2.6)$$

Da matemática sabe-se que a variação ($\Delta F = F_f - F_i$) de uma função de n variáveis ($x_1 \dots x_n$) F , onde $F(x_1, \dots, x_n)$, pode ser aproximada usando a fórmula do diferencial total, que é mostrada na eq. 2.5. Como as variações Δx_i são muito pequenas (se $\Delta x_1, \dots, \Delta x_n \rightarrow 0 \Rightarrow \Delta F \rightarrow \partial F$), pode-se aproximar e dizer que $\partial x_i \approx \Delta x_i$. Assim, substituindo na eq. 2.5, tem-se a equação 2.7.

$$dF \approx \frac{\partial F_{x_1}}{\partial x_1} \Delta x_1 + \cdots + \frac{\partial F_{x_n}}{\partial x_n} \Delta x_n \quad (2.7)$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{\partial F_{x_i}}{\partial x_i} \Delta x_i \quad (2.8)$$

$$\approx \Delta F \quad (2.9)$$

No caso do PIB, vamos calcular os pesos de cada de de cada variável, excluindo as possíveis colinearidades que poderiam distorcer os resultados. No caso presente, pretende-se estabelecer o seguinte critério: a soma de todos os pesos atribuídos a cada fator / variável deve sempre ser igual a $1 = 100\%$. Ou seja, as derivadas parciais representam, nesse caso, os coeficientes que dizem quanto cada fator de produção (variável) representa para a geração de valor total.

Mas, até esse momento tem-se apenas os valores financeiros, dados em unidades monetárias. É possível fazer uma segunda transformação de modo a levar em consideração os pares da valores monetários (em u.m.'s) e quantidades físicas (tempo, massa, energia, etc), de modo a transformar a equação diferencial original para gerar outros dois pares de derivadas parciais: uma é derivada parcial da eficiência (η), ou seja, o quanto de saídas em unidades físicas o sistema (setor econômico) consegue gerar para cada unidade física de entrada de cada fator de produção (variável) utilizado no processo de produção (ver figura 7).

Figura 2 – Unidade acumuladora de custos levando em consideração os fatores de produção capital(K), trabalho(L), matérias-primas (M) e energia (E).

Fonte: elaborado pelo autor.

A outra derivada parcial é a do preço (p), ou seja, quanto de unidades físicas de um fator / insumo se obtém por cada unidade monetária empregada nele. Em termos matemáticos, tem-se duas variações: quantidades físicas (Q) e quantidades monetárias (M). A variação da quantidade física de um fator de entrada (Q_i) e a variação do valor pago (C_i) permitem escrever a eq. 2.11, que diz que o valor em u.m. é igual ao preço do insumo multiplicado por seu preço de mercado.

$$p_{\text{entrada}=i} = \frac{C_{\text{entrada}=i}}{Q_{\text{entrada}=i}} \quad (2.10)$$

$$C_{\text{fator}_i} = p_{\text{fator}_i} * Q_{\text{fator}_i} \quad (2.11)$$

$$\eta_{\text{física}} = \frac{Q_{\text{produtos}}}{\sum_{i=1}^{\text{fatores}} Q_{\text{fator}_i}} \quad (2.12)$$

$$\eta_{\text{valor}} = \frac{\sum_{o=1}^{\text{saídas}} C_{\text{saída}=o}}{\sum_{i=1}^{\text{entradas}} C_{\text{entrada}=i}} \quad (2.13)$$

$$= \frac{\sum p_{\text{saída}=o} Q_{\text{saída}=o}}{\sum p_{\text{entrada}=i} Q_{\text{entrada}=i}} \quad (2.14)$$

A vantagem de se fazer essas transformações é que a eficiência física (eq. 2.12) não sofre mudanças de curto prazo, pois dependem da plataforma tecnológica da planta industrial do setor industrial em análise. Assim, se temos altos-fornos que trabalham à base de energia elétrica, outros que trabalham com gás natural e outros que trabalham com carvão ou coque, evidentemente que os custos de produção serão dependentes dessas escolhas, que dependem dos investimentos em capital fixo que foram feitos na construção da planta. A mudança dos insumos utilizados, bem

como a eficiência física, são aproximadamente constantes no curto prazo, sofrendo variações no longo prazo. O preço médio de um fator, no caso de commodities, é fixado pelo mercado internacional, e, portanto, é sabido. Além disso, a comparação dos preços internacionais de cada insumo (i) com o valor médio no país pode ser calculado pela eq. 2.10.

$$\text{PIB}_{pm} = \sum_{i=1}^{\text{setores ind.}} \text{Valor agregado}_i + (T - U) \quad (2.15)$$

Sob a ótica da oferta ou da produção, temos agora que o PIB (a preços de mercado) é calculado segundo a equação 2.15, onde o PIB a preços de mercado (PIB_{pm}) é igual ao somatório do valor agregado gerado por todos os setores de uma economia ($\sum_{i=1}^{\text{setores ind.}} \text{Valor agregado}_i$) corrigidos pelos impostos (T) líquidos de subsídios, isenções ou renúncias fiscais (U). Curiosamente, isso explica o fiasco do neo-keynesianismo, ou "nova matriz macroeconômica", implementada pelos últimos governos do Brasil. Ao contrário do que eles pensam, os subsídios e renúncias fiscais não aumentam o PIB.

Na análise estrutural de uma economia se busca analisar o valor gerado em relação aos custos dos fatores de produção. Essa análise precisa, portanto, levar em consideração as entradas (insumos / fatores de produção) em relação ao valor obtido pelo produto final (saídas). Considerando que essa análise se dará com commodities cujo preço é definido no mercado internacional, é preciso incorporar a essa análise a rede de comércio internacional dessas commodities e as taxas de câmbio, de modo a verificar os impactos desses preços e taxas sobre a geração de valor da cadeia produtiva em análise em cada país.

Assim, transformando o diferencial total mostrado na eq. 2.7 para que a função F seja o PIB de um país (c) qualquer em um ano (y) qualquer, tem-se a equação do diferencial total do PIB na eq. 2.16, onde $f_1, \dots, f_i$ são os diversos insumos, entradas ou fatores de produção, pois esses termos estão sendo usados indistintamente.

$$\Delta \text{PIB} \approx \frac{\partial \text{PIB}_{f_1}}{\partial f_1} \Delta f_1 + \dots + \frac{\partial \text{PIB}_{f_n}}{\partial f_n} \Delta f_n \quad (2.16)$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{\partial \text{PIB}_{f_i}}{\partial f_i} \Delta f_i \quad (2.17)$$

$$\approx \partial \text{PIB} \quad (2.18)$$

Retomando a discussão sobre a necessidade de usar o valor e a quantidade física das entradas e saídas, de modo obter derivadas com variação mais lenta no tempo, tem-se que uma variação do PIB deve ser explicada pela variação em unidades monetárias do preço e pela variação da quantidade física de insumos utilizados na cadeia de produção em análise, além de outros aspectos ou variáveis não-controláveis que serão discutidos posteriormente. No momento, simplificadamente, torna-se importante verificar a adaptação do diferencial total para acomodar estas duas variáveis, o preço e a quantidade física das entradas (insumos / fatores de produção) e

das saídas (produtos finais). Os valores dos custos dos insumos ou entradas (matérias primas (MP_i) trabalho (L_i), capital (K_i) e energia (E_i)), bem como suas variações de um ano para o outro ($\Delta MP_i, \Delta L, \Delta K, \Delta E$), além dos produtos finais do setor industrial (PA_n), dos custos de capital, da variação dos estoques e das variações anuais desses fatores (ΔPA_n), são as variáveis que fazem parte do modelo inicial. Esses produtos são vendidos em três partes: consumidos internamente ou estocados ou exportados, em função de algumas outras variáveis, tal como a **taxa de câmbio**, que serão incluídas no modelo posteriormente.

Os valores e quantidades de insumos (entradas) e produtos (saídas) dão origem aos preços médios aparentes, permitindo que se calcule os preços médios (média aritmética) em cada ano e por cada país, dividindo os valores em unidades monetárias pelas quantidades em suas unidades físicas. A comparação a distribuição do preço médio anual de cada país com a distribuição do preço médio anual de todos os países, pode-se identificar fatores que expliquem um aumento ou redução da exportação de minério de ferro de um país para outro, ou talvez se explique a competitividade crescente ou decrescente de um país em função de um aumento acima da média geral de eficiência do conjunto de países. Essa é a hipótese nula da economia: um crescimento sustentável do PIB no tempo depende de um aumento na produtividade dos fatores (eficiência). Em termos matemáticos, tem-se na eq. 2.19

$$\begin{aligned} \text{PIB}_{c,y,s} = F(\\ & MP_1, \dots, MP_i, \\ & \Delta MP_1, \dots, \Delta MP_i, \\ & L, \Delta L, \\ & K, \Delta K, \\ & E, \Delta E, \\ & PA_1, \dots, PA_n, \\ & \Delta PA_1, \dots, \Delta PA_n \\ &) \end{aligned} \quad (2.19)$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{PIB}_{c,y,f=MP} &\approx \frac{\partial \text{PIB}_{f=MP_1}}{\partial MP_1} \Delta MP_1 + \dots + \frac{\partial \text{PIB}_{c,y,f=MP_i}}{\partial MP_i} \Delta MP_i \\ &= \sum_{i=1}^i \frac{\partial \text{PIB}_{c,y,f=MP_i}}{\partial MP_i} \Delta MP_i \\ &\approx \partial \text{PIB}_{c,y,f=MP} \end{aligned} \quad (2.20)$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{PIB}_{c,y,f=PA} &\approx \frac{\partial \text{PIB}_{c,y,f=PA_1}}{\partial PA_1} \Delta PA_1 + \dots + \frac{\partial \text{PIB}_{c,y,f=PA_i}}{\partial PA_i} \Delta PA_i \\ &= \sum_{i=1}^i \frac{\partial \text{PIB}_{c,y,f=PA_i}}{\partial PA_i} \Delta PA_i \\ &\approx \partial \text{PIB}_{c,y,f=PA} \end{aligned} \quad (2.21)$$

2.1.3 Literatura sobre a análise estrutural de entrada e saída

A literatura sobre a influência da disponibilidade e consequentemente dos preços da energia sobre o PIB é vasta e por vezes contraditória. Por exemplo,

Korsakienė, Tvaronavičienė e Smaliukienė (2014) fazem uma análise sobre o impacto do aumento de preços da energia na Lituânia - mantida a intensidade do seu uso - sobre a sua competitividade industrial no contexto dos países bálticos. Usando uma análise de correlação sobre um período compreendido entre os anos de 2000-2011, o resultado obtido é o de que um aumento nos preços da energia não tem um efeito maléfico no desenvolvimento do setor industrial ou nas exportações. Já Lim e Yoo (2013), analisando o impacto da elevação dos preços da energia sobre os preços dos produtos industriais e na inflação da Coreia do Sul, usando o método da análise de entrada-saída - ou insumo-produto -, chegaram à conclusão que 10% de aumento no preço da energia implica um impacto global sobre a economia coreana de 0,4367%. Pao e Fu (2013) fizeram um estudo de causalidade entre o consumo de energia limpa e suja e o crescimento do Brasil no período compreendido entre 1980-2009. Sumariamente, eles encontraram que existe uma causalidade bidirecional entre o uso dos diversos tipos de energia (limpa ou suja, renovável ou fóssil) e o crescimento do PIB. Encontraram também o efeito substituição entre energia fóssil e energia nuclear. Segundo os autores, a metodologia por eles adotada, além da bidirecionalidade e do efeito substituição, não permite obter resultados claros acerca do relacionamento entre o uso dos diferentes tipos de energia e o crescimento econômico.

2.1.4 Aplicação didática da análise de entrada-saída para análise estrutural de um subconjunto de setores da economia

Em um trabalho para as organizações RAND, Hudson e Jorgenson (1975) propuseram o seguinte modelo macroeconômico (figura 3). A tabela 1 mostra a legenda das contas utilizadas no modelo em foco.

A tabela 2 mostra uma análise setorial de geração de valor feita por Hudson e Jorgenson (1975). Ele utilizou alguns setores (ver tabela 1) para analisar a produtividade dos fatores, isto é, a quantidade de valor gerado por cada unidade de fator utilizada.

Figura 3 – O modelo da RAND (Leontief com balanço de massa e energia)

INTERINDUSTRY TRANSACTIONS: DIAGRAMMATIC REPRESENTATION

Fonte: Hudson e Jorgenson (1975).

Tabela 1 – Legenda das contas utilizadas no modelo RAND

##	SETORES INTERMEDIÁRIOS
1	AGRICULTURA, MINERAÇÃO (- ENERGIA) E CONSTRUÇÃO
2	MANUFATURA (INDÚSTRIA) (- REFINO).
3	TRANSPORTES.
4	COMUNICAÇÕES, COMÉRCIO, SERVIÇOS.
5	MINERAÇÃO DE CARVÃO.
6	PETRÓLEO CRÚ E GÁS NATURAL.
7	REFINO DE PETRÓLEO.
8	UTILIDADES ELÉTRICAS.
9	UTILIDADES DE GÁS.
##	INSUMOS PRIMÁRIOS (LINHAS)
10	IMPORTAÇÕES (I).
11	REMUNERAÇÃO DO CAPITAL (K).
12	REMUNERAÇÃO DO TRABALHO (L).
##	DEMANDA TOTAL (COLUNAS)
10	GASTOS COM CONSUMO PESSOAL.
11	INVESTIMENTO DOMÉSTICO PRIVADO BRUTO.
12	GASTOS DO GOVERNO
13	EXPORTAÇÕES

Fonte: adaptado a partir de Hudson e Jorgenson (1975).

Tabela 2 – Matriz insumo-produto setorial

		Destino:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	#	10	11	12	13	14	
		Origem:	Consumo de bens intermediários									Demanda final				PIB		
Oferta de insumos	1	Agricultura, mineração e construção																
	2	Manufatura																
	3	Transportes																
	4	Comunicações, comércio e serviços																
	5	Carvão																
	6	Petróleo e gás																
	7	Refino de petróleo																
	8	Utilidades elétricas																
	9	Utilidades de gás																
#																		
Insumos primários	10	Importações (I)																
	11	Custo de capital (K)																
	12	Remuneração do trabalho (L)																
	13	Fatores de produção (entradas / insumos totais)																

Fonte: adaptado pelo autor a partir de (HUDSON; JORGENSEN, 1975)

A demanda agregada pelos produtos inclui a demanda de insumos de cada um dos nove setores incluídos no modelo (tabela 1). O resto da disponibilidade interna é alocado entre quatro categorias de demanda final: gastos pessoais de consumo, investimento privado doméstico bruto, gastos do governo e exportações.

2.1.5 Produtividade e competitividade dos fatores de produção e geração de valor

A medição dos custos e da produtividade dos fatores de produção é considerada fundamental para definir o nível de competitividade de um país no comércio internacional, especialmente

no comércio de *commodities*, que, por sua natureza, excluem outros fatores tais como marca, especificações técnicas específicas, etc.

Embora crucial, a sua medição não é simples, e normalmente são utilizados artifícios tais como variáveis *proxy* para a sua estimação, como fica evidenciado em Messa (2014), Ellery Jr. (2014).

Os fatores de produção considerados nesse trabalho são capital (K), trabalho (L), matérias primas (M) e energia (E). A produtividade dos fatores é definida como a quantidade de produto gerada por cada fator, ambos em termos de valor monetário.

2.1.5.1 Energia

A energia é seguramente um dos principais insumos utilizados nos diferentes setores da economia. Seu preço é determinante nos custos industriais, como se demonstrará ao longo deste trabalho, afetando diretamente a competitividade da indústria de qualquer economia do mundo, como de resto atestam diversos exemplos colhidos ao longo da história econômica mundial.

Muito cedo se percebeu a importância que têm a energia dentre outros fatores por ela ser a base de funcionamento das máquinas, que permitiram a revolução industrial pioneira no Reino Unido e que continua a se renovar até os nossos dias. As antigas máquinas a vapor transformavam a energia do carvão em movimento. Este movimento era transmitido por correias e engrenagens de forma a ser aproveitado como trabalho útil, como acionar teares mecânicos ou mover hélices de barcos. A mecanização da antiga manufatura permitiu um incremento imenso na produtividade da mão-de-obra humana, que passou a trabalhar de forma menos penosa que no início da revolução industrial. A larga escala de produção permitiu um barateamento dos produtos e uma renda extra vinda do exterior para o Reino Unido por via das exportações industriais.

Do ponto de vista da literatura científica pesquisada, ela é vasta e contraditória, conforme os artigos de revisão de Payne (2010) e Ozturk (2010). Eles consideraram a possível ligação de causalidade entre crescimento do PIB e o consumo de energia. Enquanto Payne (2010) fez uma meta-análise entre os diferentes estudos, obtendo como resultado que a maioria deles apontavam para uma neutralidade ou não causalidade entre essas duas variáveis, Ozturk (2010) parte da hipótese de que há uma relação de causalidade entre as mesmas, sendo que o aumento de energia seria causa do crescimento do PIB. Porém, eles alertam para a necessidade de que se inclua na metodologia dados sobre outros fatores e que se façam testes de colinearidade e outros de forma a evitar possíveis falhas nos testes econométricos.

A literatura científica é simultaneamente vasta e contraditória, como se vê em Wolde-Rufael e Menyah (2010), Han, Yoo e Kwak (2004), Korsakienė, Tvaronavičienė e Smaliukienė (2014), Lim e Yoo (2013), Ozturk (2010), Yang (2000), Greening, Greene e Diglio (2000), Pao e Fu (2013), Santos et al. (2013), Afgan et al. (1998), Smulders e Nooij (2003), Boyd e Pang (2000), Apergis e Payne (2010), Hu e Wang (2006), Chen, Kuo e Chen (2007), Hsiao, Wang e Hsiao (1985), Jorgenson (1984), Payne (2010), Hong e Su (2010), Cleveland, Kaufmann e

Stern (2000). Ou mesmo Meyar-Naimi e Vaez-Zadeh (2012), Bullard, Penner e Pilati (1978), FIRJAN (2011), Shiu e Lam (2004), Sari e Soytas (2007), Lee (2006), Hudson e Jorgenson (1975), Bhagavana e Din (1980), Stern (2000), EWI (2010), Berk et al. (2006), CNI (2011), Matthes (2012). Sabe-se porém que é preciso ter como gerar a energia suficiente para mover a indústria, a preços competitivos:

Electricity prices (excluding VAT) for small and medium-sized enterprises, published by Eurostat, represent one of the most significant costs of inputs and therefore directly affect industry competitiveness. Fonte: European Commission(2013)

Ou seja, "o preço da eletricidade [...] para pequenos e médias empresas [...] representa um dos custos de insumos mais significativos e portanto afetam diretamente a competitividade"(tradução nossa).

O gráfico 4 mostra a participação (em KTOE) dos países no consumo industrial de energia. Como se vê, o crescimento da participação da China é compatível com o crescimento da sua indústria.

Figura 4 – Participação dos principais países no consumo de energia para a indústria (em KTOE)

A participação da China no consumo mundial de energia (em KTOE) destinado à indústria cresceu na medida do crescimento da sua produção industrial e do seu PIB. É necessário averiguar se houve aumento na eficiência do uso de energia, ou seja, se a atualização da plataforma de produção industrial foi capaz de reduzir a quantidade de energia necessária por quantidade produzida.

Fonte: elaborado pelo autor a partir da compilação de dados da IEA (2016).

A Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) fez um amplo estudo sobre o custo da energia elétrica para a indústria brasileira, chegando à conclusão que o custo da energia no Brasil é muito superior à média dos nossos principais parceiros comerciais (figura 5).

Já em 2011, a Confederação nacional da indústria (CNI) fez um relatório onde afirma textualmente que os preços da energia estavam subindo acima da inflação, e alertou para a necessidade de que a entrada em operação das novas usinas hidroelétricas entrassem em operação no cronograma planejado, o que, hoje sabemos, não ocorreu:

Entretanto, apesar da elevada base hidráulica e uma posição favorável na era do baixo carbono, a energia deixou de ser uma vantagem competitiva do setor

Figura 5 – Gráfico com o custo médio da energia por países

Fonte: FIRJAN (2011).

produtivo brasileiro, tornando-se um sério problema para a indústria nacional. O custo da energia elétrica tem crescido sistematicamente acima da inflação. Hoje, nossa tarifa de eletricidade é superior a praticada em vários países.

Embora o atendimento à demanda energética nos próximos anos esteja em níveis confortáveis, o País deve manter-se alerta para assegurar a entrada em operação das linhas de transmissão e das usinas nas datas previstas nos cronogramas de instalação. Os projetos de geração hidrelétrica vêm enfrentando entraves socioambientais nos processos de licenciamento, especialmente quando associados a reservatórios para armazenamento de água.

Fonte: (CNI, 2011).

Marconi, Rocha e Magacho (2016) fizeram uma análise input-output e calcularam os índices de multiplicação do produto de cada setor tanto nos setores à montante como dos setores mais à jusante na cadeia de produção.

Segundo von Farfan (2005):

Apesar dos investimentos em autoprodução, os eletrointensivos ainda são dependentes da energia fornecida por grandes geradoras. A indústria do alumínio, por exemplo, tem apenas 12,7% da sua produção escorada em unidades próprias de geração de energia. No segmento de fabricantes de estanho, o percentual sobe para 86,9%. Já entre os produtores de zinco e níquel-cobalto a autoprodução alcança níveis de 76,3% e 29,2%, respectivamente. (VON FARFAN, 2005)

Em seguida, tem-se que:

O termo é usado para designar setores em que a energia elétrica tem grande peso no processo de produção, como acontece no caso do cimento, do papel, do zinco e do níquel. Segundo o Ministério de Minas e Energia, os eletrointensivos somam 408

empresas, que absorvem 28,8% de toda a energia consumida no País. No Brasil, o consumo residencial corresponde a 22,6% do consumo total e o setor industrial representa 46,2%. Só para se ter uma ideia do quanto a eletricidade é importante para a indústria de alumínio, a produção de uma tonelada do metal consome 14 mil kWh, enquanto uma casa de classe média consome 70 vezes menos (cerca de 200 kWh por mês). As indústrias de ferro-gusa e aço, ferro-ligas, metais não-ferrosos, química e celulose também são classificados como eletrointensivos. (VON FARFAN, 2005)

2.1.5.2 Matérias-primas - insumos

Os insumos intermediários, tanto importados quanto produzidos localmente, são custos de produção que devem ser levados em consideração para se saber quanto cada setor que os consomem conseguem gerar de valor (em termos de renda do trabalho, impostos e lucros para os acionistas).

