

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas

Tese de Doutorado

Do aço ao minério: um novo modelo de avaliação da oferta e demanda
global e precificação de minério de ferro

Autor: Virgílio Costante Gaggiato

Orientador: Prof. Antônio Eduardo Clark Peres

Janeiro/2014

Virgílio Costante Gaggiato

Do aço ao minério: um novo modelo de avaliação da oferta e demanda
global e precificação de minério de ferro

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de
Minas da Escola de Engenharia da Universidade
Federal de Minas Gerais, como requisito parcial
para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia
Metalúrgica e de Minas.

Área de Concentração: Tecnologia Mineral.

Orientador: Prof. Antônio Eduardo Clark Peres.

Belo Horizonte
Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia

2014

*Dedico este trabalho
especialmente a minha esposa Cláudia
pelo apoio incondicional e a meus pais Tiziano e Margarida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram na condução e execução deste estudo e, em especial a:

Deus, por me dar coragem e saúde para vencer mais essa etapa em minha vida.

Antônio Eduardo Clark Peres, pela orientação, compreensão e incentivo.

Samarco Mineração S/A pela confiança, incentivo e oportunidade de desenvolvimento pessoal e profissional.

Abby Samp e Jeremy Leonard da Oxford Economics pela parceria no desenvolvimento de modelo computacional.

Eduardo Pessotti Rangel pelo apoio desde a apresentação da proposta de trabalho até a defesa perante a banca examinadora.

Vinicius Mendes pela confiança e apoio nos momentos decisivos.

Hélio Cardoso pelos conselhos e instruções.

Henrique Dias Gatti Turrer por todo auxílio e instrução na condução desse projeto.

Raul Zanoni Lopes Cançado pelas sugestões na defesa da proposta de trabalho.

Afonso Henriques Martins pela colaboração desde as disciplinas cursadas até a defesa na banca.

Célia Sanches pela colaboração na etapa de elaboração do projeto.

Cláudia Viegas pela compreensão e paciência ao longo de todo esse processo e por ajudar de maneira decisiva na elaboração de todo o trabalho.

Demais colegas da Gerência Geral de Marketing e do escritório comercial de Amsterdam pelo companheirismo e constante estímulo.

Ao CNPq, CAPES, FAPEMIG e Proex pelo apoio financeiro.

“Nenhum homem realmente produtivo pensa como se estivesse escrevendo uma dissertação.”

Albert Einstein

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 – Histórico dos Preços de Minério de Ferro	18
3.2 – Características Consideradas para o Minério de Ferro	46
3.3 - Modelagem para Cenários de Preços, Oferta e Demanda	47
4 METODOLOGIA	49
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
6 CONCLUSÕES	74
7 CONTRIBUIÇÕES ORIGINAIS A O CONHECIMENTO	76
8 RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS	78
9 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 – Produção Mundial de Aço e top 10 em 1945 (Milhões de toneladas)...	18
FIGURA 3.2 – Preços Anuais de Minério e Aço	32
FIGURA 3.3 – Produção de Aço Bruto na China	34
FIGURA 3.4 – Importação de Minério de Ferro (China)	35
FIGURA 3.5 – Evolução das Importações Chinesas por Principais Fornecedores (2001 = 100)	36
FIGURA 3.6 – Saldo da Comercialização de Aço na China (Mt)	37
FIGURA 3.7 – Preços Médios de Aço e Minério (\$/t)	38
FIGURA 3.8 – Variação Index de Minério de Ferro e Média Anual	43
FIGURA 3.9 – Preços a Vista 2013 x Preços Futuros 2014	43
FIGURA 3.10 – Volume de Embarques no Mercado a Vista por Semana	44
FIGURA 3.11 – Curva Global (destaque minas Chinesas) de Custo Produtivo (c\$/dmtu)	46
FIGURA 5.1 – Curva Global Oferta (azul) e Demanda (vermelho) Finos (Mt por ano)	61
FIGURA 5.2 – Curva Demanda EUA (azul) e Brasil (vermelho) Finos (Mt por ano) ..	62
FIGURA 5.3 – Exemplo de Dois Cenários de Oferta Global de Minério Fino no Modelo	63
FIGURA 5.4 – Base de Custos em Relação às Minas que Compõem o Modelo	64
FIGURA 5.5 – Função Quadrática Aplicada ao Último Quintil	65
FIGURA 5.6 – Curva de Preços em Dois Cenários de Aumento de Capacidade	66
FIGURA 5.7 – Impacto da Variação da Demanda Sobre os Preços	66
FIGURA 5.8 – Resultado do Teste de Cenários de Preços	68
FIGURA 5.9 – Preços Modelo x Preços Analista A	69