2.1.5.3 Trabalho

A renda do trabalho (L) é um dos componentes finais do valor agregado por um setor da atividade econômica de uma economia.

2.1.5.4 Impostos

Os tributos são outro elemento que compõe a geração de valor de uma setor econômico para uma economia. Isso permite ao governo obter uma renda que, se poupada, através de um orçamento público equilibrado, deve permitir os investimentos do Estado.

2.1.5.5 Capital, investimentos e poupança

Na equação do PIB deve-se levar em conta que existe uma alocação de capital (K), através do investimento na chamada formação bruta de capital fixo, bem como há um consumo de capital fixo devido à depreciação e obsolescência.

Sabe-se que (I)nvestimentos são iguais à poupança (S), ou seja, só se pode investir aquilo que não se consumiu; ou seja, o que se poupou.

Os investimentos novos são fluxos positivos para o estoque de capital fixo (K), enquanto a depreciação e obsolescência geram um consumo de capital fixo que reduz o valor do estoque de capital (K).

Espera-se que países que possuem mais poupança podem investir mais na produção, através da formação bruta de capital fixo. Outra forma é receber investimentos estrangeiros diretos, ou seja, do capital externo.

2.2 O custeio-em-sequência na modelagem de insumo-produto

Para a apuração do mapeamento entre os as entradas e saídas será utilizado um método de custeio chamado Custeio-em-sequência (CES), que por sua vez baseia-se em blocos construtivos chamados de Unidade Acumuladora de Custos (UAC), como mostra a figura 6. Do lado esquerda temos os insumos (energia, mão de obra, matérias primas, etc), do lado esquerdo os (sub)produtos.

Figura 6 – A UAC.

Uma das suas características fundamentais é que a equação de conservação de massas - ou a de energia, em casos especiais - deve ser respeitada. Isto é, dentro de um período Δt , a soma das massas das matérias primas e insumos ($MP_1 \dots MP_m$) deve ser igual à soma das saídas ($SP_1 \dots SP_s$).

Fonte: elaborado pelo autor.

Estes blocos se interligam em cada dimensão e em d dimensões que sejam necessárias, de maneira auto-similar, ou seja, fractal. Utilizando o sistema de custeio-em-sequência, tem-se que o bloco de análise, que se baseia em valor monetário e em balanço de massas, tem-se o bloco construtivo mostrado na figura 7.

ten Raa e Mohnen (1994) fazem uma análise de eficiência e competitividade a partir dessa técnica de análise, tendo em vista as vantagens comparativas. Para cada indústria, os autores derivaram os coeficientes de insumo-produto em duas etapas. Em primeiro lugar, determinaram os coeficientes de insumo-produto para as entradas agregadas: capital (K), trabalho (L), de energia (E) e materiais (M) (vide figura 7). Em segundo lugar, determinaram os coeficientes de insumo-produto para a entrada de cada tipo de entrada de energia por unidade de entrada total de energia e a entrada de cada tipo de entrada não energético por unidade de insumo não energético total.

A figura 8 mostra que a oferta agregada é fruto da produção doméstica mais as exportações, enquanto a demanda agregada envolve o consumo e as exportações. A diferença é a poupança (= investimentos).

Nesse trabalho será utilizado um modelo estrutural, que levará em conta os fatores Trabalho, Energia, Capital e Matérias-primas. Além disso, o método de Leontief da análise insumo-produto permite que sejam calculados diversos índices e variáveis derivadas, de modo que as variações do PIB poderão ser devidamente equacionadas em todos os fatores relevantes.

Figura 7 – A UAC pode ser utilizada para evidenciar o valor adicionado por cada atividade econômica classificada pelo ISIC.

D e I são insumos comprados no mercado doméstico (D) ou importados (I). Existe um estoque de capital fixo (K) que sofre depreciação (D) e / ou é acrescentado pela chamada Formação Bruta de Capital Fixo (F). Os fatores de produção são processados pela atividade econômica (ISIC). Os produtos da atividade econômica podem ser consumidos (C) ou exportados (X). O valor agregado é formado pela remuneração do capital próprio (R), pelos salários pagos (L) e pelos impostos (T).

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 8 – Diagrama da economia do ponto de vista da oferta, demanda e investimentos agregados

Fonte: elaborado pelo autor.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 Método

Uma das formas para se tentar responder à pergunta da pesquisa, que diz respeito à comparação entre os preços e a produtividade dos fatores, que influenciam a variação do PIB. Para que essa comparação seja possível, é importante trabalhar com produtos padronizados, *commodities*. No caso do Brasil, especificamente, há enormes reservas de minérios que são exportados sob a forma processada ou semi-processada. Há uma indústria siderúrgica que, conforme notícias recentes, vem perdendo competitividade e, em muitos casos, estão sendo desativadas por serem eletro-intensivas e devido à escassez e consequente alto custo deste insumo.

3.1.1 Vertentes da pesquisa

Segundo (ABBOTT, 2004), existem três vertentes de pesquisa: sintático, semântico e pragmático (figura 9).

Essa pesquisa tem duas vertentes: numa ela é pragmática, no sentido de que busca extrair dos dados da realidade, tal como ela se apresenta. Em outra, busca extrair desses dados, devidamente modelados, informações relevantes para a compreensão dos mecanismos de geração de valor dentro de uma cadeia global de produção e consumo.

Figura 9 – Os três principais eixos que determinam os diferentes tipos de pesquisa

Fonte: (ABBOTT, 2004, p. 29)

Figura 10 – Os quatro paradigmas de pesquisa segundo Burrell e Morgan (1979)

Table 1
Paradigm Differences Affecting Theory Building

Interpretivist Paradigm	Radical Humanist Paradigm	Radical Structuralist Paradigm	Functionalist Paradigm
Goals To DESCRIBE and EXPLAIN in order to DIAGNOSE and UNDERSTAND	Goals To DESCRIBE and CRITIQUE in order to CHANGE (achieve freedom through revision of consciousness)	Goals To IDENTIFY sources of domination and PERSUADE in order to GUIDE revolutionary practices (achieve freedom through revision of structures)	Goals To SEARCH for regularities and TEST in order to PREDICT and CONTROL
Theoretical Concerns SOCIAL CON- STRUCTION OF REALITY REIFICATION PROCESS INTERPRETATION	Theoretical Concerns SOCIAL CON- STRUCTION OF REALITY DISTORTION INTERESTS SERVED	Theoretical Concerns DOMINATION ALIENATION MACRO FORCES EMANCIPATION	Theoretical Concerns RELATIONSHIPS CAUSATION GENERALIZATION
Theory-Building Approaches DISCOVERY through CODE ANALYSIS	Theory-Building Approaches DISCLOSURE through CRITICAL ANALYSIS	Theory-Building Approaches LIBERATION through STRUCTURAL ANALYSIS	Theory-Building Approaches REFINEMENT through CAUSAL ANALYSIS

Fonte: (BURRELL; MORGAN, 1979).

Portanto, partindo de um contexto descritivo e pragmático, tenta-se verificar a capacidade de modelar uma cadeia global de valor através de hipergrafos, extraindo informações relevantes, o que a coloca, no seu objetivo final, dentro do paradigma sintático e semântico.

3.1.2 Natureza da pesquisa

Esta pesquisa é caracterizada como quantitativa, por utilizar-se de dados numéricos e processar estes dados numéricos através de um modelo computacional. É também uma pesquisa empírica, um quase-experimento pois trata-se de construir um modelo a partir de base de dados históricos.

É descritiva e interpretativa (figura 10), pois busca mostrar a evolução de diversas variáveis, em diferentes anos e países. É também explicativa, na medida em que busca determinar, através da dinâmica estrutural dos diversos países dentro de uma cadeia global de produção e consumo, o peso dos diversos fatores para a geração de valor. Trata-se de verificar se a modelagem da economia, com todos os atores de uma cadeia mundial de produção, pode permitir a determinação dos fatores que levam determinados países a terem melhor desempenho que outros ao longo do tempo.

3.1.3 Técnicas de pesquisa

Serão utilizadas diversas técnicas de análise longitudinal, tais como análise multivariada em painel e análise de redes.

A análise multivariada longitudinal (no tempo e o espaço) visa identificar quais são os fatores mais relevantes para o crescimento econômico, de forma a testar a hipótese de que a disponibilidade de fontes de energia a preços mais baixos aumenta a competitividade e o valor gerado pelas indústrias eletrointensivas. Para tornar viável a comparação, serão analisados os dados de exportação do sistema harmonizado (HS) na cadeia produtiva de commodities de ferro.

A escolha dessa *commodity*, em especial, deve-se ao fato de que o sistema de comércio internacional, registrado pelo sistema harmonizado (HS), possui um código específico para o minério de ferro e seus derivados, de modo que a disponibilidade de dados justifica a escolha. Se tratam de produtos padronizados (*commodities*), cujo preço é definido o mercado competitivo internacional, e que, segundo a regra econômica, deveria ter o mesmo valor em qualquer moeda, levando-se em consideração os fretes e possíveis barreiras comerciais tarifárias. Além disso, trata-se de uma indústria madura, onde diferenças tecnológicas são menos relevantes. Por fim, os seus insumos principais também são *commodities* e energia, o que permite fazer comparações realmente significativas.

3.1.3.1 A técnica da revisão sistemática da literatura

A revisão sistemática de literatura é uma técnica bastante utilizada em ciências da saúde, e que tem sido utilizada nas outras ciências e que permite garantir um rigor metodológico na seleção dos artigos a serem revisados, buscando aumentar a probabilidade de que os artigos relevantes para o problema de pesquisa sejam selecionados e revisados, evitando dois possíveis erros de seleção:

- selecionar artigos inadequados ou
- deixar de selecionar artigos importantes.

Além disto, a revisão de literatura deve permitir que os leitores possam reproduzir a pesquisa bibliográfica que foi feita, chegando aos mesmos resultados reportados na pesquisa. Durante a fase de revisão da literatura, foram utilizadas diversas expressões de buscas nas seguintes bases de dados de bibliografia científica: ISI Web of Science, Scopus, EBSCOHost, Google Scholar, etc. O fluxograma da seleção dos artigos revisados é mostrada na figura 11.

Foi feita uma busca pelas palavras-chave e suas combinações nas diversas bases científicas (google acadêmico, scopus, sciencedirect, etc). Como resultado, obteve-se uma lista com milhares de artigos científicos que foram então analisados seguindo-se o fluxo mostrado na figura 11.

Figura 11 – Fluxogramas que representam o processo de coleta e seleção das referências bibliográficas. O primeiro processo (1a...1c) representa a busca nas bases científicas pelas palavras chave.

Fonte: elaborado pelo autor.

3.1.3.2 Análise de hipergrafos (redes) (*network statistical analysis*) da cadeia global de produção/consumo do ferro e aço e seus derivados

Uma rede é o tipo mais geral de grafo. Grafo é uma estrutura matemática que possui nós e arestas ligando esses pontos entre si. Um exemplo simples de rede é mostrado na figura 12. As arestas podem ser direcionais ou bidirecionais. Um exemplo de rede com nós geograficamente posicionados no mapa mundi é mostrado adiante na figura 36.

Redes de computadores, genes e doenças, comércio internacional, análise de redes sociais, industriais, de inovação. A lista de aplicações é interminável e aumenta a cada dia.

Do ponto de vista da ciência da computação, grafos são estruturas de dados mais gerais, portanto, flexíveis. Através dos grafos pode-se criar quase todo outro tipo mais específico de estrutura: desde as mais simples, como listas, árvores, filas, até as mais complexas, tais como árvores, banco de dados em triplas, etc.

As estatísticas de rede que podem ser calculadas são:

- Intermediação (*betwensness*)
- Vetor de Valores singulares da centralidade (*eigenvector*)
- Nível da página (*pagerank*)

A intermediação (*betwensness*) é uma medida de "conectividade", do quão importante é cada nó para que outros pontos consigam sair de um e chegar ao outro passando por necessariamente

Figura 12 – Um exemplo de grafo onde os nós são pessoas e as arestas são ligações entre essas pessoas.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 13 – A transformação de bits (pedaços de informação) em dados e depois em conhecimento.

Fonte: elaborado pelo autor.

ele. Na figura 14 tem-se um exemplo de medida de intermediação.

O vetor de valores singulares (*eigenvector*) são medidas da carga fatorial, possuindo a vantagem de que o somatório das cargas fatoriais é igual a 1, possuindo, portanto, um resultado que é uma medida padronizada. Em exemplo é mostrado na figura 15.

Matematicamente, define-se o vetor de valores singulares (*eigenvector*) como descrito na eq. 3.1:

$$E_v = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^V A_{iv} E_i \quad , \quad A_x = \lambda x \quad (3.1)$$

Figura 14 – Valores de intermediação da centralidade do grafo usado como exemplo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 15 – Vetor de valores singulares da centralidade (*eigenvector*) do grafo usado como exemplo.

Fonte: elaborado pelo autor.

3.1.3.3 As técnicas de análise multivariada: modelagem, calibração do modelo, simulações, otimização da calibração do modelo

Dado um conjunto de equações com múltiplas variáveis, todas elas relacionando variáveis segundo um determinado modelo de comportamento teórico, o conjunto de coeficientes de cada variável (dimensão) são correspondentes ao seu peso para a variável independente. Assim, dado o modelo de Leontiev, que faz a ligação entre as variáveis independentes (que são os insumos) e os produtos (valor) gerados por cada conjunto de empresas desse setor, é possível equacionar o

Figura 16 – Exemplo de triplas formando uma rede (grafos complexos) que permite a extração de conhecimento.

<<https://www.w3.org/TR/rdf11-primer/#section-triple>>

Fonte: W3C - Consórcio World Wide Web.

valor gerado por cada setor pela ótica do produto, tal como foi demonstrado na seção 2.1.1.

3.2 Software e hardware utilizados para o processamento dos dados

Os dados foram coletados das diversas bases de dados discutidas na seção 3.5.1, através de consultas JSON ou através do download de arquivos delimitados (.csv). Foram armazenados num banco de dados relacional MySQL, primeiramente na forma que foram coletados, e depois normalizados e trazidos base em base única, consolidada, de variáveis atributos de objetos, tanto estáticos quanto dinâmicos.

O tratamento estatístico foi feito com o software R. Foram usados pacotes tais como *igraph* (algoritmos de análise de redes e grafos), *glm* (algoritmos generalizados de ajuste de modelos lineares), etc.

Os softwares rodaram em um cluster de máquinas de múltiplos núcleos (*multicores*). Foram ligados utilizado um roteador preparado para o máximo desempenho esperado: 1000Mbps pela conexão cabeada. Um XEON de oito cores independentes, rodando o Linux Debian 9, foi utilizado como coordenador da rede. Os processos foram coordenados a partir de um programa em Python. Os outros dois computadores, um com 8 núcleos e outro dual-core, trabalharam em conjunto com o *master* de forma a agilizar o processamento em paralelo (multiprocessamento),

quando possível.

Foi necessário criar programas capazes de tratar paralelamente algumas tarefas, o que está longe de ser uma tarefa trivial. Por outro lado, por mais memória de trabalho (RAM) que se tenha, a simples importação de um arquivo muito grande, delimitado por separadores, e seu posterior tratamento, requer uma rotina feita sob medida, pois está-se tratando de importar para a memória 1TB de dados, por exemplo.

Os modernos computadores possuem muita memória em disco, em alguns casos SSD, mas a memória RAM é um fator limitador importante, pois, quando muito, se tem 32GB de RAM. Isso implica adaptar as rotinas para manter na memória apenas ponteiros para indicar a localização dos dados no disco, sem ter que importa-los para a memória de trabalho (RAM).

Além disso, embora a ciência de dados (*data science*) tenha evoluído bastante, a obtenção e reconciliação dos dados, e sua posterior visualização, implicam ter que criar um modelo capaz de lidar com dados inexistentes ou em múltiplas unidades distintas, a escolha da melhor forma de visualização já é uma disciplina em si mesma.

Os principais programas utilizados para a obtenção e consolidação da base de dados estão em apêndices ao final desse trabalho.

3.3 Modelagem gráfica da formação do produto pela ótica da produção

A figura 17 mostra uma modelagem feita a partir da teoria dos grafos.

3.4 Formulação dos pressupostos da pesquisa

Da literatura existente é possível extrair algumas proposições, tidas como verdadeiras, de modo que seja possível comparar e evidenciar possíveis discrepâncias na dinâmica estrutural dos diferentes atores de uma cadeia global de geração de valor.

3.4.1 Desenvolvimento das proposições

Proposição 1 - disponibilidade de energia farta e barata aumenta a competitividade industrial.

A literatura científica é abundante e contraditória no que diz respeito a essa questão. Alguns mostram que combustíveis fósseis baratos e abundantes, como é o caso do momento atual (maio de 2016), dificultam os investimentos em energia limpa e desestimulam os esforços na busca de alternativas "limpas" ou não poluentes. Argumentam que o impulso que levou ao desenvolvimento dos carros elétricos como o fabricado pela marca Tesla, por exemplo, se deu no período em que os preços do petróleo estavam elevados (acima de USD 100,00 o barril), deixa de existir numa conjuntura como a atual.

Independentemente disso, muitos investimentos em geração de energia se dão de forma planejada e estruturada em conjunto com as indústrias que irão consumir essa nova capacidade

Figura 17 – Grafo do sistema de fluxos e estoques envolvidos na medição do produto pela ótica da produção

Fonte: elaborado pelo autor. Todos os direitos reservados.

de geração de energia, o que torna problemático identificar a relação de causalidade entre oferta, preço, aumento na demanda e competitividade.

Além disso, a implantação de um novo parque gerador, que leva a novas indústrias, por sua vez induz um novo incentivo à expansão, o que torna essas variáveis extremamente correlacionadas.

Entretanto, países que tem farta geração de energia, como é o caso da Alemanha, que exporta grandes quantidades de energia para o resto do continente europeu, tendem a ter uma economia industrial altamente competitiva. Do lado contrário, o Brasil, mesmo tendo grandes reservas de minérios, os exporta com baixo valor agregado.

Para testar essa proposição deve-se levar em conta as taxas de câmbio e outros fatores. Entretanto, a mesma taxa de câmbio que pode facilitar as exportações deveria, por outro lado, tornar mais caras as importações, o que deveria levar a um incentivo à industrialização das commodities no próprio país, ao invés de importar produtos de maior valor agregado. Isso pode servir para demonstrar que a taxa de câmbio não é suficiente para explicar a competitividade da indústria.

A revisão de literatura evidencia que existe uma forte relação entre a produtividade dos fatores, a competitividade e o crescimento do PIB (e.g. Berndt e Khaled (1979), Bonelli (2005), Jorgenson (1984), Stern (2000), Negri e Cavalcante (2014), Ellery Jr. (2014)).

Através da análise em painel, de forma transversal no espaço (entre países e regiões) e no tempo, pode ser possível, usando a modelagem por insumo-produto de Leontiev (detalhada na seção 2.1.1), identificar quais são os fatores mais relevantes para a competitividade e a geração de valor com uma determinada *commodity*.

Proposição 2 - o aumento da produtividade da energia gera aumento na produtividade da mão de obra.

Assim como na proposição anterior, o aumento na produtividade do fator de produção energia pode ser indutor de uma maior produtividade da mão-de-obra, porque leva a uma maior automação e mecanização dos processos produtivos, o que leva, por sua vez, a uma capacidade de produção maior com menos uso da mão-de-obra humana. Dessa forma, um aumento na produtividade do fator energia pode levar a uma maior produtividade no fator mão de obra.

Proposição 3 - cada tipo de energia, dado o estágio tecnológico e a escala existente, tem custo e um riscos esperados possíveis de serem calculados.

Num mundo em que a economia não pode mais gerar gases poluentes e/ou que causem ou alimentem o aquecimento global, torna-se necessário quantificar os custos e riscos de cada tipo de energia vis a vis os seus benefícios. A contribuição esperada desse trabalho é a de mensurar os custos de tratamento dos resíduos em relação à quantidade de energia produzida e seu valor, assim como os riscos sócio-ambientais.

Proposição 4 - o principal gargalo para o desenvolvimento do Brasil é o custo da energia decorrente de sua escassez.

Se as proposições anteriores são verdadeiras, deve ser possível identificar qual(is) os fatores de produção (capital, insumos, matérias-primas, energia, trabalho) e fatores externos (taxa de câmbio, investimentos estrangeiros, poupança e investimentos, etc) que representam gargalos para o desenvolvimento econômico do Brasil, especialmente no que diz respeito ao baixo valor agregado das exportações de commodities metálicas como as derivadas do minério de ferro.

3.5 Dados

As principais bases de dados utilizadas nessa pesquisa estão mostradas no quadro 1.

Quadro 1 – Principais de bases de dados utilizadas

COMTRADE	Bancos de dados de transações de commodities entre países	UN
STAN -Structural Analysis	Bancos de dados de transações segundo o modelo entrada saída	OCDE
INDSTAT	Estatísticas de horas trabalhadas e preço da mão de obra por país e indústria.	UNIDO
WBAL	Dados de energia em fluxo desde a produção até o destino (em TJ e Mtoe).	IEA
WIOD	Modelagem de entrada saída entre países.	Noruega
Steel Statistical Yearbook	Dados de importação, transformação, consumo e exportação de ferro e aço.	WorldSteel

3.5.1 Obtenção dos dados

3.5.1.1 A base de dados COMTRADE

Os dados do fluxo de *commodities* utilizados para se obter os dados dessa pesquisa foram obtidos pela base de dados UNSD (2014) produzido pela Organização das Nações Unidas (ONU). Foram os dados de exportação entre os países e algumas regiões especiais, conforme código *International Standards organization* (ISO) de três letras conforme mostrado no anexo 6.

3.5.1.2 A base de dados STAN da OCDE

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) disponibiliza uma análise de insumo-produto de países selecionados, o que tornou mais simples a obtenção desses dados. A base de dados STAN (*Structural Analysis*) da OCDE possui todas as linhas e colunas das matrizes, permitindo obter os valores que compõem o PIB em unidades monetárias, tanto nas suas próprias moedas quanto em *United States dollar* (USD). Até as matrizes de Leontief e a sua inversa estão disponíveis. Infelizmente, a OCDE parou de coletar dados dos outros países exceto dos seus próprios membros. A última base de dados que possui dados do Brasil é de 2011. Isso restringiu muito a análise que poderia ser feita. Em substituição, a WIOD continua realizando esse trabalho, porém o nível de agregação é muito alto, considerando todos os metais, não apenas o setor de ferro e aço. São dois os setores de interesse: o C27 - metais básicos e C28 - metais fabricados.

3.5.1.3 A base de dados BTDIXE da OCDE

Foi utilizada a base de dados de transações de comércio bilateral por indústria (classificação ISIC rev. 3 e 4) e uso final ((OECD, 2018b; OECD, 2018a)) para mapear a cadeia mundial de geração de valor da indústria do ferro e do aço. Essa base tem 64.265.708 de registros ocupando 42,3 GB no formato csv. Isso forçou o uso de ferramentas capazes de normalizar essa base de

dados sem trazê-la para a memória RAM, o que seria inviável. O procedimento está detalhado na seção B.3 dos apêndices.

3.5.1.4 A base de dados WBIG do IEA

A *International Energy Agency* (IEA) disponibiliza a base de dados IEA (2015), que contém dados históricos da maioria de países do mundo, com dados sobre as fontes, a produção, a distribuição e o uso da energia. Isso é relevante porque esses dados, dados em quantidades (e unidades) físicas, como TJ ou KTOE, sofrerão transformações e a geração de variáveis derivadas, tais como o cálculo do preço médio, o da eficiência, etc. O arquivo bruto da base de dados WBIG foi baixado pela internet e tem um tamanho de 16,5 GB e 121.189.600 registros. Isso forçou o uso de ferramentas capazes de normalizar essa base de dados sem trazê-la para a memória RAM, o que seria inviável. O procedimento está detalhado na seção B.2 dos apêndices.

3.5.1.5 A base de dados INDSTAT

Os custos da mão de obra, o número de horas trabalhadas por cada setor foram obtidos da base de dados **INDSTAT** mantida pela *United Nations Industrial Development Organization* (UNIDO).

Existem duas versões dessa base INDSTAT: 2 e 4 dígitos. A base mais completa, de 2 dígitos, infelizmente não tem o detalhamento analítico necessário. A outra, por outro lado, é mais detalhada, porém os dados sobre a maioria dos países só estão disponíveis para acesso até 2007. Isso obrigou a juntar as duas bases, de forma a que uma completasse a outra. Por estar normalizada e não ser muito completa, essa base não foi muito útil. A INDSTAT consolidada (2 e 4 dígitos), possui 979031 registros.

3.5.1.6 A base de dados da WorldSteel

Os dados de produção física da indústria de ferro e do aço são coletados e organizados pela *World Steel Association* (WorldSteel). Os dados foram obtidos a partir da extração realizada sobre os anuários estatísticos produzidos por essa associação ((WORLDSTEEL, 2007; WORLDSTEEL, 2017)). Os dados estão resumidos nas tabelas apresentadas no apêndice B.1.

3.5.2 Tratamento dos dados

Para a realização desta pesquisa, foi necessária a consolidação de várias bases de dados macroeconômicos, balanços de energia, dados de exportação e preços de commodities, como se vê na seção 3.5.1, bem como sua variação ao longo do tempo, de forma a verificar o impacto das taxas câmbio, preços das *commodities*, balanço energético e preços das diversas formas de

energia disponíveis sobre o crescimento econômico de cada país em relação ao conjunto. Foram realizadas diversas etapas, conforme se detalha nas seções a seguir.

3.5.2.1 Classificação e seleção dos dados

A necessidade de correlacionar as atividades econômicas, de acordo com a classificação adotada para a medição do PIB, com os produtos e serviços decorrentes dessas atividades, classificados sob outros critérios, é, em si, um desafio. Enquanto as atividades econômicas são normalmente classificadas segundo a classificação ISIC (rev. 3 e 4), os produtos e serviços são classificados de pelo menos três formas principais: sistema harmonizado (HS), SITC e CPC.

De acordo com o documento produzido pelas Nações Unidas:

173. The relationship between ISIC, on the one hand, and the product classifications HS, CPC and SITC, on the other, is based on the fact that the product classifications in principle combine in one category goods or services that are normally produced in only one industry as defined in ISIC. In HS, this origin criterion was respected as far as possible at the time of its development. In some cases – for instance, when it seemed impossible that a customs officer could make the distinction – the principle was not applied. Still, most headings and subheadings of HS contain goods that are generally produced in only one ISIC category. There are frequent exceptions in some areas, however, where outputs do not enter international trade to a large degree. For instance, raw and processed agricultural products may be combined in HS since the international trade of raw and unprocessed products is negligible. Still, raw and processed products are outputs of distinct industries in ISIC, which makes a strict link between these classifications impossible. In addition, the arrangement of headings and subheadings of HS follows criteria that are quite different from industrial origin and the structure of CPC or SITC. (UNITED NATIONS, 2008)

Esse problema é especialmente relevante para essa pesquisa porque a modelagem da cadeia de produção do aço, em conjunto com as quantidades físicas produzidas, exportadas ou importadas, implica a consolidação dos dados das atividades econômicas que os produziram (que estão num conjunto de bases de dados que usam classificações ISIC), com outros dados que estão em outras bases de dados codificados de diferentes formas (HS na COMTRADE, base de comércio internacional, p.ex.).

174. The differences between CPC, HS and SITC result from the fact that they were created for different purposes. HS is the detailed classification for international trade of transportable goods, while SITC is a more aggregated classification for analytical purposes, with the same scope as HS. The scope of CPC exceeds that of HS and SITC, in that it is intended to cover the production, trade and consumption of all goods and services. Both CPC and SITC, Rev.3, regroup HS categories, albeit in different ways. SITC follows a traditional order in which the materials used, the stage of processing and the end-use are the main considerations. CPC arranges its categories in groups that are similar to ISIC categories. This does not mean, however, that all goods are grouped according to their industrial origin. (UNITED NATIONS, 2008)

Figura 18 – O coeficiente de concentração de Gini.

Fonte: elaborado pelo autor.

3.5.2.2 Reconciliação dos dados

É possível que duas ou mais bases de dados possuam valores distintos ou em diferentes níveis de agregação ou de grandeza. Torna-se necessário, portanto, reconciliar os dados de forma a verificar a consistência entre as diferentes fontes.

3.5.2.3 Cálculo das variáveis derivadas

Uma vez coletados, tratados e reconciliados, os dados primários são utilizados para o cálculo dos dados derivados, tais como participação na produção e consumo, classificação dos diferentes países quanto a sua posição na cadeia de geração de valor, tais como exportador de minério, produtor de aço, consumidor de aço, etc.

Além dos chamados multiplicadores, é possível identificar concentração de mercado ao longo da cadeia, bem como sua evolução no tempo, através do coeficiente Gini, que é calculado a partir da diferença entre a distribuição acumulada uniforme (equiprobabilismo) e a distribuição acumulada empírica (figura 18).

O coeficiente Gini se aproxima de 0 (zero) quando a distribuição acumulada tende à uniforme, e tende a 1 (um) quanto mais concentrados estiverem os dados.

3.5.2.4 Padronização das variáveis

As diferentes variáveis, tanto os dados brutos como os secundários, precisam estar organizados e padronizados de forma a evitar possíveis erros, bem como para possibilitar a extração de informações relevantes para os objetivos da pesquisa.

3.5.2.5 Estatísticas descritivas das variáveis

A base de dados, uma vez produzida, é utilizada para produzir uma visão da dinâmica dos diferentes países na cadeia global de geração de valor do ferro e do aço.

3.5.2.6 Escolha da estratégia para visualização

A escolha da forma de exibir os resultados é uma disciplina à parte. Um gráfico, feito de uma maneira, a partir dos mesmos dados, permite perceber determinados fatos relevantes que de outra maneira passariam despercebidos.

energia). A estratégia competitiva internacional é o tópico que se apresenta como mais relevante para obter as respostas à pergunta formulada e que se busca responder com essa pesquisa.

4.1.2 Análise dinâmica da produção de minério de ferro

A tabela 3 mostra a produção de minério de ferro por regiões blocos econômicos.

Tabela 3 – Produção de minério de ferro entre 1997 e 2016 (1000t)

Ano	Europe (other)	EU(28)	Middle East	Africa	N.Am.	C.I.S.	Asia	S.Am.	Oceania	World
1997	6.479	24.308	7.020	50.276	111.710	137.381	198.671	220.485	167.478	924.386
1998	5.828	23.785	12.320	49.396	112.150	132.749	190.582	214.290	165.424	906.576
1999	5.883	21.678	12.420	44.599	103.290	138.599	184.432	218.300	155.303	884.565
2000	6.004	23.340	12.390	49.209	110.346	157.502	182.762	239.030	178.992	959.650
2001	5.738	22.183	10.333	49.795	82.493	151.994	184.262	242.416	182.776	932.046
2002	5.391	22.969	10.529	51.821	92.344	158.725	197.244	258.021	188.950	986.021
2003	4.682	24.354	11.385	53.302	93.067	171.165	223.980	278.198	213.944	1.074.078
2004	5.243	24.863	12.746	54.322	94.779	181.246	268.850	305.387	236.997	1.184.433
2005	8.032	25.923	14.828	55.326	96.112	181.839	349.544	329.058	259.775	1.320.438
2006	8.430	26.118	18.134	57.098	97.711	195.428	445.044	357.132	277.341	1.482.436
2007	6.758	27.629	22.000	56.393	97.502	201.290	619.518	373.647	300.698	1.705.434
2008	7.497	26.543	32.000	63.264	98.674	188.402	565.118	384.219	351.842	1.717.559
2009	6.855	20.046	33.000	70.060	71.350	175.662	481.490	335.999	396.161	1.590.622
2010	9.854	27.751	35.549	69.059	101.399	196.208	592.849	405.959	435.218	1.873.847
2011	10.250	28.701	38.260	69.976	104.606	202.845	587.659	435.640	479.689	1.957.627
2012	11.937	29.188	43.497	86.087	108.317	201.099	481.905	420.008	522.427	1.904.465
2013	14.032	30.018	48.693	96.453	112.681	205.711	500.476	418.840	612.057	2.038.962
2014	12.874	31.000	48.451	109.265	115.744	199.518	361.766	426.481	748.980	2.054.078
2015	11.400	27.450	39.370	82.343	103.495	195.298	278.371	454.216	814.403	2.006.346
2016	9.700	29.400	40.100	87.400	100.700	189.038	320.200	471.700	843.900	2.092.138

Fonte: Produzido pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007).

A produção mundial saiu de 924Mt de minério de ferro em 1997 para 2092 Mt em 2016. Ou seja, mais que dobrou. Entretanto, como se verá mais adiante, a produção de aço bruto cresceu principalmente na China, que tomou mercado de todos os outros países do mundo.

O gráfico 20 evidencia que a produção mundial de minério de ferro mais que dobrou entre os anos de 1997 e 2016, sendo que o grande crescimento se deu na Austrália.

Figura 20 – Produção mundial de minério de ferro entre 1996 e 2016 (em 1000t)

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

O que se percebe é que a China aumentou sua produção de minério de ferro de 1997 até 2007. A partir de 2007 a China parece ter abandonado a mineração de ferro e se concentrou em importar minério de ferro de outros países, principalmente da Austrália.

O gráfico 21 evidencia que a Austrália, Brasil e Índia são responsáveis pela produção de cerca de 70% do minério de ferro do mundo.

Figura 21 – Participação na produção mundial de minério de ferro entre 1996 e 2016

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

A partir de 2007 houve uma queda na participação da China e da Rússia na participação na produção de minério de ferro.

4.1.3 A exportação de minério de ferro

A exportação do minério de ferro é concentrada na Austrália e no Brasil, como se poder ver nos gráficos 22 e 23.

Figura 22 – Exportação mundial de minério de ferro entre 1996 e 2016 (1000t)

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

Como se vê no gráfico 23, Austrália, Brasil e Índia representam 80% das exportações mundiais de minério de ferro.

Figura 23 – Participação na exportação mundial de minério de ferro entre 1996 e 2016

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

4.1.4 A importação de minério de ferro

A importação do minério de ferro foi se concentrando cada vez mais na China, como se poder ver nos gráficos 24 e 25.

Figura 24 – Importação mundial de minério de ferro entre 1996 e 2016 (1000t)

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

A participação no total as importações de minério de ferro foi sendo cada vez mais concentrada na China, Japão e Coreia do Sul, que representam juntas 80% das importações de minério de ferro do mundo, como se poder ver no gráfico 23.

Figura 25 – Participação na importação mundial de minério de ferro entre 1996 e 2016

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

4.1.5 A produção de aço bruto

Uma análise dos dados da tabela 20 mostra que a China aumentou a sua participação na produção de aço bruto mundial de 10% em 1996 para 50% em 2016.

4.1.5.1 Análise da dinâmica da produção de aço bruto por regiões, continentes, blocos, etc

Figura 26 – Participação dos países, blocos e regiões na produção mundial de aço bruto entre 1996 e 2016

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

Como se vê nos gráficos 26 e 27, mesmo com a queda da produção mundial havida em 2010, mesmo assim a China manteve seus níveis de produção de aço bruto e sua participação relativa na produção de aço bruto.

Figura 27 – Gráfico da produção mundial de aço bruto por países, blocos e regiões entre 1996 e 2016

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

4.1.5.2 Análise da dinâmica da produção de aço bruto por países

Como se vê nos gráficos 29 e 28, mesmo com a queda da produção mundial havida em 2010, mesmo assim a China manteve seus níveis de produção de aço bruto e sua participação relativa na produção de aço bruto até aumentou.

Figura 28 – Gráfico da produção mundial de aço bruto por países entre 1996 e 2016 (em 100t)

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

Figura 29 – Participação dos países na produção mundial de aço bruto entre 1996 e 2016

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

4.1.6 A dinâmica do consumo do aço bruto

O gráfico evidencia os efeitos globais da crise de 2008. Do ponto de vista do consumo global, o mundo já vinha reduzindo o ritmo de crescimento do consumo entre 2007-2008, mas a queda no consumo aparente de aço bruto aconteceu em 2008-2009, retomando o crescimento de 2009 a 2014, quando volta a oscilar para baixo. Do ponto de vista da China, houve uma redução no seu consumo aparente de aço bruto somente após 2013.

Figura 30 – Gráfico do consumo aparente de aço bruto por países entre 1996 e 2016 (em 1000t)

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

Como se vê no gráfico 30, mesmo com a queda da produção e do consumo mundial de aço bruto, havida após 2010, e da queda do consumo aparente da China a partir de 2013, medido em aço bruto equivalente, ainda assim a China manteve sua participação relativa do consumo aparente global de aço bruto, que até aumentou durante e após a crise de 2008.

Figura 31 – Participação dos países no consumo de aço bruto entre 1996 e 2016

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

4.1.7 A dinâmica da exportação de produtos (semi-)acabados aço bruto

A exportação de produtos (semi-)acabados de aço também manteve uma dinâmica de concentração em um conjunto de países. Mais uma vez a China se destaca, como mostra o gráfico 32. O gráfico da participação dos principais exportadores de produtos (semi-)acabados

Figura 32 – Gráfico da exportação de produtos (semi-)acabados de aço por países entre 1996 e 2016 (em 1000t)

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

de aço (gráfico 33) mostra de forma ainda mais eloquente a concentração havida. Os cinco

Figura 33 – Gráfico da participação na exportação de produtos (semi-)acabados de aço entre 1996 e 2016

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

principais exportadores de produtos (semi-)acabados do mundo - Japão, China, Rússia, Coreia do Sul e Alemanha -, saíram de uma participação no comércio global de cerca de 35% para quase 50%, sendo que a China cresceu de 3% para 32%. Desses cinco países, apenas a China teve crescimento expressivo na participação global de exportações. A Coreia do Sul também teve sua participação aumentada em alguns pontos percentuais.

4.1.8 A cadeia mundial do ferro e do aço como um jogo

Do ponto de vista da economia, quando se tem recursos monopolizados ou oligopolizados em uma cadeia de produção e consumo, como essa estrutura que se revelou a partir da aplicação da metodologia proposta na cadeia do ferro e do aço, o que se tem é um jogo geopolítico, que, nesse caso específico, já se tornou uma guerra comercial.

Figura 34 – Resumo da cadeia de produção do ferro e aço

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

Apenas 3 (três) países são grandes exportadores de minério de ferro, enquanto apenas 1 (um), a China, produz a metade do aço. A figura 34 mostra que, dentre todos os países do mundo, restam no máximo 8 (oito) para disputar o jogo. Trata-se, por óbvio, de um jogo matemático e geopolítico, que inclusive já se transformou em uma guerra comercial aberta.

4.1.9 A produtividade energética da produção de aço

O gráfico 35 mostra a produtividade em relação à média mundial, em termos percentuais.

Figura 35 – Gráfico de produtividade energética da produção de aço bruto (em TJ/Mt) em relação à média mundial

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017) e IAEA (2013).

A China vem consistentemente se aproximando da média mundial de consumo de energia (em TJ) por Mt de aço bruto produzido, como fica claro na tabela 4 e no gráfico 35. Outros países mostram um comportamento inverso ao da China, como a Índia, que tem piorado muito seu desempenho em relação à média mundial, que tem se mantido estável em torno de 14 TJ/Mt.

Esse aumento de produtividade energética da China tem dois fatores como causa:

- a China passou a comprar da Austrália e do Brasil a maior parte do minério de ferro que processa, deixando de lado suas próprias reservas;
- ao mesmo tempo, passou a usar meios mais eficientes e menos poluentes de geração de calor, abandonando o carvão em favor do gás natural e das siderúrgicas movidas a energia termonuclear.

Tabela 4 – Tabela de consumo de energia (em TJ) por quantidade física de aço bruto produzida (em Mt)

País (ISO3)	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
GBR	9	9	10	10	8	9	8	7	7	8	7	8	7	7	7	6	6	6
ESP	9	8	8	9	10	9	10	10	9	7	7	7	6	6	7	7	7	6
TWN	7	7	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6
NLD	9	8	8	8	8	8	8	7	7	7	6	6	8	6	6	7	7	6
DEU	8	8	8	8	8	8	9	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	7
KOR	5	5	5	7	7	8	8	8	7	8	7	8	8	7	7	7	7	7
BEL	12	12	12	13	14	10	10	9	9	7	8	8	9	8	7	8	8	7
ITA	9	8	8	9	9	9	9	9	9	8	7	7	8	8	7	8	7	7
USA	11	12	10	12	12	8	8	9	8	7	7	8	8	9	9	8	8	8
JPN	9	9	9	8	8	9	9	9	9	10	9	7	9	9	9	9	8	8
POL	16	16	15	14	14	14	13	12	12	10	10	9	8	8	8	9	9	8
MEX	13	14	13	11	11	10	10	10	11	11	10	11	10	10	10	10	9	9
FRA	12	11	9	8	9	9	9	8	9	10	10	9	10	10	10	9	10	11
WLD	13	14	13	13	13	12	12	12	12	12	11	12	13	13	13	13	12	13
CAN	13	13	13	12	12	12	11	12	12	13	12	12	16	13	14	13	13	14
CHN	23	22	19	21	18	15	15	14	14	13	13	14	14	14	14	14	13	14
BRA	16	16	18	18	17	17	17	18	18	18	18	18	17	17	16	16	15	15
RUS	24	25	22	20	21	20	20	19	21	20	20	21	22	22	22	21	21	19
UKR	13	13	11	10	11	11	10	17	17	16	18	19	18	17	17	17	15	19
IND	21	17	16	16	16	20	18	19	15	16	16	18	20	22	24	24	24	26
ZAF	17	23	23	22	21	21	19	21	21	20	20	21	20	24	20	23	26	26
ROW	15	14	13	12	12	11	11	12	10	11	13	14	12	14	14	13	13	14

Fonte: elaborado pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017) e IAEA (2013).

4.1.10 Análise da rede internacional de comércio *commodities* de ferro / aço

A figura 36 mostra os principais exportadores de *commodities* derivados de minério de ferro.

Isso mostra alguns aspectos mais intrigantes: os países que possuem as maiores reservas do mundo, como o Brasil e Austrália, não são os que mais exportam as *commodities* de maior valor agregado. Ao contrário, países com suas reservas de carvão e minério de ferro exauridas, como a Alemanha e suas minas do vale do rio Ruhr, ou mesmo o Japão, que não possui reservas próprias de minério, conseguem exportar, em dólares norte-americanos, mais do que os países como o Brasil.

A China, por outro lado, que já foi uma grande mineradora de ferro, reduziu drasticamente sua produção de minério de ferro e de carvão, ao tempo em que substituiu suas antigas siderúrgicas para utilizar o calor gerado por gás natural ou eletricidade produzida em usinas nucleares. Isso já provocou um impacto significativo em termos de redução na emissão de poluentes.

Países que compram o minério de ferro do Brasil, ao invés de produzirem internamente, conseguiram melhorar significativamente a sua competitividade industrial. Isso é particularmente relevante no caso em análise porque trata-se de uma cadeia mais à montante em relação às outras atividades industriais.

Figura 36 – Gráfico do fluxo internacional de comércio de *commodities* de minério de ferro

Fonte: elaborado pelo autor com dados do UNSD (2014) (HS 72XX).

5 CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Foi feita uma revisão sistemática da literatura acerca do tema da pesquisa. Foi feita uma modelagem através de hipergrafos da cadeia global do ferro e do aço, o que permitiu reconciliar e tratar a grande quantidade de dados, oriundas de diferentes bases de dados, cobrindo diferentes intervalos de tempo, com os dados brutos disponíveis em diferentes formatos de arquivo e em diferentes unidades de medida.