FIGURA 5.10 – Preços Modelo x Preços Analista B 69

FIGURA 5.11 – Preços Modelo x Preços Analista C 70

LISTA DE TABELAS

TABELA III.1 - Comercialização de Minério Transoceânico 1950 (Milhões de toneladas)	19
TABELA III.2 - Comercialização de Minério Transoceânico 1960 (Milhões de toneladas)	21
TABELA III.3 - Japão – Consumo de Minério (Milhões de toneladas)	22
TABELA III.4 - Fechamento de Preços Finos de Minério (FOB)	28

LISTA DE NOTAÇÕES

\$/t – dólar americano por tonelada

c\$ - centavos de dólar

c\$/dmu – centavos de dólar por Dry Metric Tonne Unit

CVRD - Companhia Vale do Rio Doce

dmu - Dry Metric Tonne Unit

EUA- Estados Unidos da América

FMG - *Fortescue Metals Group*

HPS – *Hybrid Pelletized Sintering*

ICEX - *Indian Commodity Exchange*

IOC - *Iron Ore Company of Canada*

MCX – *Multi-Commodity Exchange*

Mt – *Milhões de toneladas*

OTC - *Over the Counter*

PI - Produção Industrial

PIB - Produto Interno Bruto

PPGEM – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas

QCM - *Quebec Cartier Mining Company*

SMX - *Singapore Mercantile Exchange*

URSS – União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

RESUMO

A forma de precificar produtos de minério de ferro mudou drasticamente nos últimos anos. A indústria passa por um momento de ajuste e as antigas referências que determinavam os preços não se aplicam mais. A volatilidade passou a imperar no mercado impactando todo o planejamento de produção e vendas das principais mineradoras. Diante desse cenário, este trabalho objetivou desenvolver um modelo de projeções de preços de minério de ferro adequado às novas tendências de comercialização e precificação do minério. Tendo como foco de análise o balanço entre a oferta e demanda global de minério de ferro e o custo produtivo da indústria, cada um desses tópicos foi individualmente avaliado em consideração a sua influência na definição de preços. Como resultados esperados, o desenvolvimento de tal modelo permitiu uma melhor definição do planejamento de curto e longo prazo, com a aplicação de uma nova metodologia de projeção de preços alinhada com as novas condicionantes de mercado.

ABSTRACT

The way that iron ore product prices are determined has changed drastically in the last few years. The industry is going through an adjustment period and the old benchmarks that used to determine prices are no longer applied. Volatility has taken over the market, impacting all the production and sales planning for the main iron ore producers in the same way as for steel mills. From this scenario, this paper targeted the development of an iron ore price forecast model adjusted to the new trends of iron ore price definition and its commercialization. Having as a focus the analysis of the balance between supply and demand of global iron ore production and industry production cost, each of these topics has been individually evaluated in consideration of its effect on iron ore pricing. As a result, a model has been developed that allows a better definition of short and long-term planning, by applying a new methodology of price forecast in line with the new market conditionals.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Os mercados de minério de ferro e aço viveram décadas de pouca volatilidade e uma suposta “tranquilidade” em relação à definição de preços de minério de ferro. Durante a implementação e utilização do sistema de “preços de referência” para a precificação de minério de ferro, também conhecido como “*Benchmark*” (UNCTAD 2011), as siderúrgicas e mineradoras acordavam em preços anuais que eram seguidos pelos demais participantes do mercado.

Entretanto, dois fatores foram fundamentais para a mudança na dinâmica do mercado de mineração no passado recente. O primeiro deles foi o processo de consolidação da indústria de mineração, em relação ao da indústria siderúrgica (GALDON-SANCHEZ e SCHMITZ-JR, 2002) desequilibrando as relações de poder no processo de comercialização de minério. O segundo fator fundamental para as correntes alterações na dinâmica de preços foi a mudança do principal eixo comprador de minério de ferro do bloco Europa/Japão para a China (CUI e SYED, 2007). Tal crescimento na demanda Chinesa valorizou novamente o mercado de minério de ferro e consequentemente resultou em aumentos significativos de preço e margem para as mineradoras. A entrada de mais recursos nesse mercado criou ainda mais condições para aquisições e fusões no setor, aumentando ainda mais seu grau de concentração.

Com o passar dos anos a taxa de crescimento anual da demanda chinesa, expressivamente maior que nas demais regiões, levou gradativamente o país a aumentar sua relevância em relação ao mercado de minério de ferro e exigir voz ativa nas negociações de preço (CRU ANALISYS, 2011a), antes dominadas pelas grandes siderúrgicas europeias e japonesas e as grandes mineradoras mundiais.

Entretanto, os recentes aumentos no preço do minério de ferro viabilizaram jazidas e processamentos de minérios antes economicamente inviáveis, atraíram investidores de outros setores e despertaram novamente o interesse da indústria siderúrgica em reaver esses ativos, neste último caso, até mesmo, por uma questão de sobrevivência no mercado. Com a entrada de novos fornecedores de minérios de ferro, dispendo de

produtos com características de qualidade bastante distintas dos tradicionais minérios comercializados, abriram-se oportunidades para novos sistemas de comercialização e um crescente mercado negociado via preços à vista e com variações diárias, passou a concorrer com o sistema de preços de referência. Questões relacionadas ao custo produtivo do minério (CRU ANALISYS, 2011b) passaram a ser essenciais na determinação de preços, pois a entrada de produtores marginais criou um novo piso para a variação de preços.