Após essa análise e da escolha das melhores formas de visualização, foi possível extrair alguns elementos (informações relevantes) sobre a cadeia global de geração de valor do ferro e do aço não triviais.

5.1 Principais descobertas do estudo de caso da cadeia do ferro e do aço

- Em 20 anos, a China tornou-se a maior produtora e consumidora de aço do mundo, importando e processando a maior parte do minério de ferro extraído dos principais exportadores, que são Austrália e Brasil.
- Esse crescimento da produção chinesa foi acompanhado de uma perda na participação relativa de praticamente todos os outros países do mundo na produção de aço.
- Os maiores produtores mundiais de minério bruto exportado para a China são a Austrália e o Brasil.
- O Brasil só exporta minério bruto.
- O aumento da produção de minério na Austrália foi maior que o do Brasil. Portanto, o crescimento da China foi possível, em sua maior parte, graças ao aumento do suprimento da Austrália.
- O consumo de energia por quantidade física de aço bruto produzido tem se mantido estável em torno de 14 TJ/Mt. Essa seria a produtividade (em unidades físicas) do fator energia.
- De 1997 a 2014, a China conseguiu aumentar a sua produtividade energética, chegando cada vez mais próximo da média mundial. Entre os anos 2000 e 2002 houve um salto de produtividade, que saiu de 21 TJ/Mt para 15 TJ/Mt.

Esses elementos, dentre os inúmeros outros que podem ser obtidos a partir da base consolidada, deixam claro que da análise da dinâmica estrutural, feita sobre uma modelo da cadeia global através de hipergrafos, permite extrair informações relevantes e capazes de explicar os elementos da realidade.

5.2 Limitações da pesquisa

Em virtude das discrepâncias e / ou falta de dados analíticos específicos sobre a cadeia analisada, tanto em termos de período temporal quanto de países cujos dados estão disponíveis, diversas análises não puderam ser realizadas. Especificamente em relação ao PIB, as bases mais completas no período não têm o nível de análise específico necessário. Já as que possuem o nível de análise não possuem a mesma abrangência em termos de países. Além disso, diversas análises poderiam ser feitas, como por exemplo os efeitos da eficiência física, termos de insumo / produto, quanto em termos de monetários.

5.3 Considerações finais

A modelagem estrutural permitiu uma análise da dinâmica da cadeia de valor analisada, ainda que limitada pelas contingências já mencionadas. Foi possível extrair informações relevantes para entender as questões geopolíticas por trás da guerra comercial entre os EUA e a China, por exemplo.

Essa modelagem por hipergrafos pode ser útil para a análise de outras cadeias globais de geração de valor. A base de dados consolidada pode ser melhor explorada e aperfeiçoada, de modo a extrair mais informações, ainda mais relevantes, que não conseguiu-se fazer nesse trabalho.

A metodologia para a modelagem, tratamento, consolidação da bases de dados e análise e visualização de dados proposta é a maior contribuição desse trabalho, permite a obtenção de informações capazes de guiar políticas de desenvolvimento industrial a partir das lições oferecidas pela análise da dinâmica estrutural de uma cadeia global de produção e consumo. Um bom modelo permite não só explicar a dinâmica passada, as causas e consequências, como também permite simular e explorar possibilidades, elaborar políticas mais adequadas e uma tomada de decisão mais eficaz.

A recente guerra comercial entre a China e os EUA, em termos de embargos comerciais, restrições a compras de aço, dentre outras ações, pode ser compreendida a partir dessa análise. Dado o enorme ganho de escala e a grande participação da China na produção industrial mundial, é difícil para os EUA conseguirem reverter essa posição.

Toda análise, esses fatos recentes deixam claro, precisa levar em consideração os interesses em jogo, as questões geopolíticas e de divisão internacional do trabalho e da renda, que moldam ou influenciam as decisões microeconômicas dos agentes. A análise dos dados pode fornecer pistas para a compreensão da realidade, mas somente à luz da história e dos interesses dos governos e dos diferentes agentes.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, A. **Methods of Discovery: Heuristics for the Social Sciences (Contemporary Societies Series)**. London, U.K.: W. W. Norton & Company, 2004. Paperback. ISBN 0393978141.
- AFGAN, N. H. et al. Sustainable energy development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Pergamon, 1998.
- APERGIS, N.; PAYNE, J. E. A panel study of nuclear energy consumption and economic growth. **Energy Economics**, Elsevier BV, v. 32, n. 3, p. 545–549, Maio 2010. ISSN 0140-9883.
- ARCELOR MITTAL. **Fluxo de produção da planta siderurgica da Arcelor Mittal em Tubarão / RS**. Internet. Imagem. Disponível em: <<http://tubarao.arcelormittal.com/quem-somos/usina/fluxo-producao/index.asp>>. Acesso em: 12-jun-2015.
- BERK, M. et al. **Sustainable energy: trade-offs and synergies between energy security, competitiveness and environment**. [S.l.], 2006.
- BERNDT, E. R.; KHALED, M. S. Parametric productivity measurement and choice among flexible functional forms. **Journal of Political Economy**, The University of Chicago Press, v. 87, n. 6, 1979.
- BESANKO, D. et al. **Economics of Strategy**. 6. ed. [S.l.]: Wiley, 2013.
- BESS, R.; AMBARGIS, Z. O. Input-output models for impact analysis: Suggestions for practitioners using RIMS II multipliers. 2023.
- BHAGAVANA, M. R.; DIN, A. M. The input-output structure of energy and resources in forestry and associated industries. **Energy Economics**, 1980.
- BONELLI, R. Productivity performance in developing countries: Country case studies. 2005.
- BOYD, G. A.; PANG, J. X. Estimating the linkage between energy efficiency and productivity. **Energy Policy**, 2000.
- BULLARD, C. W.; PENNER, P. S.; PILATI, D. A. Net energy analysis: Handbook for combining process and input-output analysis. **Resources and Energy**, North-Holland Publishing Company, 1978.
- BURRELL, G.; MORGAN, G. **Sociological Paradigms and Organisational Analysis: Elements of the Sociology of Corporate Life**. England: Ashgate, 1979.
- CHEN, S.-T.; KUO, H.-I.; CHEN, C.-C. The relationship between GDP and electricity consumption in 10 asian countries. **Energy Policy**, Elsevier BV, v. 35, n. 4, p. 2611–2621, 4 2007. ISSN 0301-4215.
- CHRIST, C. F. A review of input-output analysis. In: **Input-Output Analysis: An Appraisal**. Princeton University Press, 1955. p. 137–192. Disponível em: <<http://www.nber.org/chapters/c2866>>. Acesso em: 01-12-2015.
- CLEVELAND, C. J.; KAUFMANN, R. K.; STERN, D. I. Aggregation and the role of energy in the economy. **Ecological Economics**, Elsevier, v. 32, p. 301–307, 2000.

CO-OPERATION, O. for E.; DEVELOPMENT. **The OECD Input-Output Database**. [S.l.], 2015.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **A Indústria e o Brasil: Energia e Competitividade na Era do Baixo Carbono**. Brasília, DF, 2011.

ELLERY JR., R. Desafios para o cálculo da produtividade total dos fatores. In: NEGRI, F. de; CAVALCANTE, L. R. (org.). **Produtividade no Brasil : desempenho e determinantes**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2014. v. 1, cap. 2, p. 53–86. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: 01-12-2015.

EWI. **Energy costs in Germany: Developments, drivers and international comparison**. [S.l.], 2010.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - FIRJAN. **Quanto Custa a Energia Elétrica para a Indústria no Brasil?** Rio de Janeiro, 2011.

GREENING, L. A.; GREENE, D. L.; DIGLIO, C. Energy efficiency and consumption - the rebound effect - a survey. **Energy Policy**, Elsevier, 2000.

HAN, S.-Y.; YOO, S.-H.; KWAK, S.-J. The role of the four electric power sectors in the korean national economy: an input–output analysis. **Energy Policy**, Elsevier BV, v. 32, n. 13, p. 1531–1543, Sep 2004. ISSN 0301-4215.

HARE, P. G. Aggregate planning and by means and of input-output and material-balances systems. **Journal of Comparative Economic**, n. 5, p. 272–291, 1981.

HONG, Y.; SU, H. wei. Can energy price shocks drive long-run technological progress and growth? empirical evidence from korea. IEEE, 2010.

HSIAO, F. S. T.; WANG, M.-C.; HSIAO. Elasticities, ratios and energy modelling. **Energy Economics**, Butterworth & Co, 1985.

HU, J.-L.; WANG, S.-C. Total-factor energy efficiency of regions in china. **Energy Policy**, Elsevier BV, v. 34, n. 17, p. 3206–3217, Nov 2006. ISSN 0301-4215.

HUDSON, E. A.; JORGENSEN, D. W. U.S. energy policy and economic growth, 1975-2000. **The Bell Journal of Economics and Management Science**, v. 5, n. 2, 1975. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/3003118>>. Acesso em: 05-jan-2014.

NEGRI, F. de; CAVALCANTE, L. R. (org.). **Produtividade no Brasil : desempenho e determinantes**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2014. v. 1. 452 p. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: 01-12-2015.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Nuclear technology review 2013. In: . [S.l.], 2013.

INTERNATIONAL ENERGY ORGANIZATION (IEA). Banco de dados, **World energy balances**. OECD iLibrary, 2015. Internet. Disponível em: <<http://dx.doi-org.ez67.periodicos.capes.gov.br/10.1787/data-00512-en>>. Acesso em: 12-jan-2018.

INTERNATIONAL ENERGY ORGANIZATION (IEA). Banco de dados, **Extended world energy balances**. OECD iLibrary, 2016. Internet. Disponível em: <<http://dx.doi-org.ez67.periodicos.capes.gov.br/10.1787/data-00513-en>>. Acesso em: 28/11/2016.

JORGENSEN, D. W. The role and of energy and in productivity and growth. **The American Economic Review**, American Economic Association, v. 74, n. 2, 1984.

KIM, M. Leontief input-output model. 1973.

KORSAKIENÈ, R.; TVARONAVIČIENÈ, M.; SMALIUKIENÈ, R. Impact of energy prices on industrial sector development and export: Lithuania in the context of baltic states. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Elsevier BV, v. 110, p. 461–469, Jan 2014. ISSN 1877-0428.

LEE, C.-C. The causality relationship between energy consumption and GDP in G-11 countries revisited. **Energy Policy**, Elsevier BV, v. 34, n. 9, p. 1086–1093, Jun 2006. ISSN 0301-4215.

LEONTIEF, W. Structure of the world economy: Outline of a simple input-output formulation. **The Swedish Journal of Economics**, JSTOR, v. 76, n. 4, p. 387–401, 1974.

LEONTIEF, W. **Input-Output Economics**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 1986.

LIM, S.-Y.; YOO, S.-H. The impact of electricity price changes on industrial prices and the general price level in korea. **Energy Policy**, Elsevier BV, v. 61, p. 1551–1555, Oct 2013. ISSN 0301-4215.

MARCONI, N.; ROCHA, I. L.; MAGACHO, G. R. Sectoral capabilities and productive structure: An input-output analysis of the key sectors of the Brazilian economy. **Brazilian Journal of Political Economy**, scielo, v. 36, p. 470 – 492, 09 2016. ISSN 0101-3157. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572016000300470&nrm=iso>. Acesso em: 01-jul-2017.

MATTHES, F. C. **The current electricity costs of energy-intensive industries in Germany**. [S.l.], 2012.

MESSA, A. Metodologia de cálculo da produtividade total dos fatores e da produtividade da mão de obra. In: NEGRI, F. de; CAVALCANTE, L. R. (org.). **Produtividade no Brasil : desempenho e determinantes**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2014. v. 1, cap. 3, p. 87–110. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: 01-12-2015.

MEYAR-NAIMI, H.; VAEZ-ZADEH, S. Sustainable development based energy policy making frameworks, a critical review. **Energy Policy**, Elsevier BV, v. 43, p. 351–361, Apr 2012. ISSN 0301-4215.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-output analysis: foundations and extensions**. 2. ed. [S.l.]: Cambridge University Press, 2009.

NEGRI, F. de; CAVALCANTE, L. R. Os dilemas e os desafios da produtividade no brasil. In: NEGRI, F. de; CAVALCANTE, L. R. (org.). **Produtividade no Brasil : desempenho e determinantes**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2014. v. 1, cap. 1, p. 15–52. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: 01-12-2015.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Banco de dados, **STAN Bilateral trade database by industry and end-use category, ISIC Rev. 3**. OECD, 2018. Internet. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/data-00692-en>>. Acesso em: 28/11/2018.

- ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Banco de dados, **STAN Bilateral trade database by industry and end-use category, ISIC Rev. 4**. OECDiLibrary, 2018. Internet. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/data-00691-en>>. Acesso em: 28/11/2018.
- OZTURK, I. A literature survey on energy–growth nexus. **Energy Policy**, Elsevier BV, v. 38, n. 1, p. 340–349, Jan 2010. ISSN 0301-4215.
- PAO, H.-T.; FU, H.-C. The causal relationship between energy resources and economic growth in Brazil. **Energy Policy**, Elsevier BV, v. 61, p. 793–801, Oct 2013. ISSN 0301-4215.
- PAYNE, J. E. A survey of the electricity consumption-growth literature. **Applied Energy**, Elsevier BV, v. 87, n. 3, p. 723–731, Mar 2010. ISSN 0306-2619.
- RAA, T. ten. **The Economics of Input-Output Analysis**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2005.
- SANTOS, R. L. P. d. et al. The importance of nuclear energy for the expansion of Brazil's electricity grid. **Energy Policy**, Elsevier BV, v. 60, p. 284–289, Sep 2013. ISSN 0301-4215.
- SARI, R.; SOYTAS, U. The growth of income and energy consumption in six developing countries. **Energy Policy**, Elsevier BV, v. 35, n. 2, p. 889–898, Feb 2007. ISSN 0301-4215.
- SHIU, A.; LAM, P.-L. Electricity consumption and economic growth in china. **Energy Policy**, 2004.
- SMULDERS, S.; NOOIJ, M. de. The impact of energy conservation on technology and economic growth. **Resource and Energy Economics**, Elsevier, 2003.
- STERN, D. I. A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the us and macroeconomy. **Energy Economics**, 2000.
- TEN RAA, T.; MOHNEN, P. Neoclassical input-output analysis. **Regional Science and Urban Economics**, v. 24, p. 135–158, 1994.
- UNITED NATIONS. **International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC) - revision 4**. New York, 2008. (Statistical papers Series M, 4).
- UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION (UNSD). Banco de dados, **United Nations Comtrade database**. New York, 2014. Internet. Disponível em: <<http://www.comtrade.un.org>>. Acesso em: 01-12-2015.
- VASCONCELOS, M. A. S. de. **Economia: micro e macro**. 4. ed. [S.l.]: Atlas, 2014.
- VON FARFAN, E. **Eletrointensivos gastam 30% da energia do País**. 2005. Disponível em: <<http://www.eco21.com.br/textos/textos.asp?ID=1190>>. Acesso em: 01-ago-2015.
- WOLDE-RUFAEL, Y.; MENYAH, K. Nuclear energy consumption and economic growth in nine developed countries. **Energy Economics**, Elsevier BV, v. 32, n. 3, p. 550–556, May 2010. ISSN 0140-9883.
- World Steel Association. **Steel Statistical Yearbook - 2007**. Belgium, 2007. Disponível em: <<https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:5a3cd3bc-79f9-44e5-ac54-ed231832cb21/Steel+statistical+yearbook+2007.pdf>>. Acesso em: 01-dez-2017.

World Steel Association. **Steel Statistical Yearbook - 2017**. Belgium, 2017. Disponível em: <<https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:3e275c73-6f11-4e7f-a5d8-23d9bc5c508f/Steel+Statistical+Yearbook+2017.pdf>>. Acesso em: 01-dez-2017.

YANG, H.-Y. A note on the causal relationship between energy and GDP in taiwan. **Energy Economics**, 2000.

ZAMORA, J. **Input-Output Model**. 2015.

APÊNDICE A – TABELAS

A.1 Tabelas da base de dados consolidada

A.1.1 *Commodities* da cadeia de ferro / aço (HS 72XX)

Tabela 5 – Lista de commodities HS 72XX

#	Código HS	Commodity
1	7201	Pig iron and spiegeleisen in primary forms
2	7202	Ferro-alloys
3	7203	Ferrous products from reduction of iron ore, pure iron
4	7204	Ferrous waste or scrap, ingots or iron or steel
5	7205	Granules and powders, of pig iron, iron or steel
6	7206	Iron and non-alloy steel in primary forms, ingots
7	7207	Semi-finished products of iron or non-alloy steel
8	7208	Hot-rolled products, iron/steel, width>600mm, not clad
9	7209	Flat-rolled iron/steel, >600mm, not clad, plated, etc
10	7210	Flat-rolled iron/steel, >600mm, clad, plated or coated
11	7211	Flat-rolled iron/steel, <600mm, not clad, plated, etc
12	7212	Flat-rolled iron/steel, <600mm, clad, plated or coated
13	7213	Hot rolled bar, rod of iron/steel, in irregular coils
14	7214	Iron/steel bar, only forged hot-rolled drawn, extruded
15	7215	Bar and rod of iron or non-alloy steel nes
16	7216	Angles, shapes and sections of iron or non-alloy steel
17	7217	Wire of iron or non-alloy steel
18	7218	Stainless steel in primary forms, semi-finish products
19	7219	Rolled stainless steel sheet, width > 600mm
20	7220	Rolled stainless steel sheet, width < 600mm
21	7221	Bar or rod of stainless steel, hot rolled, coiled
22	7222	Bar, rod nes, stainless steel, angles, shapes/sections
23	7223	Wire of stainless steel
24	7224	Alloy steel in ingots in primary form or semi-finished
25	7225	Flat-rolled alloy steel nes, width >600mm
26	7226	Flat-rolled alloy steel nes, <600mm wide
27	7227	Bar, rod, hot-rolled alloy steel, irregular coils nes
28	7228	Bar, rod, angle etc nes, hollow steel drill bars
29	7229	Wire of alloy steel except stainless steel

Fonte: fornecido pela ISO.

A.1.2 Tabela de países usados na análise da rede de comércio do ferro / aço

Tabela 6 – Lista de países/regiões da ISO

#	Código ISO	Sigla ISO3	Nome
1	0	WLD	World
2	4	AFG	Afghanistan
3	31	AZE	Azerbaijan
4	32	ARG	Argentina
5	36	AUS	Australia
6	40	AUT	Austria
7	56	BEL	Belgium
8	76	BRA	Brazil
9	124	CAN	Canada
10	152	CHL	Chile
11	156	CHN	China
12	170	COL	Colombia
13	203	CZE	Czech Rep.
14	208	DNK	Denmark
15	246	FIN	Finland
16	251	FRA	France
17	276	DEU	Germany
18	300	GRC	Greece
19	344	HKG	China, Hong Kong SAR
20	348	HUN	Hungary
21	364	IRN	Iran
22	376	ISR	Israel
23	381	ITA	Italy
24	392	JPN	Japan
25	398	KAZ	Kazakhstan
26	408	PRK	Dem. People's Rep. of Korea
27	410	KOR	Rep. of Korea
28	442	LUX	Luxembourg
29	458	MYS	Malaysia
30	484	MEX	Mexico
31	490	OAS	Other Asia, nes
32	528	NLD	Netherlands
33	530	ANT	Neth. Antilles
34	579	NOR	Norway

Lista de países/regiões da ISO (continuação)			
#	Código ISO	Sigla ISO3	Nome
35	600	PRY	Paraguay
36	604	PER	Peru
37	616	POL	Poland
38	620	PRT	Portugal
39	643	RUS	Russian Federation
40	699	IND	India
41	703	SVK	Slovakia
42	705	SVN	Slovenia
43	710	ZAF	South Africa
44	716	ZWE	Zimbabwe
45	724	ESP	Spain
46	752	SWE	Sweden
47	757	CHE	Switzerland
48	764	THA	Thailand
49	792	TUR	Turkey
50	804	UKR	Ukraine
51	826	GBR	United Kingdom
52	842	USA	USA
53	858	URY	Uruguay
54	860	UZB	Uzbekistan
55	862	VEN	Venezuela
56	24	AGO	Angola
57	44	BHS	Bahamas
58	48	BHR	Bahrain
59	68	BOL	Bolivia (Plurinational State of)
60	104	MMR	Myanmar
61	132	CPV	Cabo Verde
62	144	LKA	Sri Lanka
63	178	COG	Congo
64	188	CRI	Costa Rica
65	192	CUB	Cuba
66	196	CYP	Cyprus
67	204	BEN	Benin
68	214	DOM	Dominican Rep.
69	218	ECU	Ecuador
70	222	SLV	El Salvador
71	233	EST	Estonia

Lista de países/regiões da ISO (continuação)			
#	Código ISO	Sigla ISO3	Nome
72	242	FJI	Fiji
73	288	GHA	Ghana
74	320	GTM	Guatemala
75	340	HND	Honduras
76	360	IDN	Indonesia
77	372	IRL	Ireland
78	384	CIV	Côte d'Ivoire
79	388	JAM	Jamaica
80	400	JOR	Jordan
81	404	KEN	Kenya
82	414	KWT	Kuwait
83	422	LBN	Lebanon
84	440	LTU	Lithuania
85	504	MAR	Morocco
86	524	NPL	Nepal
87	554	NZL	New Zealand
88	558	NIC	Nicaragua
89	566	NGA	Nigeria
90	586	PAK	Pakistan
91	591	PAN	Panama
92	608	PHL	Philippines
93	634	QAT	Qatar
94	682	SAU	Saudi Arabia
95	686	SEN	Senegal
96	702	SGP	Singapore
97	704	VNM	Viet Nam
98	740	SUR	Suriname
99	760	SYR	Syria
100	768	TGO	Togo
101	780	TTO	Trinidad and Tobago
102	784	ARE	United Arab Emirates
103	788	TUN	Tunisia
104	818	EGY	Egypt
105	834	TZA	United Rep. of Tanzania
106	470	MLT	Malta
107	12	DZA	Algeria
108	50	BGD	Bangladesh

Lista de países/regiões da ISO (continuação)			
#	Código ISO	Sigla ISO3	Nome
109	84	BLZ	Belize
110	136	CYM	Cayman Isds
111	180	COD	Dem. Rep. of the Congo
112	266	GAB	Gabon
113	328	GUY	Guyana
114	332	HTI	Haiti
115	508	MOZ	Mozambique
116	533	ABW	Aruba
117	92	VGB	Br. Virgin Isds
118	148	TCD	Chad
119	191	HRV	Croatia
120	258	PYF	French Polynesia
121	466	MLI	Mali
122	662	LCA	Saint Lucia
123	670	VCT	Saint Vincent and the Grenadines
124	585	PLW	Palau
125	748	SWZ	Swaziland
126	52	BRB	Barbados
127	212	DMA	Dominica
128	231	ETH	Ethiopia
129	262	DJI	Djibouti
130	268	GEO	Georgia
131	270	GMB	Gambia
132	430	LBR	Liberia
133	434	LBY	Libya
134	516	NAM	Namibia
135	736	SDN	Fmr Sudan
136	854	BFA	Burkina Faso
137	894	ZMB	Zambia
138	51	ARM	Armenia
139	100	BGR	Bulgaria
140	166	CCK	Cocos Isds
141	642	ROU	Romania
142	140	CAF	Central African Rep.
143	454	MWI	Malawi
144	478	MRT	Mauritania
145	480	MUS	Mauritius

Lista de países/regiões da ISO (continuação)			
#	Código ISO	Sigla ISO3	Nome
146	512	OMN	Oman
147	624	GNB	Guinea-Bissau
148	732	ESH	Western Sahara
149	887	YEM	Yemen
150	112	BLR	Belarus
151	428	LVA	Latvia
152	60	BMU	Bermuda
153	498	MDA	Rep. of Moldova
154	796	TCA	Turks and Caicos Isds
155	226	GNQ	Equatorial Guinea
156	308	GRD	Grenada
157	324	GIN	Guinea
158	562	NER	Niger
159	688	SRB	Serbia
160	694	SLE	Sierra Leone
161	184	COK	Cook Isds
162	28	ATG	Antigua and Barbuda
163	120	CMR	Cameroon
164	368	IRQ	Iraq
165	417	KGZ	Kyrgyzstan
166	450	MDG	Madagascar
167	659	KNA	Saint Kitts and Nevis
168	674	SMR	San Marino
169	540	NCL	New Caledonia
170	8	ALB	Albania
171	352	ISL	Iceland
172	800	UGA	Uganda
173	807	MKD	TFYR of Macedonia
174	531	CUW	Curaçao
175	690	SYC	Seychelles
176	838	FRE	Free Zones
177	882	WSM	Samoa
178	86	IOT	Br. Indian Ocean Terr.
179	499	MNE	Montenegro
180	598	PNG	Papua New Guinea
181	70	BIH	Bosnia Herzegovina
182	626	TLS	Timor-Leste

Lista de países/regiões da ISO (continuação)			
#	Código ISO	Sigla ISO3	Nome
183	660	AIA	Anguilla
184	729	SDN	Sudan

Fonte: fornecido pela ISO.

A.1.3 Tabela de atividades econômicas ISIC v4

Tabela 7 – Tabela de classificação hierárquica de atividades econômicas ISIC v. 4

Reg.	Reg. pai	TagISIC	Description	Descrição
0	0	0	ISICv4 Total	ISICv4 Total
1	0	A	Agriculture, forestry and fishing	Agricultura, silvicultura e pecuária
2	1	1	Agriculture	Agricultura e pecuária
3	1	2	Forestry	Silvicultura
4	1	3	Fishing	Pesca
5	0	B	Mining and quarrying	Mineração e pedreiras
6	5	5	Mining of coal and lignite	Mineração de carvão e lignina
7	5	6	Extraction of crude petroleum and natural gas	Extração de petróleo e gás natural
8	5	7	Mining of metal ores	Mineração de minérios metálicos
9	8	71	Mining of iron ores	Mineração de minérios de ferro
10	8	72	Mining of non-ferrous metal ores	Mineração de minérios não-ferrosos
11	5	8	Other mining and quarrying	Outras atividades de mineração e pedreira
12	5	9	Mining support service activities	Atividades de serviço de suporte à mineração
13	0	C	Manufacturing	Manufatura / indústria
14	13	10	Manufacture of food products	Indústria de alimentos
15	13	11	Manufacture of beverages	Indústria de bebidas
16	13	12	Manufacture of tobacco products	Indústria de tabaco
17	13	13	Manufacture of textiles	Indústria têxtil
18	13	14	Manufacture of wearing apparel	Fabricação de vestuário

Continua..

Tabela de classificação hierárquica de atividades econômicas ISIC v. 4

Reg.	Reg. pai	TagISIC	Description	Descrição
19	13	15	Manufacture of leather and related products	Fabricação de couro e produtos afins
20	13	16	Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture; manufacture of articles of straw and plaiting materials	Fabricação de madeira e de produtos de madeira e cortiça, exceto móveis; fabricação de artigos de palha e de cestaria
21	13	17	Manufacture of paper and paper products	Fabricação de papel e produtos de papel
22	13	18	Printing and reproduction of recorded media	Impressão e reprodução de mídia gravada
23	13	19	Manufacture of coke and refined petroleum products	Fabricação de coque e produtos petrolíferos refinados
24	13	20	Manufacture of chemicals and chemical products	Fabricação de produtos químicos e produtos químicos
25	13	21	Manufacture of pharmaceuticals, medicinal chemical and botanical products	Fabricação de produtos farmacêuticos, produtos químicos medicinais e botânicos
26	13	22	Manufacture of rubber and plastics products	Fabricação de produtos de borracha e plásticos
27	13	23	Manufacture of other non-metallic mineral products	Fabricação de outros produtos minerais não metálicos
28	13	24	Manufacture of basic metals	Fabricação de metais básicos
29	28	241	Manufacture of basic iron and steel	Fabricação de ferro e aço básicos
30	28	242	Manufacture of basic precious and other non-ferrous metals	Fabricação de metais preciosos e outros metais não ferrosos
31	28	243	Casting of metals	Fundição de metais
32	31	2431	Casting of iron and steel	Fundição de ferro e aço
33	31	2432	Casting of non-ferrous metals	Fundição de metais não ferrosos
34	13	25	Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment	Fabricação de produtos metálicos fabricados, exceto máquinas e equipamentos

Continua..

Tabela de classificação hierárquica de atividades econômicas ISIC v. 4

Reg.	Reg. pai	TagISIC	Description	Descrição
35	13	26	Manufacture of computer, electronic and optical products	Fabricação de produtos informáticos, eletrônicos e ópticos
36	13	27	Manufacture of electrical equipment	Fabricação de equipamentos elétricos
37	13	28	Manufacture of machinery and equipment n.e.c.	Fabricação de máquinas e equipamentos n.e.c.
38	13	29	Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers	Fabricação de veículos automóveis, reboques e semirreboques
39	13	30	Manufacture of other transport equipment	Fabricação de outro equipamento de transporte
40	13	31	Manufacture of furniture	Fabricação de móveis
41	13	32	Other manufacturing	Outra fabricação
42	13	33	Repair and installation of machinery and equipment	Reparação e instalação de máquinas e equipamentos
43	0	D	Electricity, gas, steam and air conditioning supply	Suprimento de eletricidade, gás, vapor e ar condicionado
44	0	E	Water supply; sewerage, waste management and remediation activities	Fornecimento de água, esgoto, gerenciamento de resíduos e atividades de remediação
45	0	F	Construction	Construção
46	0	G	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	Vendas no atacado e varejo; reparo de automotores e motocicletas
47	0	H	Transportation and storage	Transporte e armazenamento
48	0	I	Accommodation and food service activities	Atividades de hospedagem e alimentação
49	0	J	Information and communication	Informação e comunicação
50	0	K	Financial and insurance activities	Seguros e finanças
51	0	L	Real estate activities	Imobiliárias
52	0	M	Professional, scientific and technical activities	Atividades profissionais, científicas e técnicas

Continua..

Tabela de classificação hierárquica de atividades econômicas ISIC v. 4

Reg.	Reg. pai	TagISIC	Description	Descrição
53	0	N	Administrative and support service activities	Atividades de suporte e administração
54	0	O	Public administration and defense; compulsory social security	Administração pública e defesa; previdência compulsória
55	0	P	Education	Educação
56	0	Q	Human health and social work activities	Saúde humana e assistência social
57	0	R	Arts, entertainment and recreation	Artes, entretenimento e recreação
58	0	S	Other service activities	Outras atividades de serviço
59	0	T	Activities of households as employers; undifferentiated goods- and services-producing activities of households for own use	Atividade de empregador doméstico; bens indiferenciados – e serviços – produção para uso próprio
60	0	U	Activities of extraterritorial organizations and bodies	Atividades de organizações extraterritoriais e corpos

Fonte: compilado pelo autor com dados da UNIDO.

A.2 Tabelas analíticas da produção de ferro e aço

A.2.1 Produção mundial de minério de ferro

A tabela 8 mostra a produção anual de minério de ferro de um conjunto de países que representam mais que 95% da produção entre os anos de 1997 e 2007, enquanto a tabela 9 apresenta os dados entre os anos de 2008 e 2016.

Tabela 8 – Produção de minério de ferro entre 1997 e 2007

Países_Anos	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Australia	165000	163300	153000	176300	181140	187210	211997	234697	257525	275091	298974
Brazil	187950	183050	188740	208830	210000	225100	245600	270522	292400	318629	336526
India	69400	71660	70220	74946	79210	86400	99100	120600	145500	165000	206939
China	125490	116038	111498	105257	102601	108758	122710	145749	200329	276441	401904
Russia	70870	72340	81853	86982	83046	84347	91368	96978	96828	103810	104953
Ukraine	53376	51066	47139	55622	54679	58897	62496	65542	68541	73010	77429
SouthAfrica	33230	32950	29510	33710	34760	36484	38086	39274	39542	41195	41559
Canada	38240	38720	34040	35930	27930	30902	33322	28596	30125	34094	34085
UnitedStates	62970	62930	57750	63090	45780	51500	48479	54700	54300	52900	52500
Iran	7000	12300	12400	12370	10313	10529	11385	12746	14828	18134	22000
Sweden	21893	20930	18853	20557	19486	20281	21498	22272	23256	23302	24713
Mauritania	11700	11400	10400	11450	10300	9600	10100	10719	10700	11127	11917
Venezuela	18660	17230	17000	17420	19030	20890	19195	20021	21179	22100	20650
Kazakhstan	13133	9336	9607	14898	14269	15481	17301	18726	16470	18608	18908
Mexico	10500	10500	11500	11326	8783	9942	11265	11483	11687	10718	10916
WLD	924386	906576	884565	959650	932046	986021	1074078	1184433	1320438	1482436	1705434
Sum	889412	873750	853510	928688	901327	956321	1043902	1152625	1283210	1444159	1663973
Sum (%)	96%	96%	96%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	98%
ROW	34974	32826	31055	30962	30719	29700	30176	31808	37228	38277	41461

Fonte: Produzido pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007).

Tabela 9 – Produção de minério de ferro entre 2008 e 2016

Países_Anos	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Australia	349822	394068	432779	477332	520032	608900	745735	811239	841800
Brazil	346000	305000	372000	397000	380086	391100	399400	422547	431400
India	223000	223600	209000	191800	152600	136100	139700	142500	184500
China	325882	240999	357000	358900	289000	315200	194700	123500	113700
Russia	99272	92050	99060	103805	103337	102497	101448	101973	104007
Ukraine	71807	65827	79170	81189	80826	83696	82409	81966	74967
SouthAfrica	48983	55423	55000	52900	59000	60600	66920	61380	68100
Canada	33386	32972	37501	37101	39401	41841	44196	45954	48700
UnitedStates	53600	26700	49900	54700	54000	52000	54300	43100	42000
Iran	32000	33000	35549	38260	43497	48693	48451	39370	40100
Sweden	23848	17680	25292	26113	26540	27285	28144	24600	26900
Mauritania	11222	11400	11109	11176	11170	12531	13306	11600	13500
Venezuela	21463	14900	14331	16348	16347	7831	5854	8251	12000
Kazakhstan	17295	17785	17921	17636	16722	19373	15546	11359	10064
Mexico	11688	11677	13998	12806	14916	18840	17248	14441	10000
WLD	1717559	1590622	1873847	1957627	1904465	2038962	2054078	2006346	2092138
Sum	1669268	1543081	1809610	1877066	1807474	1926487	1957357	1943780	2021738
Sum (%)	97%	97%	97%	96%	95%	94%	95%	97%	97%
ROW	48291	47541	64237	80561	96991	112475	96721	62566	70400

Fonte: Produzido pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2017).

A.2.2 Importação mundial de minério de ferro

A tabela 12 mostra a Importação mundial anual de minério de ferro por países entre os anos de 1997 a 2007, enquanto a tabela 13 apresenta os dados entre os anos de 2008 e 2016.

Tabela 10 – Importação mundial de minério de ferro entre 1997 e 2007 (em 1000 t)

Continua

Países	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Japan	126601	120782	120107	131733	126297	129088	132081	134884	132285	134287	138928
China	55106	51771	55274	69971	92393	111423	148128	208089	275260	326303	383618
Germany	41687	52530	38802	47503	40095	44298	33876	38861	39061	44850	46194
SouthKorea	38592	33612	35400	38980	45875	43311	43069	44225	42250	42807	43668
UnitedKingdom	21033	20765	17030	16779	15352	13316	16118	15299	16205	16441	17365
France	20176	19735	20304	19690	16707	19015	19040	20773	19498	19892	19364
UnitedStates	18599	17009	14244	15677	10645	12453	12497	11757	12992	11470	9389
Italy	16663	14165	15615	17619	15814	14898	15232	16715	17552	17845	17013
Taiwan,China	14043	14042	13237	14900	15571	15242	15608	15667	14579	15459	16035
Belgium-Luxembourg	11159	13494	12165	11830	11223	12192	11578	10438	9390	11370	9662
Poland	10337	9982	7327	9739	8261	6946	8744	9990	6782	8576	8747
Netherlands	8596	8831	7911	7334	7703	7370	14705	30279	37637	33562	31501
CzechRepublic	7383	7395	5357	6637	6887	6807	8221	9387	6802	7985	5046
Canada	7081	7201	7311	6566	5906	6845	6648	7979	9562	7551	7269
Romania	6625	6569	4171	5049	3900	6200	6978	6609	6601	5166	6260
Spain	5858	6584	6283	6265	6641	6158	5766	6107	6248	5511	5719
Russia	5396	6751	3327	9189	8799	9326	10489	10536	19208	10116	10682
Austria	5103	4910	4349	5426	5345	5775	5668	5783	4488	8413	9006
Argentina	5054	5470	4143	5074	4477	5219	6322	5407	6671	6686	6586
Philippines	4800	4800	4000	4300	4300	4676	4320	3573	4000	3818	2627
OtherEurope	4580	4441	4721	4600	3761	6102	7456	7163	8028	8803	13298
SlovakRepublic	4505	3975	4270	4742	4629	5130	5665	5279	5510	6692	5854
Finland	3732	3993	3819	3865	3916	3779	4212	3793	4216	3481	3156
Australia	3250	2600	2004	1857	1804	1990	1282	2284	1547	3144	4217
Bahrain	3163	2020	1755	3291	1836	2931	3290	3723	4146	3363	2910
Iran	3000	1700	1800	2400	3000	1845	538	597	657	1421	1038
Turkey	2951	3858	2973	4110	3550	5776	5474	4574	4621	5587	6088
Mexico	2800	4000	3900	3065	2292	2709	3645	4354	4181	3864	3127
SaudiArabia	2700	3300	3500	4550	4430	4676	4320	4100	9722	5546	4931
Malaysia	2618	1072	1356	1736	1568	1257	2436	2185	1891	2145	2677
Ukraine	2124	3430	4683	7417	6341	4986	7618	3338	2950	2097	3482
Indonesia	1871	1311	2070	2159	1292	1319	1622	1996	1548	1761	1737
Egypt	1804	2200	2200	3400	3255	3529	4393	4347	4516	4435	4435

Tabela 10 – Importação mundial de minério de ferro entre 1997 e 2007 (em 1000 t)

Continuação

Países	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
TrinidadandTobago	1689	1700	2300	2460	3338	3177	3248	3779	3900	4284	2894
Pakistan	1650	1378	1645	1477	1442	1500	1452	1041	2111	1309	1078
Bulgaria	1638	1706	1700	1800	1300	1500	1725	1725	1426	1785	923
Hungary	1453	2048	1744	2098	2184	1690	1777	1749	1211	988	967
Libya	1348	1700	1600	2100	1532	1652	1884	2312	3100	2309	2309
Serbia	1067	53	1259	302	23	119	1804	2057	2880	3000	3000
India	800	600	700	510	300	282	457	1019	1266	806	1122
Qatar	600	600	500	500	400	309	368	431	1300	1399	471
Norway	562	530	489	188	188	207	178	532	527	216	180
OtherMiddleEast	155			510	2			622	619	382	382
OtherSouthAmerica	150	150	150	261	300	160	160	252	193	210	0
OtherAfrica	143	80	80	200	197	0	0	135	46	617	333
Sweden	103	69	69	94	109	116	111	100	98	82	70
OtherAsia	96			4646	5118	0	0	986	773	1748	1250
Kazakhstan	48	209								183	1229
Denmark	6	3	3	3	5		1	2	4	3	43
OtherE.U.											5
OtherCIS											0
OtherNorthAmerica											0
Brazil											0
Colombia											9
Paraguay											
Peru											0
Venezuela					1				0	662	662
Algeria				0	0			0	46	543	543
SouthAfrica										133	480
UnitedArabEmirates				165			228	214	428	896	896
Bangladesh											44
HongKong											454
Singapore											77
Thailand											3
OtherOceania											0
World	476504	471485	443552	510783	506715	531296	583021	669897	752486	803008	861786

Tabela 10 – Importação mundial de minério de ferro entre 1997 e 2007 (em 1000 t)

Continuação

Países	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
SUM	480498	475124	447647	514767	510304	537299	590432	677047	760532	812002	871053
DIF	-586	-802	-626	-616	-172	-99	-45	-13	18	191	-1
DIF (%)	-0,12%	-0,17%	-0,14%	-0,12%	-0,03%	-0,02%	-0,01%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%

Fonte: compilado pelo autor com dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

Conclusão

Tabela 11 – Importação mundial de minério de ferro entre 2007 e 2016 (em 1000 t)

Continua

Países_Anos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Austria	9006	5017	3471	5955	6732	6056	5864	5100	5137	4152
Belgium-Luxembourg	9662	12726	3255	7527	7430	6311	6351	6812	6631	6998
Bulgaria	923	526	139	0	1	2	10	14	1	1
CzechRepublic	5046	6800	4803	3853	7366	5871	6237	6305	6370	6345
Denmark	43	99	49	51	100	78	40	29	53	85
Germany	46194	44339	51922	43082	39672	40724	40930	43030	40964	40031
Finland	3156	3121	2204	2984	3045	3221	2903	3078	3423	3516
France	19364	18290	10015	15245	13512	13604	15285	17106	15655	13947
Hungary	967	1900	1493	1888	1781	1632	845	1265	1641	1208
Italy	17013	16313	8160	10863	14675	13434	11522	9511	8076	9151
Netherlands	31501	32639	21638	33944	33432	28269	31883	29675	30911	30574
Poland	8747	7785	3752	5563	5968	6583	6640	7433	7247	7061
Romania	6260	4446	806	2462	2187	2023	2546	2226	2964	2720
SlovakRepublic	5854	5536	4186	5174	5103	5404	5647	6012	5536	6031
Spain	5719	6328	3951	5877	5144	4506	6259	5699	6377	6010
Sweden	70	71	41	55	51	44	26	26	70	175
UnitedKingdom	17365	15283	9186	10597	9175	10062	14137	14469	12047	9292
OtherE.U.	5	0	18	1	4	5	4	11	28	22
EuropeanUnion(28)	186895	181219	129089	155124	155378	147830	157129	157800	153130	147318
Norway	180	152	134	149	128	93	74	49	27	75
Serbia	3000	3100	3100	3422	1621	241	338	293	1287	1771
Turkey	6088	6900	5685	6382	6644	7842	8114	8544	10011	10418
OtherEurope	4030	6	0	5	149	12	9	13	12	14
OtherEurope	13298	10158	8919	9959	8542	8188	8536	8900	11338	12277
Kazakhstan	1229	1936	504	624	...	0	...	0	...	...
Russia	10682	11752	8404	4524	146	225	86	10341	8103	7204
Ukraine	3482	2869	3339	2738	1838	2882	3110	3212	2255	1765
OtherCIS					7	45	22	48	52	186
C.I.S.	15393	16556	12247	7886	1991	3153	3219	13601	10410	9154
Canada	7269	9073	3103	8126	7129	6500	6112	8955	6596	7100
Mexico	3127	3875	557	1426	1460	1368	1142	1551	1460	3699
TrinidadandTobago	2894	4252	2340	4347	4381	4691	4659	5445	7779	5890
UnitedStates	9389	9236	...	6417	5268	5132	3172	5097	4550	3079

Tabela 11 – Importação mundial de minério de ferro entre 2007 e 2016 (em 1000 t)

Continuação

Países_Anos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
OtherNorthAmerica	0	0	1	0	257	5	1	0	0	1
NorthAmerica	22679	26435	6001	20316	18494	17696	15086	21049	20385	19768
Argentina	6586	7176	3229	6400	6891	5328	5828	6385	5189	4298
Brazil	0	66	...	126	0	0	0	5	0	0
Colombia	9	150	20	9	4	3	3	0	1	1
Paraguay	...	...	...	...	135	48	49	81	108	100
Peru	0	170	0	30	30	0	0	0	0	0
Venezuela	662	387	...	...	182	0	0	...	...	...
OtherSouthAmerica	0	...	0	1	0	1	0	0	0	1
SouthAmerica	7258	7948	3249	6565	7241	5382	5879	6471	5297	4400
Algeria	543	213	0	117	11	26	0	0	0	2
Egypt	4435	3562	4583	4178	4343	4235	3824	3249	2209	4062
Libya	2309	2539	1304	2257	63	844	1819	1377	306	888
SouthAfrica	480	485	352	401	417	558	476	479	429	341
OtherAfrica	333	86	0	1	85	12	167	371	2	51
Africa	8100	6884	6239	6953	4918	5675	6287	5476	2946	5344
Bahrain	2910	7964	4144	6330	7217	5103	2969	5460	6059	4853
Iran	1038	929	216	...	...	39	0	500	492	390
Qatar	471	1616	1680	1777	3797	2714	2431	2268	2451	1630
SaudiArabia	4931	7638	6039	9019	7516	4161	3575	5111	4031	3627
UnitedArabEmirates	896	300	199	3130	2807	3050	3051	2703	3850	2282
OtherMiddleEast	382	0	47	154	6466	10254	10137	10506	10943	9202
MiddleEast	10628	18447	12324	20411	27803	25321	22163	26549	27825	21985
Bangladesh	44	102	101	0	158	...	...	...	0	...
China	383618	444028	628175	618915	686747	745434	820175	933108	953370	1024709
HongKong	454	835	1281	786	811	242	724	4754	3655	3647
India	1122	600	623	450	1316	2822	1115	7413	9515	3597
Indonesia	1737	2300	1488	2029	1804	973	1932	3869	5424	5110
Japan	138928	140351	105471	134335	128489	131114	135886	136436	131010	130035
SouthKorea	43668	49441	41601	56298	64857	65998	63372	73507	73282	71741
Malaysia	2677	3043	2523	3199	2852	3291	1711	3814	14742	22966
Pakistan	1078	489	37	2	116	...	0	80	...	...
Philippines	2627	2700	1066	2334	3045	6746	6891	6352	15836	4230

Tabela 11 – Importação mundial de minério de ferro entre 2007 e 2016 (em 1000 t)

Continuação

Países_Anos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Singapore	77	...	...	...	...	1	0	1	1	1
Taiwan,China	16035	15571	11912	18930	20507	18396	21773	23039	23814	23462
Thailand	3	40	...	...	82	11	11	4	...	...
OtherAsia	1250	1604	1940	1807	245	14110	234	114	298	14640
Asia	593319	661105	796219	839084	911030	989138	1053825	1192491	1230947	1304138
Australia	4217	4649	3852	5503	4987	3951	4070	3003	2792	815
OtherOceania	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
Oceania	4218	4649	3852	5503	4988	3952	4071	3004	2793	815
World	861786	933401	978139	1071802	1140385	1206334	1276195	1435340	1465071	1525200

Fonte: compilado pelo autor com dados da WorldSteel (2017), WorldSteel (2007).