Diante deste novo cenário gerou-se um ambiente de contestação das regras vigentes até aquele momento (RYOJI, 2011), tanto por parte dos compradores que optavam por comprar minério no mercado à vista nos períodos que a precificação por estes era mais vantajosa, quanto por parte dos vendedores que questionavam suas perdas de receita em relação à diferença de preços gerados pelos distintos sistemas.

Como resultado o sistema de preços de referência foi encerrado e substituído por diversos sistemas, que na sua maioria tomam como base os preços a vista negociados no mercado chinês. Além desta mudança na conjuntura comercial, outro fator que trouxe novas variáveis em relação à precificação refere-se à qualidade dos minérios. A qualidade do minério vem se deteriorando cada vez mais de maneira global e o volume de materiais, antes considerados não comercializáveis, passa cada vez mais a representar parte significativa do corpo das jazidas determinando um piso para os preços e levando a um questionamento de como precificar tais materiais com aspectos químicos e físicos muito distintos dos minérios tradicionalmente comercializados.

Diante dessa mudança conjuntural, este trabalho avaliou a curva presente e futura de oferta e demanda de minério de ferro, o posicionamento do custo produtivo dentro dessa curva e como resultado desenvolveu um modelo de indicação de tendências de longo prazo para preços de minério de ferro.

CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS

CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta de indicação de tendências futuras (curto prazo e longo prazo) dos preços de minério de ferro, tendo como ponto de partida a produção de aço e a correlação com suas matérias-primas.

Como objetivos específicos podem-se citar:

- explicar a dinâmica da precificação de minério de ferro histórica e atual; análise dos modelos aplicados ao longo da história, das recentes mudanças e tendências futuras;
- avaliar os principais minérios ofertados no mercado internacional em relação a sua qualidade, volume e suas condições de preço no mercado em bases de oferta e demanda (minérios originados da Austrália, Índia, Brasil e Rússia) como também o minério produzido na China;
- entender a relação de custo produtivo de minério de ferro e produção dos diferentes fornecedores internacionais e da indústria de mineração chinesa, avaliando: processos de beneficiamento e gênese do minério;
- desenvolver como base para o modelo de projeção de preços de longo prazo, um modelo de oferta e demanda de minério de ferro global que junto com a curva de custo produtivo de minério de ferro balizará a variação de preços.

CAPÍTULO 3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO 3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – Histórico dos Preços de Minério de Ferro

O início da história dos sistemas de precificação de minério de ferro no mercado internacional ocorreu nos meados da década de 30 quando os principais setores (construção civil, indústria automotiva, naval, bens de consumo e bens de capital) que determinam a demanda e consumo de aço ainda nos dias de hoje já haviam se consolidado em relação a alta participação do metal em seus processos produtivos (RITSCHL, 1998).

Neste período, mesmo com as mudanças estruturais no consumo de aço, o consumo de minério permanecia restrito ao mercado doméstico americano e comercializado internamente na Europa (figura 3.1), sendo que nas demais regiões sua produção e consumo atendiam interesses locais. Entretanto, nesta época a utilização de técnicas de sinterização de minério de ferro começava a difundir-se em varias regiões dando novo folego ao consumo de minério doméstico e ao fornecimento regional nas principais regiões produtoras de aço (PEREIRA, 2004).

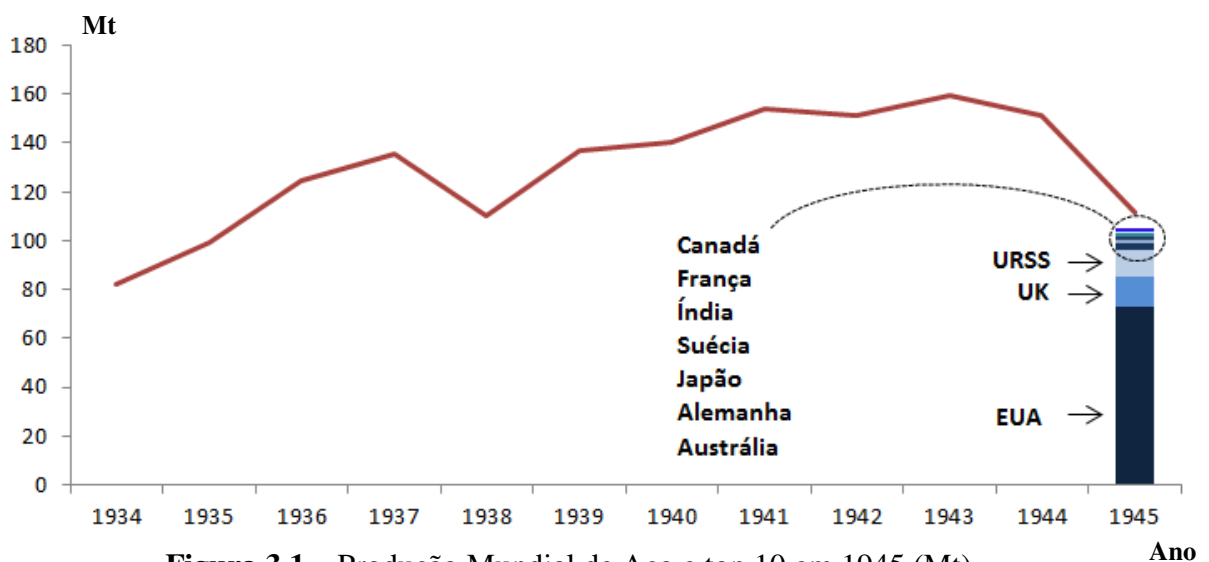


Figura 3.1 – Produção Mundial de Aço e top 10 em 1945 (Mt).

Fonte: (IISI,1981)

Mesmo sendo detentora de mais de 50% do mercado transoceânico nesta época a Suécia não exercia influência significativa no preço de minério (nem os demais relevantes fornecedores, Espanha e França), pois estas cargas eram apenas complementares às siderúrgicas estrangeiras que possuíam quantidade significativa de fornecimento doméstico (SOUZA, 1991). Os preços eram fechados diretamente entre compradores e fornecedores, mas os preços praticados pelos suecos serviam como referência no comércio dentro da Europa.

Após a criação da Companhia Vale do Rio Doce no Brasil, incentivada por capital inglês e americano (SILVA, 1995), ao final da década de 40 o mercado transoceânico de minério de ferro começava a se desenhar, com um sistema de preços embrionário e volumes intercontinentais. Grande parte do volume transacionado, conforme apresentado na tabela III.1, ainda ocorria dentro da Europa, nesta época já dividida entre Europa Oriental e Ocidental. Os Estados Unidos, segundo destino de relevância, contava em sua grande maioria com importações de minérios cativos, que neste caso tinham forma própria de gerenciar os preços, não influenciando significativamente a dinâmica do mercado de minério (SUKAGAWA, 2007).

Tabela III.1 – Comercialização de Minério Transoceânico 1950 (Milhões de toneladas)

<u>Importações Transoceânicas</u>		<u>Exportações Transoceânicas</u>	
Europa Ocidental	15,6	Suécia	12,9
EUA	8,4	Chile	2,6
Japão	1,4	Canadá	2,0
outros	4,8	Brasil	0,9
		Índia	0,1
		Outros	11,7

Fonte: (SOUZA, 1991).

Os principais investimentos dos Estados Unidos em minas cativas foram na Venezuela, Canada e África Ocidental, onde as siderúrgicas do país buscavam fontes seguras e de qualidade de abastecimento e competitividade via garantia de preços. Essas empresas já haviam detectado o rápido declínio das reservas de alto teor do país e passaram a adotar

uma política de integração vertical buscando recursos em países promissores de reservas com alto teor (SOUZA, 1991).

Quanto ao sistema de preços, após a II Guerra Mundial a Suécia continuava isolada como líder do mercado transoceânico de minério e o grande mercado importador era a Europa. Os preços eram determinados no continente por um sistema conhecido como “*Rotterdam Iron Ore Mechanism*”, mas eram aplicados principalmente nas exportações que chegavam à região inicialmente do Brasil, seguido posteriormente por Canadá e Libéria já na década de 50. As exportações do Chile se destinavam basicamente aos Estados Unidos e os demais fornecedores se concentravam na Europa (Espanha, França e países da Europa Oriental).

Já na década de 50 os Estados Unidos intensificaram seus investimentos em minas cativas, mas para os demais compradores, a falta de novos investimentos em capacidade de mineração e a rápida expansão da produção de aço levaram a uma alta contínua dos preços de minério de ferro o que posicionou as siderúrgicas da Europa Ocidental a um movimento similar de aquisição de minas cativas em novas regiões. Até a metade da década de 50 o fluxo da comercialização de minério possuía basicamente duas rotas; importações cativas dos Estados Unidos da América (EUA) e importações da Europa Ocidental. Os vendedores suecos atuavam como líderes de preços no mercado Europeu, formando a referência de preços para os demais mercados do continente (SOUZA, 1991).

A partir de 1955 o Brasil passou a exportar minério de ferro para o Japão e em 1958, iniciou-se a operação no cais próprio da Vale do Rio Doce, no porto de Vitória, Espírito Santo, que permitiu o início da exportação regular. Naquele ano foram exportadas 1,5 milhão de toneladas de minério. Também na segunda metade da década começou a exploração de minério na região de Quebec no Canadá com a fundação da *Iron Ore Company of Canada* (IOC), seguida pela *Quebec Cartier Mining Company* (QCM) e no começo da década de 60 entra em operação a *Wabush Mines*.