Conclusão

A.2.3 Exportação mundial de minério de ferro

A tabela 12 mostra a Exportação mundial anual de minério de ferro por países entre os anos de 1997 a 2007, enquanto a tabela 13 apresenta os dados entre os anos de 2008 e 2016.

Tabela 12 – Importação mundial de minério de ferro entre 1997 e 2007 (em 1000 t)

Continua

Países	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Japan	126601	120782	120107	131733	126297	129088	132081	134884	132285	134287	138928
China	55106	51771	55274	69971	92393	111423	148128	208089	275260	326303	383618
Germany	41687	52530	38802	47503	40095	44298	33876	38861	39061	44850	46194
SouthKorea	38592	33612	35400	38980	45875	43311	43069	44225	42250	42807	43668
UnitedKingdom	21033	20765	17030	16779	15352	13316	16118	15299	16205	16441	17365
France	20176	19735	20304	19690	16707	19015	19040	20773	19498	19892	19364
UnitedStates	18599	17009	14244	15677	10645	12453	12497	11757	12992	11470	9389
Italy	16663	14165	15615	17619	15814	14898	15232	16715	17552	17845	17013
Taiwan,China	14043	14042	13237	14900	15571	15242	15608	15667	14579	15459	16035
Belgium-Luxembourg	11159	13494	12165	11830	11223	12192	11578	10438	9390	11370	9662
Poland	10337	9982	7327	9739	8261	6946	8744	9990	6782	8576	8747
Netherlands	8596	8831	7911	7334	7703	7370	14705	30279	37637	33562	31501
CzechRepublic	7383	7395	5357	6637	6887	6807	8221	9387	6802	7985	5046
Canada	7081	7201	7311	6566	5906	6845	6648	7979	9562	7551	7269
Romania	6625	6569	4171	5049	3900	6200	6978	6609	6601	5166	6260
Spain	5858	6584	6283	6265	6641	6158	5766	6107	6248	5511	5719
Russia	5396	6751	3327	9189	8799	9326	10489	10536	19208	10116	10682
Austria	5103	4910	4349	5426	5345	5775	5668	5783	4488	8413	9006
Argentina	5054	5470	4143	5074	4477	5219	6322	5407	6671	6686	6586
Philippines	4800	4800	4000	4300	4300	4676	4320	3573	4000	3818	2627
OtherEurope	4580	4441	4721	4600	3761	6102	7456	7163	8028	8803	13298
SlovakRepublic	4505	3975	4270	4742	4629	5130	5665	5279	5510	6692	5854
Finland	3732	3993	3819	3865	3916	3779	4212	3793	4216	3481	3156
Australia	3250	2600	2004	1857	1804	1990	1282	2284	1547	3144	4217
Bahrain	3163	2020	1755	3291	1836	2931	3290	3723	4146	3363	2910
Iran	3000	1700	1800	2400	3000	1845	538	597	657	1421	1038
Turkey	2951	3858	2973	4110	3550	5776	5474	4574	4621	5587	6088
Mexico	2800	4000	3900	3065	2292	2709	3645	4354	4181	3864	3127
SaudiArabia	2700	3300	3500	4550	4430	4676	4320	4100	9722	5546	4931
Malaysia	2618	1072	1356	1736	1568	1257	2436	2185	1891	2145	2677
Ukraine	2124	3430	4683	7417	6341	4986	7618	3338	2950	2097	3482
Indonesia	1871	1311	2070	2159	1292	1319	1622	1996	1548	1761	1737
Egypt	1804	2200	2200	3400	3255	3529	4393	4347	4516	4435	4435

Tabela 12 – Importação mundial de minério de ferro entre 1997 e 2007 (em 1000 t)

Continuação

Países	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
TrinidadandTobago	1689	1700	2300	2460	3338	3177	3248	3779	3900	4284	2894
Pakistan	1650	1378	1645	1477	1442	1500	1452	1041	2111	1309	1078
Bulgaria	1638	1706	1700	1800	1300	1500	1725	1725	1426	1785	923
Hungary	1453	2048	1744	2098	2184	1690	1777	1749	1211	988	967
Libya	1348	1700	1600	2100	1532	1652	1884	2312	3100	2309	2309
Serbia	1067	53	1259	302	23	119	1804	2057	2880	3000	3000
India	800	600	700	510	300	282	457	1019	1266	806	1122
Qatar	600	600	500	500	400	309	368	431	1300	1399	471
Norway	562	530	489	188	188	207	178	532	527	216	180
OtherMiddleEast	155			510	2			622	619	382	382
OtherSouthAmerica	150	150	150	261	300	160	160	252	193	210	0
OtherAfrica	143	80	80	200	197	0	0	135	46	617	333
Sweden	103	69	69	94	109	116	111	100	98	82	70
OtherAsia	96			4646	5118	0	0	986	773	1748	1250
Kazakhstan	48	209								183	1229
Denmark	6	3	3	3	5		1	2	4	3	43
OtherE.U.											5
OtherCIS											0
OtherNorthAmerica											0
Brazil											0
Colombia											9
Paraguay											
Peru											0
Venezuela					1				0	662	662
Algeria				0	0			0	46	543	543
SouthAfrica										133	480
UnitedArabEmirates				165			228	214	428	896	896
Bangladesh											44
HongKong											454
Singapore											77
Thailand											3
OtherOceania											0
World	476504	471485	443552	510783	506715	531296	583021	669897	752486	803008	861786

Tabela 12 – Importação mundial de minério de ferro entre 1997 e 2007 (em 1000 t)

Continuação

Países	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
SUM	480498	475124	447647	514767	510304	537299	590432	677047	760532	812002	871053
DIF	-586	-802	-626	-616	-172	-99	-45	-13	18	191	-1
DIF (%)	-0,12%	-0,17%	-0,14%	-0,12%	-0,03%	-0,02%	-0,01%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%

Fonte: compilado pelo autor com dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

Conclusão

Tabela 13 – Importação mundial de minério de ferro entre 2007 e 2016 (em 1000 t)

Continua

Países_Anos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Austria	9006	5017	3471	5955	6732	6056	5864	5100	5137	4152
Belgium-Luxembourg	9662	12726	3255	7527	7430	6311	6351	6812	6631	6998
Bulgaria	923	526	139	0	1	2	10	14	1	1
CzechRepublic	5046	6800	4803	3853	7366	5871	6237	6305	6370	6345
Denmark	43	99	49	51	100	78	40	29	53	85
Germany	46194	44339	51922	43082	39672	40724	40930	43030	40964	40031
Finland	3156	3121	2204	2984	3045	3221	2903	3078	3423	3516
France	19364	18290	10015	15245	13512	13604	15285	17106	15655	13947
Hungary	967	1900	1493	1888	1781	1632	845	1265	1641	1208
Italy	17013	16313	8160	10863	14675	13434	11522	9511	8076	9151
Netherlands	31501	32639	21638	33944	33432	28269	31883	29675	30911	30574
Poland	8747	7785	3752	5563	5968	6583	6640	7433	7247	7061
Romania	6260	4446	806	2462	2187	2023	2546	2226	2964	2720
SlovakRepublic	5854	5536	4186	5174	5103	5404	5647	6012	5536	6031
Spain	5719	6328	3951	5877	5144	4506	6259	5699	6377	6010
Sweden	70	71	41	55	51	44	26	26	70	175
UnitedKingdom	17365	15283	9186	10597	9175	10062	14137	14469	12047	9292
OtherE.U.	5	0	18	1	4	5	4	11	28	22
EuropeanUnion(28)	186895	181219	129089	155124	155378	147830	157129	157800	153130	147318
Norway	180	152	134	149	128	93	74	49	27	75
Serbia	3000	3100	3100	3422	1621	241	338	293	1287	1771
Turkey	6088	6900	5685	6382	6644	7842	8114	8544	10011	10418
OtherEurope	4030	6	0	5	149	12	9	13	12	14
OtherEurope	13298	10158	8919	9959	8542	8188	8536	8900	11338	12277
Kazakhstan	1229	1936	504	624	...	0	...	0	...	...
Russia	10682	11752	8404	4524	146	225	86	10341	8103	7204
Ukraine	3482	2869	3339	2738	1838	2882	3110	3212	2255	1765
OtherCIS					7	45	22	48	52	186
C.I.S.	15393	16556	12247	7886	1991	3153	3219	13601	10410	9154
Canada	7269	9073	3103	8126	7129	6500	6112	8955	6596	7100
Mexico	3127	3875	557	1426	1460	1368	1142	1551	1460	3699
TrinidadandTobago	2894	4252	2340	4347	4381	4691	4659	5445	7779	5890
UnitedStates	9389	9236	...	6417	5268	5132	3172	5097	4550	3079

Tabela 13 – Importação mundial de minério de ferro entre 2007 e 2016 (em 1000 t)

Continuação

Países_Anos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
OtherNorthAmerica	0	0	1	0	257	5	1	0	0	1
NorthAmerica	22679	26435	6001	20316	18494	17696	15086	21049	20385	19768
Argentina	6586	7176	3229	6400	6891	5328	5828	6385	5189	4298
Brazil	0	66	...	126	0	0	0	5	0	0
Colombia	9	150	20	9	4	3	3	0	1	1
Paraguay	...	...	...	...	135	48	49	81	108	100
Peru	0	170	0	30	30	0	0	0	0	0
Venezuela	662	387	...	...	182	0	0	...	...	...
OtherSouthAmerica	0	...	0	1	0	1	0	0	0	1
SouthAmerica	7258	7948	3249	6565	7241	5382	5879	6471	5297	4400
Algeria	543	213	0	117	11	26	0	0	0	2
Egypt	4435	3562	4583	4178	4343	4235	3824	3249	2209	4062
Libya	2309	2539	1304	2257	63	844	1819	1377	306	888
SouthAfrica	480	485	352	401	417	558	476	479	429	341
OtherAfrica	333	86	0	1	85	12	167	371	2	51
Africa	8100	6884	6239	6953	4918	5675	6287	5476	2946	5344
Bahrain	2910	7964	4144	6330	7217	5103	2969	5460	6059	4853
Iran	1038	929	216	...	...	39	0	500	492	390
Qatar	471	1616	1680	1777	3797	2714	2431	2268	2451	1630
SaudiArabia	4931	7638	6039	9019	7516	4161	3575	5111	4031	3627
UnitedArabEmirates	896	300	199	3130	2807	3050	3051	2703	3850	2282
OtherMiddleEast	382	0	47	154	6466	10254	10137	10506	10943	9202
MiddleEast	10628	18447	12324	20411	27803	25321	22163	26549	27825	21985
Bangladesh	44	102	101	0	158	...	...	...	0	...
China	383618	444028	628175	618915	686747	745434	820175	933108	953370	1024709
HongKong	454	835	1281	786	811	242	724	4754	3655	3647
India	1122	600	623	450	1316	2822	1115	7413	9515	3597
Indonesia	1737	2300	1488	2029	1804	973	1932	3869	5424	5110
Japan	138928	140351	105471	134335	128489	131114	135886	136436	131010	130035
SouthKorea	43668	49441	41601	56298	64857	65998	63372	73507	73282	71741
Malaysia	2677	3043	2523	3199	2852	3291	1711	3814	14742	22966
Pakistan	1078	489	37	2	116	...	0	80	...	...
Philippines	2627	2700	1066	2334	3045	6746	6891	6352	15836	4230

Tabela 13 – Importação mundial de minério de ferro entre 2007 e 2016 (em 1000 t)

Continuação

Países_Anos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Singapore	77	...	...	...	...	1	0	1	1	1
Taiwan,China	16035	15571	11912	18930	20507	18396	21773	23039	23814	23462
Thailand	3	40	...	...	82	11	11	4	...	...
OtherAsia	1250	1604	1940	1807	245	14110	234	114	298	14640
Asia	593319	661105	796219	839084	911030	989138	1053825	1192491	1230947	1304138
Australia	4217	4649	3852	5503	4987	3951	4070	3003	2792	815
OtherOceania	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
Oceania	4218	4649	3852	5503	4988	3952	4071	3004	2793	815
World	861786	933401	978139	1071802	1140385	1206334	1276195	1435340	1465071	1525200

Fonte: compilado pelo autor com dados da WorldSteel (2017), WorldSteel (2007).

Conclusão

A.2.4 Produção mundial de aço em pelotas

A tabela 14 mostra a produção mundial anual de aço em pelotas por países entre os anos de 1996 a 2007, enquanto a tabela 15 apresenta os dados entre os anos de 2008 e 2016.

Tabela 14 – Produção mundial de pelotas de aço entre 1997 e 2007 (em 1000 t)

Continua

Países	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Austria	3966	4021	3913	4318	4375	4669	4677	4847	5444	5547	5908
Belgium	8076	8618	8430	8471	7732	7988	7813	8224	7254	7516	6577
CzechRepublic	5195	4982	4023	4621	4671	4840	5207	5384	4627	5192	5287
Germany	30940	30162	27934	30845	29184	29427	29481	30018	28854	30360	30562
Finland	2786	2920	2954	2983	2852	2828	3092	3037	3056	3158	2915
France	13316	13458	13852	13916	12298	13510	12972	13198	12705	13013	12426
Hungary	1140	1259	1310	1340	1226	1335	1333	1351	1338	1336	1393
Italy	11305	10771	10621	11220	11220	9775	10148	10604	11423	11497	11110
Netherlands	5805	5562	5307	4970	5305	5367	5846	6011	6031	5417	6412
Poland	7295	6179	5233	6492	5440	5294	5632	6400	4477	5333	5804
Romania	4538	4525	3006	2985	3085	3976	4101	4244	4098	3975	3923
SlovakRepublic	3072	2756	2987	3166	3255	3533	3892	3765	3681	4145	4012
Spain	3927	4236	4058	4059	4219	4021	3645	4036	4160	3432	3976
Sweden	3060	3149	3212	3145	3614	3703	3710	3871	3730	3577	3816
UnitedKingdom	13054	12746	12139	10890	9870	8561	10228	10180	10189	10696	10960
EuropeanUnion(15)	117475	115344	108979	113421	108346	108827	111777	115170	111067	114194	115081
Norway	70	70	70	70	70	108	110	100	100	100	111
Serbia	907	850	139	598	456	485	635	1003	1208	1762	1485
Turkey	5565	5286	5181	5333	5289	5003	5706	5836	5970	5952	6235
OtherEurope	12823	12201	9628	10285	10191	10724	12019	12420	12536	13017	7832
Europe	130298	127545	118607	123706	118537	119551	123796	127590	123603	127211	122913
Kazakhstan	3089	2594	3468	4010	3906	4008	4123	4312	3624	3393	3240
Russia	37207	34736	40033	44536	44947	46251	48325	50321	48410	51742	51043
Ukraine	20496	20777	21937	25697	26364	27634	29528	31056	30782	32937	35647
C.I.S.	60792	58107	65438	74243	75217	77893	81976	85689	82816	88072	89930
Canada	9567	8937	8857	8904	8302	8670	8554	8828	8274	8305	8579
Mexico	4450	4532	4822	4856	4373	3996	4183	4278	4047	3790	4078
UnitedStates	49604	48230	46268	47878	42107	40225	40644	42291	37222	37903	36337
NorthAmerica	63621	61699	59947	61638	54782	52891	53381	55397	49543	49998	48994
Argentina	2080	2122	1984	2186	1917	2180	2402	2392	2646	2481	2593
Brazil	25013	25111	24549	27723	27391	29694	32038	34558	33884	32452	35571
Chile	941	993	1030	1024	897	964	988	1137	1074	1115	1147
Colombia	324	256	264	285	319	311	283	312	325	360	341

Tabela 14 – Produção mundial de pelotas de aço entre 1997 e 2007 (em 1000 t)

Continuação

Países	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Paraguay	79	66	61	82	72	87	98	119	123	128	110
Peru	264	283	197	327	316	240	226	272	263	306	353
SouthAmerica	28701	28831	28085	31627	30912	33476	36035	38790	38315	36842	40115
Algeria	526	757	807	767	800	960	965	994	952	1093	1193
Egypt	1514	1357	1020	990	1160	1100	1080	1000	1100	1100	1000
SouthAfrica	6192	6893	6005	6292	5820	5823	6234	6011	6130	6159	5358
Zimbabwe	216	217	270	277	156	122	182	125	129	38	38
Africa	8448	9224	8102	8326	7936	8005	8461	8130	8311	8390	7589
Iran	2150	2117	2112	2202	2183	2182	2231	2096	2305	2041	2118
MiddleEast	2150	2117	2112	2202	2183	2182	2231	2096	2305	2041	2118
China	115114	118521	125330	131034	147067	170745	213785	256738	344732	413635	476604
India	21096	20194	20139	21321	21875	24315	26550	25117	27125	28256	36488
Japan	78519	74981	74520	81071	78836	80979	82091	82974	83058	84270	86771
DPRKorea(e)	500	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
SouthKorea	22712	23299	23329	24937	25898	26570	27314	27556	27309	27559	29437
Pakistan	1068	1000	1000	1000	1067	1000	1000	1000	1000	850	1002
Taiwan,China	8870	9374	8890	9618	10001	10169	10260	10354	9447	10407	10518
Vietnam	41	48	66	47	48	146	200	187	202	211	170
Asia	247920	247667	253524	269278	285042	314174	361450	404176	493123	565438	641240
Australia	7685	7723	7047	7049	6017	6106	6116	5735	6203	6433	6369
NewZealand	534	609	620	603	646	617	700	719	652	664	679
Oceania	8219	8332	7667	7652	6663	6723	6816	6454	6855	7097	7048
World	546646	539518	541061	576276	578475	611088	670103	724092	800787	881130	961014
SUM	550149	543522	543482	578672	581272	614895	674146	728322	804871	885089	959947
DIFF	3.503	4.004	2.421	2.396	2.797	3.807	4.043	4.230	4.084	3.959	-1.067
DIFF (%)	0,64%	0,74%	0,45%	0,42%	0,48%	0,62%	0,60%	0,58%	0,51%	0,45%	-0,11%

Fonte: compilado pelo autor com dados da WorldSteel (2017), WorldSteel (2007).