Tabela III.2 – Comercialização de Minério Transoceânico 1960 (Mt)

<u>Importações Transoceânicas</u>		<u>Exportações Transoceânicas</u>	
Europa Ocidental	51,8	Suécia	19,4
EUA	35,2	Venezuela	19,2
Japão	14,9	Canadá	17,3
outros	11,1	Brasil	5,4
		Índia	8,7
		Chile	5,1
		Libéria	3,1
		Peru	5,1
		África do Sul	0,4
		Outros	29,3

Fonte: (SOUZA, 1991).

As mudanças tecnológicas da década de 50 não ficaram limitadas ao campo da siderurgia. Nos Estados Unidos, o crescimento exponencial na produção de aço no país até aquele período levou as siderúrgicas locais a exaurir suas jazidas de hematita criando à necessidade do desenvolvimento de novos processos de utilização do minério doméstico. Para aproveitamento das jazidas remanescentes conhecidas como taconito, criaram o processo de aglomeração via pelletização. A implementação das pelletizações foi ganhando corpo nos Estados Unidos durante a segunda metade da década de 50 (tabela III.2), mas se tornou alternativa significativa para a indústria global na década de 60 tendo o Canadá comercializado pelotas já em 1963 pela empresa IOC. Nessa década, em plena fase das economias de escala, alto-fornos cada vez maiores, demandavam cargas com especificações mais rígidas e a produção e consumo de minérios aglomerados foi uma solução não só para a exaustão dos minérios ricos, mas também para as novas necessidades de carga metálica da indústria siderúrgica, conforme mostrado na tabela III.3, pois com o passar do tempo foi percebido melhores resultados quanto ao consumo de minério de ferro específico, carvão metalúrgico e outras matérias-primas (SOUZA, 1991). Nesse sentido, a própria siderúrgica Kobe Steel do Japão em 1966 colocou em operação uma planta de pelletização cativa em sua unidade siderúrgica (YAMAGUCHI *et al.*, 2010).

Tabela III.3 – Japão – Consumo de Minério (Mt)

	1960	1965	1970
Carga direta	9,3	16,2	21,7
Aglomerado	9,0	27,9	89,9
% Total Consumido	49%	62%	80%

Fonte: (SOUZA, 1991).

Entretanto, conforme relatado anteriormente, com a elevação dos preços de minério de ferro no mercado internacional que atingiram seu ápice em 1957 e incentivaram investimentos Americanos e Europeus em minas cativas ao longo da década de 50 e início da década de 60, teve-se uma inversão na balança entre oferta e demanda. Uma considerável parcela das exportações da década de 60 foi originada de minas de propriedade ou controladas por usinas siderúrgicas. Essa movimentação influenciou os preços de minério no mercado internacional. A tendência de aumentos consideráveis nos preços dos anos 50 inverteu-se em um período seguido de quedas. Além dos investimentos em minas cativas, com o rápido crescimento da produção de aço nos anos anteriores diversos investimentos em novas capacidades de mineração foram efetuados e incentivados com as expectativas de crescimento contínuo do parque siderúrgico nas décadas seguintes. Além dos programas de expansão vieram diversos incentivos para a entrada de novos produtores na indústria. Como efeito de escala, a verticalização das siderúrgicas norte americanas e europeias, que de certa forma tinha sido impulsionado pela alta de preços na década de 50, juntamente com as expansões das minas privadas levou a um excesso de oferta no mercado levando a uma queda nos preços de minério nos anos 60 (GAGGIATO, 2010).

Em 1962, o Brasil já era responsável pela exportação de 6 milhões de toneladas, volume similar exportado pelo Peru que também recebia investimentos externos. A Índia, que desde os primórdios da humanidade já operava suas jazidas de minério, recupera-se do período sob o domínio inglês quando praticamente extinguiu suas atividades e desenvolve estruturas para exportação de minério de ferro fornecendo principalmente para o Japão (BALASUBRAMANIAM, 2006). Nessa mesma época a África do Sul

inicia suas operações de exportação e o continente africano vê avançarem investimentos na Libéria e Mauritânia.

Entretanto, durante a segunda metade da década de 60 movimentos de nacionalização das empresas de mineração controladas por siderúrgicas americanas, principalmente na América do Sul e África afetam a dinâmica do mercado transoceânico. Com isso a atenção do país se voltou mais fortemente para a utilização de minério taconito e também para suas participações nas minerações do Canadá quem também apresentavam minérios pobres passíveis de utilização somente via pelletização, sendo este outro fator que impulsionou a produção norte americana de pelotas na década. Com esse movimento a participação dos Estados Unidos no mercado transoceânico caiu de 31.2% em 1960 para 17.2% em 1970 (GAGGIATO, 2010). Já a Europa no mesmo período passava a recorrer cada vez mais ao mercado transoceânico como consequência da exaustão das reservas locais e da maior produção de aço no continente (SOUZA, 1991).

Outro grande fornecedor a iniciar as operações no mercado transoceânico foi a Austrália. Até a metade da década de 60 existia um embargo a exportações de minério de ferro instituídas pelo governo do país com a intenção de preservar as reservas por questões estratégicas de segurança nacional. Com a descoberta de minério na região de Pilbara essa percepção mudou sendo autorizado o aporte de investimentos para desenvolvimento das operações (SUKAGAWA, 2007).

A entrada das operações australianas fez parte dessa estratégia japonesa via suas *trading companies* onde adquiriram participação nas operações como a de Harmersley, Mt. Newman, Robe River, entre outras. O capital japonês era facilitado pelo *EXIM Bank of Japan* via intermediação das siderúrgicas e as *tradings* do país (SUKAGAWA, 2007).

Com o volume de investimentos japonês na Austrália, no final da década de 60, o país já era o maior exportador de minério do mundo. Só a entrada do minério australiano no mercado transoceânico representou volume superior que o fornecido pelos dois maiores exportadores (Suécia e Venezuela) juntos da década anterior. Além do volume Australiano, as novas operações do Canadá mencionadas anteriormente colocaram o

país em segundo lugar nas exportações. Brasil já se aproximava da Suécia para ocupar o terceiro lugar. Com estes grandes volumes entrando no mercado ao longo da década começou um aumento da concorrência entre os fornecedores que passaram a focar em economias de escala e técnicas de extração mais intensivas em capital (SOUZA, 1991). Esse cenário de sobre oferta de minério de ferro no mercado internacional, mesmo diante de um forte período de crescimento da produção de aço, levou a queda de preços do minério.

Com as estratégias de contratos de longo prazo pelos compradores japoneses, começou a ocorrer uma diferenciação entre sistemas de preços na Europa e no país asiático. Os preços no mercado europeu eram fixados em negociações diretas entre compradores e a empresa sueca LKAB, maior fornecedora daquele mercado (GAGGIATO, 2010). As siderúrgicas Europeias tinham pouca frequência em contratos de longo prazo tendo grandes quantidades de compras no mercado a vista ou via suas operações cativas, além disso, nesta época ainda usufruíam de minério doméstico. Já no Japão com a fusão da Fuji e da Yamata formando a Nippon Steel, maior grupo siderúrgico no mundo na época, esta passou a coordenar as compras de matérias-primas para todas as siderúrgicas do país. Os contratos de longo prazo fechados pelo Japão muitas vezes dispunham de cláusulas que fixavam os preços para os primeiros 5 a 7 anos de produção (SUKAGAWA, 2007).

No início da década de 70 uma nova configuração no mercado transoceânico havia se definido. Europa e Japão formavam os dois principais fluxos de importações de minério de ferro enquanto os Estados Unidos perdia sua relevância. A União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) que vivia o isolamento político fora de seu bloco de aliados, em um mundo bi polarizado durante a guerra fria, assumiu o posto de maior produtor de aço do mundo na virada da década, entretanto consumia minério doméstico para sua produção e fornecia para os demais países do bloco soviético no leste europeu.

Somadas as importações da Europa Ocidental e Japão correspondiam a mais de 80% da demanda de minério de ferro no início da década de 70, entretanto, a partir deste período, com os preços do minério de ferro vindo de baixas na década anterior, devido

aos fatores explicados anteriormente, as usinas europeias cessaram aos poucos os investimentos externos em minas cativas comprando no mercado parte de sua demanda. O maior fornecedor no continente, a empresa sueca LKAB que vinha ditando os preços de referência no mercado perdeu a posição de líder de preços para a Companhia Vale do Rio Doce com a tomada de fatias do mercado europeu pela última devido a seus produtos com menor fósforo e baixos custos produtivos comparados com a LKAB. Com o gradativo aumento do custo produtivo da empresa sueca, essa foi obrigada a adotar posicionamento mais rígido nas negociações de preços levando a uma substituição de sua participação no mercado por outros fornecedores, em especial a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) que praticava uma política mais flexível nas negociações em contraposição da LKAB que adotara o confronto como estratégia (SOUZA, 1991).