Conclusão

Tabela 15 – Produção mundial de pelotas de aço entre 2008 e 2016 (em 1000 t)

Continua

Países	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 Continua
Austria	5795	4353	5621	5815	5751	6152	6029	5805	5642
Belgium	6977	3087	4688	4725	4073	4343	4388	4248	4869
CzechRepublic	4737	3483	3987	4137	3935	4040	4152	4031	4165
Germany	28592	19715	28112	27563	26493	26678	27379	27842	27270
Finland	2943	2042	2564	2500	2130	2050	2475	2594	2670
France	11372	8104	10137	9698	9532	10276	10866	10097	9724
Hungary	1289	1050	1325	1317	1229	628	801	1247	863
Italy	10377	5692	8555	9838	9424	6933	6371	5051	6044
Netherlands	5998	4601	5799	5943	5917	5681	5868	6050	6092
Poland	4934	2984	3638	3975	3952	4011	4637	4821	4674
Romania	2958	1575	1726	1593	1467	1604	1631	1983	1972
SlovakRepublic	3529	3019	3649	3346	3520	3617	3838	3738	3987
Spain	3784	2920	3572	3540	3081	3949	3958	4450	4116
Sweden	3583	1966	3447	3240	2805	2896	3078	2865	3079
UnitedKingdom	10137	7671	7233	6625	7183	9471	9705	8774	6142
EuropeanUnion(15)	107005	72262	94053	93855	90492	92329	95176	93596	91309
Norway	108	83	108	101	100	106	102	100	100
Serbia	1582	1008	1235	1226	312	365	550	904	1154
Turkey	6704	7004	7679	8173	8613	9180	9364	10184	10304
OtherEurope	8637	8577	9643	10184	9774	10411	10876	12033	12336
Europe	115642	80839	103696	104039	100266	102740	106052	105629	103645
Kazakhstan	2761	2409	2640	3190	2831	2756	3185	3235	3302
Russia	48295	43945	47934	48117	50529	50111	51479	52553	51820
Ukraine	30981	25676	27349	28867	28500	29094	24788	21797	23618
C.I.S.	82037	72030	77923	80174	81860	81961	79452	77585	78740
Canada	8770	5273	7666	7323	7654	6100	6728	5851	6240
Mexico	4450	3919	4707	4609	4611	4911	5115	4573	4476
UnitedStates	33729	19018	26843	30227	32062	30308	29374	25435	22293
NorthAmerica	46949	28210	39216	42159	44327	41319	41217	35859	33009
Argentina	2581	2042	2532	2801	2073	2650	2766	2685	2141
Brazil	34925	25135	30955	33319	26900	26200	27016	27803	26036
Chile	1109	923	635	1072	1068	766	584	644	677
Colombia	308	342	327	302	345	307	234	240	225

Tabela 15 – Produção mundial de pelotas de aço entre 2008 e 2016 (em 1000 t)

Continuação

Países	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Paraguay	94	71	81	42	67	69	71	73	50
Peru	345								
SouthAmerica	39362	28513	34530	37536	30453	29992	30671	31445	29129
Algeria	690	680	696	360	350	300	300	300	300
Egypt	900	800	600	600	550	550	550	500	500
SouthAfrica	5138	4444	5429	4604	4599	4928	4402	4464	4311
Zimbabwe									
Africa	6728	5924	6725	5564	5499	5778	5252	5264	5111
Iran	2176	2433	2540	2242	2143	2007	2782	2459	2251
MiddleEast	2176	2433	2540	2242	2143	2007	2782	2459	2251
China	483226	568634	595601	645429	670102	748084	716487	695869	700740
India	37313	38233	39560	43624	47987	51359	55166	58394	63714
Japan	86171	66943	82283	81028	81405	83849	83872	81011	80186
DPRKorea(e)	250	250	250	250	250	250	250	250	250
SouthKorea	31043	27284	35065	42213	41734	41045	46909	47639	46336
Pakistan	915	629	415	358	198	165	142	163	
Taiwan,China	9823	7939	9358	12718	11785	13319	14440	14370	14890
Vietnam	255	275	500	600	650	650	1393	1700	2600
Asia	648996	710187	763032	826220	854111	938721	918659	899396	908716
Australia	6057	4370	6005	5265	3710	3477	3282	3594	3642
NewZealand	622	608	667	659	670	682	680	678	670
Oceania	6679	4978	6672	5924	4380	4159	3962	4272	4312
World	949011	933115	1034337	1103856	1123042	1206677	1188050	1162386	1165438
SUM	948569	933114	1034334	1103858	1123039	1206677	1188047	1161909	1164913
DIFF	-442	-1	-3	2	-3	0	-3	-477	-525
DIFF (%)	-0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,04%	-0,05%

Fonte: compilado pelo autor com dados da WorldSteel (2017), WorldSteel (2007).

Conclusão

A.2.5 Produção mundial de aço bruto

A tabela 16 mostra a produção mundial anual de aço bruto entre os anos de 1997 a 2006. A tabela 17 mostra a produção mundial anual de aço bruto entre os anos de 2007 a 2016.

Tabela 16 – Produção mundial de aço bruto entre 1997 e 2006 (em 1000t)

Países_Anos	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
China	108911	114588	123954	127236	150906	182249	222413	280486	355790	422660
Japan	104545	93548	94192	106444	102866	107745	110511	112718	112471	116226
UnitedStates	98485	98658	97427	101803	90104	91587	93677	99681	94897	98557
Russia	48502	43822	51510	59136	58970	59777	61450	65583	66146	70830
Germany	45007	44046	42062	46376	44803	45015	44809	46374	44524	47224
SouthKorea	42554	39896	41042	43107	43852	45390	46310	47521	47820	48455
Brazil	26153	25760	24996	27865	26717	29604	31147	32909	31610	30901
Italy	25842	25714	24878	26759	26545	26066	27058	28604	29350	31624
Ukraine	25629	24445	27453	31767	33108	34050	36932	38738	38641	40899
India	24415	23480	24296	26924	27291	28814	31779	32626	45780	49450
France	19767	20126	20200	20954	19343	20258	19758	20770	19481	19852
UnitedKingdom	18501	17315	16298	15155	13543	11667	13268	13766	13239	13871
Taiwan,China	16056	16965	15438	16896	17261	18230	18832	19599	18942	20000
Canada	15553	15930	16235	16595	15276	16002	15929	16305	15327	15493
Turkey	14475	14144	14313	14325	14981	16467	18298	20478	20965	23308
Mexico	14246	14218	15274	15631	13300	14010	15159	16737	16195	16313
Spain	13683	14827	14882	15874	16504	16408	16286	17621	17826	18391
Poland	11585	9915	8848	10498	8809	8368	9107	10593	8336	10008
Belgium	10739	11425	10931	11636	10762	11343	11114	11698	10420	11631
SouthAfrica	8311	7956	7857	8481	8821	9095	9481	9500	9494	9718
Netherlands	6641	6377	6075	5666	6037	6117	6571	6848	6919	6372
Iran	6322	5602	6070	6600	6916	7321	7869	8682	9404	9789
Austria	5181	5282	5202	5707	5869	6189	6261	6530	7031	7129
SaudiArabia	2539	2356	2610	2981	3413	3570	3944	3902	4186	3974
VietNam	314	306	308	306	319	409	544	689	890	1400
World	798954	777330	788970	847671	850266	903929	969743	1068691	1146203	1249997
TOTSEL	713956	696701	712351	764722	766316	815751	878507	968958	1045684	1144075
TOTSEL (%)	89%	90%	90%	90%	90%	90%	91%	91%	91%	92%
ROW	84998	80629	76619	82949	83950	88178	91236	99733	100519	105922

Fonte: compilado pelo autor com dados da WorldSteel (2017), WorldSteel (2007).

Tabela 17 – Produção mundial de aço bruto entre 2007 e 2016 (em 1000t)

Países_Anos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
China	489712	512339	577070	638743	701968	731040	822000	822306	803825	808366
Japan	120203	118739	87534	109599	107601	107232	110595	110666	105134	104775
UnitedStates	98101	91895	59384	80495	86398	88695	86878	88174	78845	78475
Russia	72387	68510	60011	66942	68852	70209	69008	71461	70898	70808
Germany	48550	45833	32670	43830	44284	42661	42645	42943	42676	42080
SouthKorea	51517	53625	48572	58914	68519	69073	66061	71543	69670	68576
Brazil	33782	33716	26506	32948	35220	34524	34163	33897	33256	31275
Italy	31553	30590	19848	25750	28735	27252	24093	23714	22018	23373
Ukraine	42830	37279	29855	33432	35332	32975	32771	27170	22968	24218
India	53468	57791	63527	68976	73471	77264	81299	87292	89026	95477
France	19250	17879	12840	15414	15780	15609	15685	16143	14984	14413
UnitedKingdom	14317	13521	10079	9709	9478	9579	11858	12120	10907	7635
Taiwan,China	20903	19882	15814	19755	20178	20664	22282	23121	21392	21751
Canada	15572	14945	9292	13009	12891	13507	12417	12730	12473	12646
Turkey	25754	26806	25304	29143	34107	35885	34654	34035	31517	33163
Mexico	17573	17209	14132	16870	18110	18073	18242	18930	18218	18809
Spain	18999	18640	14358	16343	15504	13639	14252	14249	14845	13616
Poland	10632	9728	7128	7993	8779	8366	7950	8558	9198	9001
Belgium	10692	10673	5635	7973	8026	7301	7093	7331	7257	7687
SouthAfrica	9098	8246	7484	7617	7546	6938	7162	6412	6417	6141
Netherlands	7368	6853	5194	6651	6937	6879	6713	6964	6995	6917
Iran	10051	9964	10908	11995	13197	14463	15422	16331	16146	17895
Austria	7578	7594	5662	7206	7474	7421	7953	7876	7687	7438
SaudiArabia	4644	4667	4690	5015	5275	5203	5471	6291	5229	5461
VietNam	2024	2250	2700	4314	4900	5298	5474	5847	5647	7811
World	1348108	1343429	1238755	1433433	1538003	1560131	1650354	1669450	1620001	1628049
TOTSEL	1236558	1239174	1156197	1338636	1438562	1469750	1562141	1576104	1527228	1537807
TOTSEL (%)	92%	92%	93%	93%	94%	94%	95%	94%	94%	94%
ROW	111550	104255	82558	94797	99441	90381	88213	93346	92773	90242

Fonte: compilado pelo autor com dados da WorldSteel (2017), WorldSteel (2007).

A.2.6 Consumo aparente de aço (em aço bruto equivalente)

A tabela 18 mostra a consumo aparente de aço bruto entre os anos de 1996 a 2006. A tabela 19 mostra a produção mundial anual de aço bruto entre os anos de 2007 a 2016.

Tabela 18 – Consumo aparente de aço (equivalente em aço bruto) entre 1996 e 2006 (em 1000t)

Continua

Países	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
United States	124114	135280	127949	133353	114397	118268	105776	123835	113326	128545
China	114721	122939	136181	138086	170648	205720	258580	296580	353020	384320
Japan	85500	72500	71000	79600	75200	73600	76400	80500	82900	83300
South Korea	39900	25800	35200	40000	39700	45400	47500	49100	49000	51600
Germany	38921	40464	38974	42087	39938	37914	38046	38736	38612	42186
Italy	29308	31869	31469	32479	32473	31722	33619	34810	33360	38752
India	27300	27100	29900	30200	31200	30200	34179	36894	43660	48572
Taiwan	25240	24220	24470	25300	20910	24470	23830	26460	23890	23790
Russia	18600	18400	21589	29412	31861	29260	29062	32509	36128	42781
Canada	17700	18200	18200	19800	16900	17671	17233	19314	18014	19252
France	17695	19757	19623	21041	18745	18571	17126	18738	16954	18084
Brazil	17000	16100	15700	17500	18500	19673	17730	20350	18680	20590
United Kingdom	15420	16390	15480	15170	15110	14080	14200	14990	13090	14710
Mexico	14438	16832	17623	19800	18790	19673	20608	22298	22403	25449
Spain	14400	16500	18500	18600	19900	20600	27255	27239	26771	30437
Turkey	12440	13490	11530	13370	14346	14966	16798	18581	20582	24299
Malaysia	9036	4620	6354	6997	8246	7879	6693	7707	7371	7320
Thailand	8544	4326	7129	7428	8403	11145	11896	14141	15265	14488
Poland	8423	8401	7867	8413	7426	8443	8911	9824	9346	12437
Ukraine	7691	6566	4502	5540	6488	6211	7059	6205	8635	10142
Iran	7665	7057	7577	10296	11412	12068	15773	15540	16736	15663
Indonesia	7645	3746	3659	5471	5608	5422	5064	6177	6372	6631
Australia	6500	6600	6600	6100	6000	6800	7000	7500	7400	7400
Netherlands	5410	6070	5850	5300	4980	4540	3860	4400	4390	4267
Egypt	5162	4463	4657	4775	5734	5948	5075	4583	7071	6662
South Africa	4964	4519	4266	4488	4673	5396	4547	5472	5175	6680
Philippines	4699	3365	3703	3425	3479	4168	4521	3835	3907	3969
SaudiArabia	4419	4765	4248	4165	5417	5551	6160	6230	7057	7940
Czech Republic	4340	4390	3880	4460	4550	4470	5035	5788	5854	6632
Argentina	4250	4340	3568	3379	2920	1970	3220	4114	4214	5089
VietNam	1720	2123	2538	2934	4036	5234	5181	5793	5569	5627
Pakistan	1474	1557	1612	1675	1759	1923	2260	2526	3001	2996
United Arab Emirates	1213	1570	2090	1967	2485	3167	4039	4961	5902	7331

Tabela 18 – Consumo aparente de aço (equivalente em aço bruto) entre 1996 e 2006 (em 1000t)

Continuação

Países	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Algeria	989	1714	1500	2041	2107	2418	2993	3221	3169	4184
World	783277	775921	785691	845856	855895	908013	972969	1072350	1131214	1239083
SUM	706841	696033	714988	764652	774341	824541	887229	978951	1036824	1132125
ROW	76436	79888	70703	81204	81554	83472	85740	93399	94390	106958
ROW (%)	9,76%	10,30%	9,00%	9,60%	9,53%	9,19%	8,81%	8,71%	8,34%	8,63%

Fonte: compilado pelo autor com dados da WorldSteel (2017), WorldSteel (2007).

Conclusão.

Tabela 19 – Consumo aparente de aço (equivalente em aço bruto) entre 2007 e 2016 (em 1000t)

Continua

Países	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
United States	120381	110500	69400	92400	101000	108300	106300	121600	108333	102570
China	435860	465480	574420	612063	667941	687609	772340	739980	700351	708637
Japan	85900	83200	56000	67400	69600	68800	70800	72900	67800	67500
South Korea	57404	61011	47303	54573	58741	56322	53919	57834	58125	59520
Germany	45992	44900	29100	40479	45141	40829	41700	42800	42400	42800
Italy	38102	35286	21280	27212	28143	22810	23218	23222	25957	25535
India	55491	56209	64360	69082	73154	77436	80656	86537	89466	95779
Taiwan	21700	20290	13530	21350	21715	21332	22285	23469	21032	21932
Russia	46959	40896	28477	41444	47981	49488	49671	49423	44746	43424
Canada	18248	16799	10591	15656	15746	17305	16445	17527	14827	16717
France	19147	17775	12290	15454	16304	14130	14566	14472	14520	15251
Brazil	24511	26720	20640	29004	28993	29526	31131	28451	23657	20241
United Kingdom	16245	14389	8808	11358	11489	10839	10955	11768	11811	12058
Mexico	25537	24505	17565	20648	23140	23714	22904	26073	27707	28421
Spain	27500	24200	12500	14100	14000	11510	11873	12449	13467	13517
Turkey	25309	22862	19198	25131	28665	30286	33305	32750	36570	36250
Malaysia	8947	9873	7727	9668	9578	10374	11685	11720	11629	11925
Thailand	14160	15655	12501	16378	16881	19047	20732	20544	19403	22340
Poland	14002	12450	8414	10309	11635	10986	11241	12955	13632	14049
Ukraine	9713	7806	4474	6305	7307	7057	6331	4810	3799	4900
Iran	20343	16717	19496	21878	23467	21081	21998	22089	21911	21228
Indonesia	8694	10587	8908	10744	13148	15006	15237	15483	13656	15214
Australia	8126	8224	5916	7716	6672	7152	6376	7142	6968	6478
Netherlands	6100	5492	3662	4285	4869	4996	4707	4012	4144	4700
Egypt	5793	6864	9829	9306	8370	10182	9900	10930	11622	12501
South Africa	6629	6779	4931	5534	5900	5827	6295	5663	5858	5500
Philippines	3950	4134	3993	4650	5940	6986	7796	8517	10186	11253
SaudiArabia	9328	12246	10158	10800	12600	13500	14000	14600	14000	12650
Czech Republic	7599	7555	5207	6379	6985	6747	6765	7145	7630	7720
Argentina	5290	5457	3652	5268	6087	5582	5775	5712	5991	4796
VietNam	10833	9516	12700	12293	11276	12740	13685	16226	20510	25088
Pakistan	3249	2396	2621	2173	3189	3788	4210	4820	6464	8121
United Arab Emirates	8569	13435	6934	7364	7592	7656	7413	7771	7756	8514

Tabela 19 – Consumo aparente de aço (equivalente em aço bruto) entre 2007 e 2016 (em 1000t)

Continuação

Países	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Algeria	3232	4108	4752	3403	4208	5160	6268	6858	6656	6320
World	1330937	1336598	1233734	1409997	1523028	1552549	1658980	1667523	1615941	1633717
SUM	1218843	1224316	1141337	1311807	1417457	1444103	1542482	1548252	1492584	1513449
ROW	112094	112282	92397	98190	105571	108446	116498	119271	123357	120268
ROW (%)	8,42%	8,40%	7,49%	6,96%	6,93%	6,99%	7,02%	7,15%	7,63%	7,36%

Fonte: compilado pelo autor com dados da WorldSteel (2017), WorldSteel (2007).

Conclusão.

A.2.7 Produção mundial de aço bruto por regiões e China

A tabela 20 mostra a produção mundial anual de aço bruto por regiões e da China entre os anos de 1996 e 2016:

Tabela 20 – Produção mundial de aço bruto (em Mt) por país / grupo / região de 1996 a 2016

Ano	África	Asia e Oceania (- China)	China	CIS	União Europeia (EU28)	Oriente Médio	América do Norte	Europa do Sul	América do Sul	Mundo
1996	12,7	196,9	101,2	76,9	178,2	9,2	124,5	15,6	35,9	751,0
1997	12,9	210,2	108,9	80,6	193,9	9,9	129,5	17,0	37,0	799,9
1998	12,8	194,2	114,6	73,9	191,2	9,1	129,9	16,7	36,1	778,5
1999	12,8	195,0	124,0	85,7	182,3	9,8	130,0	16,1	34,6	790,2
2000	13,8	213,7	128,5	98,5	193,5	10,8	135,4	16,9	39,1	850,2
2001	14,9	211,9	151,6	99,7	187,5	11,7	119,9	17,6	37,4	852,2
2002	15,8	222,1	182,2	101,2	188,3	12,5	122,9	19,2	40,9	905,2
2003	16,3	229,5	222,3	106,5	192,6	13,4	126,2	21,2	43,0	971,1
2004	16,7	239,0	272,8	113,4	202,6	14,3	134,0	23,9	46,0	1.062,6
2005	18,0	252,0	355,8	113,2	195,7	15,3	127,6	24,9	45,5	1.148,0
2006	18,7	262,9	421,0	119,9	207,4	15,4	131,4	28,1	45,3	1.250,1
2007	18,7	277,5	489,7	124,2	210,3	16,5	132,6	30,5	48,2	1.348,1
2008	17,0	280,2	512,3	114,3	198,7	16,6	125,1	31,6	47,5	1.343,4
2009	15,4	240,8	577,1	97,7	139,4	17,8	83,8	29,0	37,8	1.238,8
2010	16,6	287,9	638,7	108,2	172,9	20,0	111,6	33,7	43,9	1.433,4
2011	15,7	300,7	702,0	112,7	177,8	23,2	118,7	39,1	48,2	1.538,0
2012	15,3	301,6	731,0	110,7	168,6	25,0	121,6	39,9	46,4	1.560,1
2013	16,0	307,2	822,0	108,4	166,4	27,0	119,0	38,6	45,8	1.650,4
2014	14,9	322,4	822,3	106,1	169,3	30,0	121,1	38,4	45,0	1.669,5
2015	13,7	314,8	803,8	101,6	166,1	29,4	110,9	35,8	43,9	1.620,0
2016	13,1	322,2	808,4	102,4	162,0	31,5	110,6	37,7	40,2	1.628,0

Fonte: Produzido pelo autor pela compilação de dados da WorldSteel (2007), WorldSteel (2017).