Desta maneira as empresas fornecedoras de minério com baixo custo produtivo passaram aos poucos a ser a referência do mercado para fechamento de preços. Entretanto, no início da década de 70 custos produtivos não eram somente problema para os suecos lidarem com os compradores europeus, mas também para as mineradoras australianas, desenvolvidas via capital japonês e fornecedoras quase que exclusivamente para esse mercado, lidarem com as siderúrgicas daquele país. O desenvolvimento das minerações da Austrália coincidiu com momentos turbulentos na região como a guerra do Vietnã e a primeira crise do petróleo (73/74) que levaram as fortes flutuações cambiais na moeda do país em relação ao dólar. Além disso, a região oeste da Austrália era carente de infraestrutura moderna e mão de obra e como consequência os custos operacionais na região foram maiores que os projetados pelos japoneses como também a confiabilidade no fornecimento ininterrupto. Usando um modelo similar ao aplicado posteriormente no Brasil, como mencionaremos a frente, investiram em plantas de pelotização nas operações de Robe River e Hamersley rodando com óleo combustível como matriz energética, o que se mostrou inviável com altas no preço do petróleo.

O capital para investimentos negociados em dólares australianos, financiados pelo banco EXIM eram lastreados em moeda japonesa já a receita de vendas das mineradoras recebidas em dólares australianos eram lastreados em dólares americanos e as flutuações cambiais inviabilizavam o pagamento deste capital sem correção nos preços

de minério de ferro. Juntamente com instabilidade no fornecimento devido às interrupções constantes nas operações criavam a necessidade de levar os mineradores australianos a renegociar preços anuais com as siderúrgicas japonesas. Como era de interesse e necessidade das siderúrgicas garantir o pagamento dos investimentos financiados via o banco estatal EXIM, a estratégia inicial de preços fixados por 5 a 7 anos era frequentemente revista e os preços corrigidos nos contratos. Em um período de poucos anos os preços passaram a ser discutidos anualmente e o Japão voltou seus investimentos também para outras regiões na busca de reestabelecer um cenário de maior oferta sobre demanda, pois em 1970 o Japão demandava mais de 100 milhões de toneladas de minério importado para manter seu crescente parque siderúrgico (SUKAGAWA, 2007).

Os custos produtivos e o incremento da demanda de minério transoceânico sobre a oferta levaram a uma retomada de alta de preços de minério de ferro na década de 70. A política de importações que tanto as usinas siderúrgicas da Europa Ocidental como as do Japão puseram em prática desde o início dessa década tiveram influência marcante na determinação dos preços de mercado transoceânico nos anos seguintes. No relacionamento dos japoneses com os australianos, a partir do momento em que as negociações anuais adquiriram uma ritualidade, um novo sistema de precificação denominado “*Champion Negotiations*” entrou em atividade onde os líderes de ambas as indústrias fechavam os preços para aquele mercado. A posição de “Champion” das siderúrgicas japonesas ficara com a Nippon Steel e do lado das mineradoras havia a Mt. Newman (Amax e BHP) e a Harnesley (Rio Tinto). Os japoneses levaram este sistema também para as negociações com o Brasil transformando a Vale do Rio Doce na “Champion” do continente. A outra grande fornecedora de minério para o Japão, a Índia optou por uma postura de seguidora dos preços fechados pelos “Champions”, pois o governo local preferia, após as negociações concluídas, solicitar considerações especiais (SUKAGAWA, 2007).

A política de compras das usinas europeias era baseada em misturas de transações de longo prazo e compras a vista, as quantidades contratuais eram inferiores à sua demanda e em períodos de sobre demanda como ocorreu em 1974 impulsionavam os preços no

mercado a vista com altos volumes de compras não planejadas. Com a aplicação do novo sistema pelas usinas japonesas, as usinas europeias visualizaram a possibilidade de estabilização do mercado por um período mais longo aumentando a segurança do abastecimento de minério de ferro (SOUZA, 1991). Com o intuito de se aproximar das estratégias de compra dos japoneses e com a relevância e influência em preços da Vale do Rio Doce no mercado da Europa Ocidental o sistema de “*Champions*”, também foi implementado no continente tendo os grupos Rohstoffhandel (liderado pela Thyssen Stahl), Erzkontor e Groupmont Belge como principais compradores da região (SUKAGAWA, 2007).

Devido ao limitado número de participantes nas negociações (três “*Champions*” do lado das mineradoras e outros poucos do lado das siderúrgicas) o sistema conseguiu sucesso sem a necessidade de regras e metodologias de cálculo definidas. As siderúrgicas da América do Norte não se envolveram neste sistema, pois praticavam sistemas completamente distintos devido a suas minas cativas e joint ventures no continente.

Com a participação dos principais compradores e fornecedores do mercado transoceânico no mesmo sistema de preços não demorou a criação de uma referência nas negociações anuais de preço, agora de forma global, onde a partir do fechamento das negociações entre dois “*Champions*” os demais participantes seguiriam o preço estabelecido para aquele ano. Com essa adequação no sistema de preços ele passa a ser conhecido como “*Benchmark Price System*” ou sistema de preços de referência. Esta alteração no sistema de preços para o aceite da referência fechada pelos demais fornecedores se deu devido a um cenário de sobre oferta de minério em relação a demanda já na segunda metade da década de 70. Essas condições de mercado permitiam que as siderúrgicas pressionassem os fornecedores por melhores preços em troca de maiores volumes o que levava a uma competição entre os fornecedores a fim de conseguir um maior retorno de suas operações via garantia de compra da maior fatia possível de sua produção (SUKAGAWA, 2007).