A.3 Tabelas da base de dados WBIG / IEA

A.3.1 Tabela de variáveis de fluxo

Tabela 21 – Conteúdo da tabela WBIG_tab_flow

#	Código fluxo	Variável de fluxo
1	MARBUNK	International marine bunkers
2	AVBUNK	International aviation bunkers
3	STOCKCHA	Stock changes
4	TPES	Total primary energy supply
5	TRANSFER	Transfers
6	STATDIFF	Statistical differences
7	TOTTRANF	Transformation processes
8	MAINELEC	Main activity producer electricity plants (transf.)
9	AUTOELEC	Autoproducer electricity plants (transf.)
10	MAINCHP	Main activity producer CHP plants (transf.)
11	AUTOCHP	Autoproducer CHP plants (transf.)
12	MAINHEAT	Main activity producer heat plants (transf.)
13	AUTOHEAT	Autoproducer heat plants (transf.)
14	THEAT	Heat pumps (transf.)
15	TBOILER	Electric boilers (transf.)
16	TELE	Chemical heat for electricity production (transf.)
17	TBLASTFUR	Blast furnaces (transf.)
18	TGASWKS	Gas works (transf.)
19	TCOKEOVS	Coke ovens (transf.)
20	TPATFUEL	Patent fuel plants (transf.)
21	TBKB	BKB/peat briquette plants (transf.)
22	TREFINER	Oil refineries (transf.)
23	TPETCHEM	Petrochemical plants (transf.)
24	TCOALLIQ	Coal liquefaction plants (transf.)
25	TGTL	Gas-to-liquids (GTL) plants (transf.)
26	TBLENDGAS	For blended natural gas (transf.)
27	TCHARCOAL	Charcoal production plants (transf.)
28	TNONSPEC	Non-specified (transformation)
29	TOTENGY	Energy industry own use
30	EMINES	Coal mines (energy)
31	EOILGASEX	Oil and gas extraction (energy)
32	EBLASTFUR	Blast furnaces (energy)
33	EGASWKS	Gas works (energy)

Conteúdo da tabela WBIG_tab_flow		(continuação)
#	Código fluxo	Variável de fluxo
34	EBIOGAS	Gasification plants for biogases (energy)
35	ECOKEOVS	Coke ovens (energy)
36	EPATFUEL	Patent fuel plants (energy)
37	EBKB	BKB/peat briquette plants (energy)
38	EREFINER	Oil refineries (energy)
39	ECOALLIQ	Coal liquefaction plants (energy)
40	ELNG	Liquefaction (LNG) / regasification plants (energy)
41	EGTL	Gas-to-liquids (GTL) plants (energy)
42	EPOWERPLT	Own use in electricity, CHP and heat plants (energy)
43	EPUMPST	Pumped storage plants (energy)
44	ENUC	Nuclear industry (energy)
45	ECHARCOAL	Charcoal production plants (energy)
46	ENONSPEC	Non-specified (energy)
47	DISTLOSS	Losses
48	TFC	Total final consumption
49	TOTIND	Industry
50	IRONSTL	Iron and steel
51	CHEMICAL	Chemical and petrochemical
52	NONFERR	Non-ferrous metals
53	NONMET	Non-metallic minerals
54	TRANSEQ	Transport equipment
55	MACHINE	Machinery
56	MINING	Mining and quarrying
57	FOODPRO	Food and tobacco
58	PAPERPRO	Paper, pulp and print
59	WOODPRO	Wood and wood products
60	CONSTRUC	Construction
61	TEXTILES	Textile and leather
62	INONSPEC	Non-specified (industry)
63	TOTTRANS	Transport
64	WORLDV	World aviation bunkers
65	DOMESAIR	Domestic aviation
66	ROAD	Road
67	RAIL	Rail
68	PIPELINE	Pipeline transport
69	WORLDMAR	World marine bunkers
70	DOMESNAV	Domestic navigation

Conteúdo da tabela WBIG_tab_flow			(continuação)
#	Código fluxo	Variável de fluxo	
71	TRNONSPE	Non-specified (transport)	
72	TOTOTHER	Other	
73	RESIDENT	Residential	
74	COMMPUB	Commercial and public services	
75	AGRICULT	Agriculture/forestry	
76	FISHING	Fishing	
77	ONONSPEC	Non-specified (other)	
78	NONENUSE	Non-energy use	
79	NEINTREN	Non-energy use industry/transformation/energy	
80	NECHEM	Memo: Non-energy use chemical/petrochemical	
81	NETRANS	Non-energy use in transport	
82	NEOTHER	Non-energy use in other	
83	ELOUTPUT	Electricity output (GWh)	
84	ELMAINE	Electricity output (GWh)-main activity producer electricity plants	
85	ELAUTOE	Electricity output (GWh)-autoproducer electricity plants	
86	ELMAINC	Electricity output (GWh)-main activity producer CHP plants	
87	ELAUTOC	Electricity output (GWh)-autoproducer CHP plants	
88	HEATOUT	Heat output	
89	HEMAINC	Heat output-main activity producer CHP plants	
90	HEAUTOC	Heat output-autoproducer CHP plants	
91	HEMAINH	Heat output-main activity producer heat plants	
92	HEAUTOH	Heat output-autoproducer heat plants	
93	INDPROD	Production	
94	IMPORTS	Imports	
95	EXPORTS	Exports	

Fonte: fornecido pela IAEA (2013)

A.3.2 Tabela de produtos

Tabela 22 – Conteúdo da tabela WBIG_tab_prod

CDPROD	COD_PROD	DESCR_PROD
1	BROWN	Brown coal (if no detail)
2	ANTCOAL	Anthracite
3	COKCOAL	Coking coal
4	BITCOAL	Other bituminous coal
5	SUBCOAL	Sub-bituminous coal

Conteúdo da tabela WBIG_tab_prod (continuação)

CDPROD	COD_PROD	DESCR_PROD
6	LIGNITE	Lignite
7	PEAT	Peat
8	PATFUEL	Patent fuel
9	OVENCOKE	Coke oven coke
10	GASCOKE	Gas coke
11	COALTAR	Coal tar
12	BKB	BKB
13	GASWKSGS	Gas works gas
14	COKEOVGS	Coke oven gas
15	BLFURGS	Blast furnace gas
16	MANGAS	Elec/heat output from non-specified manufactured gases
17	INDWASTE	Industrial waste
18	MUNWASTER	Municipal waste (renewable)
19	MUNWASTEN	Municipal waste (non-renewable)
20	BIOGASOL	Biogasoline
21	BIODIESEL	Biodiesels
22	OBIOLIQ	Other liquid biofuels
23	RENEWNS	Non-specified primary biofuels and waste
24	CHARCOAL	Charcoal
25	NATGAS	Natural gas
26	CRNGFEED	Crude/NGL/feedstocks (if no detail)
27	CRUDEOIL	Crude oil
28	NGL	Natural gas liquids
29	REFFEEDS	Refinery feedstocks
30	ADDITIVE	Additives/blending components
31	NONCRUDE	Other hydrocarbons
32	REFINGAS	Refinery gas
33	ETHANE	Ethane
34	LPG	Liquefied petroleum gases (LPG)
35	AVGAS	Aviation gasoline
36	JETGAS	Gasoline type jet fuel
37	OTHKERO	Other kerosene
38	RESFUEL	Fuel oil
39	NAPHTHA	Naphtha
40	WHITESP	White spirit & SBP
41	LUBRIC	Lubricants

Conteúdo da tabela WBIG_tab_prod (continuação)

CDPROD	COD_PROD	DESCR_PROD
42	BITUMEN	Bitumen
43	PARWAX	Paraffin waxes
44	PETCOKE	Petroleum coke
45	ONONSPEC	Other oil products
46	HEATNS	Heat output from non-specified combustible fuels
47	NUCLEAR	Nuclear
48	HYDRO	Hydro
49	GEO THERM	Geothermal
50	SOLARPV	Solar photovoltaics
51	SOLARTH	Solar thermal
52	TIDE	Tide, wave and ocean
53	WIND	Wind
54	OTHER	Other sources
55	ELECTR	Electricity
56	HEAT	Heat
57	TOTAL	Total
58	MRENEW	Memo: Renewables
59	HARDCOAL	Hard coal (if no detail)
60	PEATPROD	Peat products
61	PRIMSBIO	Primary solid biofuels
62	NONBIODIES	Gas/diesel oil excl. biofuels
63	BIOGASES	Biogases
64	NONBIOGASO	Motor gasoline excl. biofuels
65	NONBIOJETK	Kerosene type jet fuel excl. biofuels
66	OILSHALE	Oil shale and oil sands
67	OGASES	Other recovered gases

Fonte: fornecido pela IAEA (2013)

APÊNDICE B – PROCESSAMENTO E CONSOLIDAÇÃO DAS BASES DE DADOS

B.1 Base de dados WorldSteel

Os dados da produção física de ferro e aço foram extraídos a partir de dois anuários estatísticos obtidos através da internet no formato pdf (WORLDSTEEL, 2007; WORLDSTEEL, 2017).

Seguindo o procedimento detalhado na metodologia (seção 3.5.2), depois de terem sido importados para uma planilha no formato ods do openoffice calc, os dados tiveram que ser agrupados e os totais e subtotais foram recalculados de forma a garantir a integridade dos dados importados.

Isso foi particularmente importante nessas bases de dados porque o anuário de 2007 (WORLDSTEEL, 2007) possui os dados de 1997 até 2006 enquanto o de 2017 (WORLDSTEEL, 2017) possui os dados de 2007 a 2016. Nesse período, diversos grupos de países e blocos tiveram modificações, como o ingresso de alguns países à União Europeia, por exemplo.

Como resultado desse processamento, tem-se as tabelas e gráficos produzidos diretamente a partir dessa base, como evidenciado nas seções A.2 e 4.1.

B.2 Base de dados IEA WBIG

O arquivo bruto da base de dados WBIG foi baixado pela internet e tem um tamanho de 16,5 GB e 121.189.600 registros. Essa enorme quantidade de dados tornou o tratamento dos dados uma tarefa muito complicada. Mesmo utilizando as ferramentas mais avançadas de tratamento de *big data*, os softwares raramente são capazes de importar tamanha quantidade de dados para a memória. A filtragem de um conjunto tão grande de dados torna-se quase impossível. Seguindo o procedimento detalhado na metodologia (seção 3.5.2), esse arquivo foi importado e tratado utilizando-se de diversos scripts (em R, SQL e Python), a partir dos quais foi possível obter tabelas auxiliares de normalização, tais como as obtidas na seção A.3.

B.2.1 Scripts

B.2.1.1 Importação do arquivo bruto em R

```
library(tidyverse)
library(data.table)
library(ff)
library(ffbase)
library(sparklyr)
library(dplyr)
library(DBI)
library(RMySQL)
```

```

library(doMC)
library(foreach)

library(foreach)
library(doParallel)
cores <- 3                # Define number of cores
cl<-makeCluster(cores)    # Create cores
registerDoParallel(cl)    # Register cores
system.time(res <- foreach(i=1:50000) %dopar% sqrt(i)) #
  Parallelize for loop
stopCluster(cl)           # Stop cluster

registerDoMC(cores=2)

system.time({foreach(i=1:12000000) %dopar% sqrt(i)})

path = "/home/jamaj/datastore/data/databases"
setwd("/home/jamaj/datastore/data/databases")
pathdata = paste(path,"Por DataBases/WBIG",sep="/")
arq = "WBIG-2016-1-EN-20161119T104340.csv"
patharq = paste(pathdata,arq,sep="/")

# Usando ff
coltypes = c("factor","factor",
             "factor","factor",
             "factor","factor",
             "factor","factor",
             "numeric",
             "factor","factor")
WBIG <- ff::read.csv.ffdf(file=patharq,header=TRUE, colClasses =
  coltypes)
gc()

# Uma vez importado e salvo, fica mais simples reabrir o arquivo .
  ff
arq = "WBIG.ff"
patharq = paste(pathdata,arq,sep="/")
#ffsave(WBIG,file=patharq)
ffload(patharq)

```

B.2.1.2 Tabelas auxiliares - normalização

```

# Gerando WBIG_FLOW
WBIG_FLOW <- cbind(unique(WBIG$FLOW[]),unique(WBIG$Flow[]))

```



```

nt = dim(WBIG_FLOW)[1]
i = 1:nt
FLOW = levels.ff(WBIG$FLOW)[WBIG_FLOW[i,1]]
Flow = levels.ff(WBIG$Flow)[WBIG_FLOW[i,2]]
WBIG_TABFLOW <- data.frame(FLOW,Flow)
names(df)<- c("FLOW","Flow")

# Gerando WBIG_PROD
WBIG_PROD <- cbind(unique(WBIG$PRODUCT[]),unique(WBIG$Product[]))
nt = dim(WBIG_PROD)[1]
i = 1:nt
PRODUCT = levels.ff(WBIG$PRODUCT)[WBIG_PROD[i,1]]
Product = levels.ff(WBIG$Product)[WBIG_PROD[i,2]]
WBIG_TAB_PROD <- data.frame(PRODUCT,Product)
names(df)<- c("FLOW","Flow")

# Gerando WBIG_COUNTRY
WBIG_COU <- cbind(unique(WBIG$COUNTRY[]),unique(WBIG$Country[]))
nt = dim(WBIG_COU)[1]
i = 1:nt
COUNTRY = levels.ff(WBIG$COUNTRY)[WBIG_COU[i,1]]
Country = levels.ff(WBIG$Country)[WBIG_COU[i,2]]
WBIG_TAB_COU <- data.frame(COUNTRY,Country)
names(df)<- c("COUNTRY","Country")

```

B.2.1.3 Filtragem e exportação

```

years_sel <- c("1996","1997","1998","1999","2000","2001","2002","
2003","2004","2005","2006","2007","2008","2009","2010","2011","
2012","2013","2014","2015")

# Arquivo filtrado com todos os paises e anos para a variavel
TOTIND
flow_sel <- c("TOTIND")
prod_sel <- c("TOTAL")
unit_sel <- c("KTOE")
# todos os paises TOTAL TOTIND
idx <- ffwhich(WBIG,TIME %in% years_sel & UNIT %in% unit_sel &
FLOW %in% flow_sel & PRODUCT %in% prod_sel & !is.na(Value))
seldf <- WBIG[idx,][]
write.csv(seldf,file="WBIG_TOTIND.csv")

# Todos os paises, excluidos os blocos economicos e grupos - TOTAL
- KTOE - TOTIND
cou_sel <- c("WLD","AUS","AUT","BEL","BRA","CAN","CHL","CHN","CZE",
,"DEU","ESP","FRA","ITA","KOR","NLD","JPN","RUS","TUR","TWN","
USA")

```

```

idx <- ffwhich(WBIG,COUNTRY %in% cou_sel & TIME %in% years_sel &
  UNIT %in% unit_sel & FLOW %in% flow_sel & PRODUCT %in% prod_
  sel & !is.na(Value))
seldf <- WBIG[idx,][]
write.csv(seldf,file="WBIG_TOTIND_COU.csv")

cou_sel <- c("WLD","USA","CHINAREG","RUS","JPN","IND","DEU","CAN",
  "FRA","GBR","BRA","ITA","KOR","IDN","MEX","UKR","IRN","NGA","
  ESP","POL","AUS","NLD","SAU","ZAF","TUR","THA","PAK","ARG","TWN
  ")
flow_sel <- c("INDPROD","IMPORTS","EXPORTS","TPES","TFC","TOTIND",
  "IRONSTL","MINING","RESIDENT","COMMPUB")
idx <- ffwhich(WBIG,TIME %in% years_sel & UNIT == "KTOE" & FLOW %
  in% flow_sel & PRODUCT == "TOTAL" & COUNTRY %in% cou_sel & !is.
  na(Value))

seldf <- WBIG[idx,][]
write.csv(seldf,file="WBIG_TeseJamaj.csv")

```

B.2.1.4 Pivoteamento

```

import pandas as pd
df = pd.read_csv("~/cluster/MyCluster/datastore/data/databases/Por
  DataBases/WBIG/WBIG_TeseJamaj.csv")
piv = pd.pivot_table( df, index=["UNIT","PRODUCT","FLOW","COUNTRY"
  ], columns = 'TIME', values="Value")
piv.to_csv("~/cluster/MyCluster/datastore/data/databases/Por
  DataBases/WBIG/WBIG_TeseJamaj_piv.csv")

```

B.2.1.5 Exportação para o servidor sql

```

# gravando os arquivos de tabelas auxiliares
con <- dbConnect(MySQL(), user = 'fulano', password = 'deta1',
  host = 'chaos', dbname='chaos')

dbWriteTable(conn = con, name = "WBIG_tab_coutry", value = WBIG_
  tab_coutry, overwrite = TRUE)
dbWriteTable(conn = con, name = "WBIG_tab_unit", value = WBIG_tab_
  unit ,overwrite = TRUE)
dbWriteTable(conn = con, name = "WBIG_tab_prod", value = WBIG_tab_
  prod ,overwrite = TRUE)
dbWriteTable(conn = con, name = "WBIG_tab_flow", value = WBIG_tab_
  flow , overwrite = TRUE)

dbDisconnect(conn = con)

```

B.2.2 Tabelas auxiliares obtidas

As tabelas auxiliares da base de dados WBIG estão detalhadas na seção A.3.

B.3 Base de dados BTDIIXE

O arquivo bruto da base de dados BTDIIXE foi baixado pela internet e tem um tamanho de 10,1 GB contendo 160.271.899 registros.

Seguindo o procedimento detalhado na metodologia (seção XXX), esse arquivo foi importado e tratado utilizando diversos scripts (em R, SQL e Python), a partir dos quais foi possível obter tabelas auxiliares de normalização.

B.3.1 Scripts

B.3.1.1 Importação do arquivo bruto em R

```
library(tidyverse)
library(data.table)
library(ff)
library(ffbase)
library(sparklyr)
library(dplyr)
library(DBI)
library(RMySQL)

path = "/home/jamaj/datastore/data/databases"
pathdata = paste(path, "Por DataBases/STAN/BTDIIXE_I4_2017", sep="/")
setwd(pathdata)
arq = "BTDIIXE_I4-en.csv"
patharq = paste(pathdata, arq, sep="/")

# Usando ff
coltypes = c("factor", "factor", "factor",
             "factor", "factor", "factor",
             "factor", "factor", "factor",
             "factor", "numeric", "factor")
BTDIIXE <- ff::read.csv.ffdf(file=patharq, header=TRUE, colClasses =
                             coltypes)

# Save in compact form
arq = "BTDIIXE.ffdata"
patharq = paste(pathdata, arq, sep="/")
ffsave(BTDIIXE, file=patharq)
```

```
#reload
arq = "BTDIXE"
patharq = paste(pathdata, arq, sep="/")
ffload(patharq, overwrite=TRUE)
```

B.3.2 Tabelas auxiliares obtidas

Tabela 23 – BTDIXE - Tabela de atividades industriais (ISIC)

Continua

IND	Indústria (ISIC)
1 DTOTAL	TOTAL
2 D01T03	Agriculture, forestry and fishing [A]
3 D01	Crop and animal production, hunting and related service activities
4 D02	Forestry and logging
5 D03	Fishing and aquaculture
6 D05T08	Mining and quarrying [B]
7 D05	Mining of coal and lignite
8 D06	Extraction of crude petroleum and natural gas
9 D07	Mining of metal ores
10 D08	Other mining and quarrying
11 D10T32	Manufacturing [C]
12 D10T12	Food products, beverages and tobacco
13 D10	Food products
14 D11	Beverages
15 D12	Tobacco products
16 D13T15	Textiles, wearing apparel, leather and related products
17 D13	Textiles
18 D14	Wearing apparel
19 D15	Leather and related products
20 D16	Wood and products of wood and cork, except furniture
21 D17T18	Paper and printing
22 D17	Paper and paper products
23 D18	Printing and reproduction of recorded media
24 D19T22	Chemicals, rubber, plastics and fuel products
25 D19	Coke and refined petroleum products
26 D20T21	Chemical and pharmaceutical products
27 D20	Chemicals and chemical products

Tabela 23 – BTDIXE - Tabela de atividades industriais (ISIC)

Continuação

IND	Indústria (ISIC)
28 D21	Basic pharmaceutical products and pharmaceutical preparations
29 D22	Rubber and plastics products
30 D23	Other non-metallic mineral products
31 D24T25	Basic metals and fabricated metal products, except machinery and equipment
32 D24	Basic metals
33 D241T31	Iron and steel
34 D242T32	Non-ferrous metals
35 D25	Fabricated metal products, except machinery and equipment
36 D26T28	Machinery and equipment
37 D26	Computer, electronic and optical products
38 D262	Computers and peripheral equipment
39 D26X	Electronic and optical products; scientific instruments
40 D27	Electrical equipment
41 D28	Machinery and equipment n.e.c.
42 D29T30	Transport equipment
43 D29	Motor vehicles, trailers and semi-trailers
44 D30	Other transport equipment
45 D301	Building of ships and boats
46 D303	Air and spacecraft and related machinery
47 D304	Military fighting vehicles
48 D302A9	Railroad equipment and transport equipment n.e.c.
49 D31T32	Furniture, other manufacturing
50 D35	Electricity, gas, steam and air conditioning supply [D]
51 D36T99	Other activities
52 DWASTE	Total Waste
53 D15-USED	Waste textiles
54 D17-USED	Waste paper
55 D20-USED	Chemical waste
56 D22-USED	Waste rubber and plastics
57 D241T31-USED	Ferrous scrap metals
58 D242T32-USED	Non-ferrous scrap metals
59 WASTE	Other waste not elsewhere specified
60 UNALLOCATED	Confidential and unallocated

Tabela 23 – BTDIXE - Tabela de atividades industriais (ISIC)

Continuação

IND	Indústria (ISIC)
61 HITECH	High R&D intensive industries
62 MHTECH	Medium-high R&D intensive industries
63 MLTECH	Medium-low technology industries
64 ICTMAN	Information Communication Technology (ICT) manufacturing
65 D01T32	Primary and manufactured goods
66 D252	Manufacture of weapons and ammunition
67 D25X	Manufacture of other fabricated metal products; metalworking service activities
68 D071A241	Mining and manufacturing of iron and steel
69 D072A242	Mining and manufacturing of non-ferrous metals
70 MDTECH	Medium technology industries

Fonte: XXXXX.

Conclusão

Tabela 24 – BTDIXE - Tabela de tipos de fluxo

	FLW	Flow
1	EXPO	Exports
2	IMPO	Imports
3	REEX	Re-exports
4	REIM	Re-imports

Tabela 25 – BTDIXE - Tabela de tipos de variáveis

	VAL	Variable
1	SHARE	Shares of end-use by industry in %
2	VALUE	Values in thousand USD

B.4 Base de dados COMTRADE

O arquivo bruto da base de dados COMTRADE foi baixado pela internet e tem um tamanho de 3,8 MB e XXX registros.

Seguindo o procedimento detalhado na metodologia (seção XXX), esse arquivo foi importado e tratado utilizando diversos scripts (em R, SQL e Python), a partir dos quais foi possível obter tabelas auxiliares de normalização.

Tabela 26 – BTDIXE - Tabela de categorias de uso

	CAT	End-Use
1	TOTAL	Total trade in goods
2	INT	Intermediate goods
3	CONS	Household consumption
4	CAP	Capital goods
5	XMIXED	Mixed end-use
6	XPC	Personal computers
7	XCARS	Passenger cars
8	XPHONE	Personal phones
9	XPRCS	Precious goods
10	XMEDIC	Packed medicines
11	XMISC	Miscellaneous

B.4.1 Scripts

B.4.2 Tabelas auxiliares obtidas

B.5 Base de dados INDSTAT

O arquivo bruto da base de dados INDSTAT foi baixado pela internet e tem um tamanho de 3,8 MB e XXX registros.

Seguindo o procedimento detalhado na metodologia (seção XXX), esse arquivo foi importado e tratado utilizando diversos scripts (em R, SQL e Python), a partir dos quais foi possível obter tabelas auxiliares de normalização.

B.5.1 Scripts

B.5.2 Tabelas auxiliares obtidas

ÍNDICE

Análise de entrada-saída, 20
Análise de insumo-produto, 20

big data, 118

Capital, 33
Competitividade, 29
Custeio-em-sequência, 34

Data science, 43

Energia, 30

Fatores de produção, 29

Impostos, 33
insumos, 33
IPEA, 19

Justificativa da pesquisa, 18

Modelagem estrutural, 20
Multiprocessamento, 43

Produtividade, 29

Renda do trabalho, 33