Na medida em que a demanda transoceânica de minério de ferro passou a mostrar sinais de queda nos últimos anos da década de 70 a concorrência no setor aumentou bastante.

Os fornecedores começaram a disputar fatias de mercado via concorrência de preços envolvendo tanto empresas de capital privado quanto estatais. Com a intenção de embarcar a maior quantidade possível da capacidade produtiva, a fim de mitigar custos fixos, algumas minas adotaram estratégias de fechar volumes a preços abaixo do negociado pelas grandes mineradoras forçando os preços (SOUZA, 1991).

Mesmo com as turbulências no mercado durante os últimos anos da década de 70 o sistema de preços de referência possibilitou certa estabilidade no mercado e os produtores conseguiram, em um balanço geral do período, ganhos de preço ajustáveis com os aumentos de custo produtivo e os investimentos em aumento de capacidade, conforme apresentado na tabela III.4, pois o foco no momento era um relacionamento de longo prazo e garantia de fornecimento entre siderúrgicas e mineradoras. A CVRD foi a responsável pelo fechamento dos preços de referência no período, sempre com grupos alemães.

Tabela III.4 – Fechamento de Preços Finos de Minério (FOB)

Anos	Comprador	Fornecedor	variação anual (%)	
1976	Alemanha	CVRD	+	31,2%
1977	Alemanha	CVRD	+	1,5%
1978	Alemanha	CVRD	-	6,9%
1979	Alemanha	CVRD	+	9,5%

Fonte: (SOUZA, 1991).

Durante a década de 80 os investimentos da indústria siderúrgica direcionaram-se para o aprimoramento de técnicas e processos produtivos visando ganhos em qualidade e redução de custos de processos. Da mesma maneira as exigências por minérios mais homogêneos, de maior qualidade e a um menor custo aumentaram. Com o declínio do consumo intensivo de aço nas economias industrializadas, o excesso de capacidade e a queda nos preços do aço provocaram o fechamento de siderúrgicas ao longo da década de 80. Os Estados Unidos lançaram um programa de reestruturação da indústria siderúrgica reduzindo cerca de 25% da capacidade no ano de 1982 e no Japão também

foram implementados planos de reestruturação a partir de 1986 depois de um período de grandes perdas financeiras do setor (GALDON-SANCHEZ e SCHMITZ-JR, 2002).

Com as crises do petróleo que se seguiram, o início da guerra entre Iran e Iraque e a retração econômica global as indústrias siderúrgicas enfrentavam dificuldades financeiras e seguidos prejuízos. Com o excesso de capacidade produtiva a concorrência no setor também aumentou e ocorreu uma inversão na política de compras de matérias-primas aplicada pelo setor, que antes presava o longo prazo mudando seu foco para ganhos no curto prazo. Estratégias como aumentar o volume adquirido com um fornecedor específico ou mesmo apenas garantir o mesmo volume do ano anterior em troca de menores preços foram aplicadas tanto por siderúrgicas europeias quanto japonesas. Os volumes contratados no longo prazo pelas siderúrgicas japonesas já no começo da década de 80 passavam quase que 50% do volume demandado no período levando a cortes de toneladas contratadas. Terminava-se assim a cooperação entre os setores onde os níveis de preços eram mantidos a fim de garantir a saúde financeira dos fornecedores e assegurar o fornecimento para um período de negociações onde o foco era reduções de preços ante a garantia de fatias de mercado.

Desta maneira foram utilizadas estratégias de substituição de cargas contratadas (Brasil e Austrália) por compras no mercado a vista de fornecedores não tradicionais (Venezuela, entre outros) sob o argumento de testes de qualidades. O fechamento de preços de referência com mineradoras de menor expressão a fim de pressionar o mercado também foi adotado, conforme ocorrido em 85 e 86 com a QCM do Canadá sendo a primeira a fechar preços nestes anos. A cada ano um fornecedor era privilegiado na negociação de preços garantindo sua fatia de mercado a preços menores, passando por esse ciclo em 85 com fornecedores indianos, em 87 com a BHP e em 88 com a Harmerley.

Do lado das mineradoras, o enrijecimento da concorrência levou estas a aceitarem as estratégias impostas pelas siderúrgicas que detinham o balanço de mercado a seu favor. Os fornecedores canadenses enfrentavam uma forte redução da demanda cativa dos Estados Unidos e se viam obrigados a ganhar fatias no mercado europeu. Entretanto as

maiores pressões de mercado ocorreram na região do Atlântico onde cortes na produção de aço foram maiores (novos produtores de aço incrementaram suas capacidades no período, como Coreia do Sul, China e Taiwan) e o custo produtivo de minério de ferro, com exceção do Brasil também era mais elevado em comparação à região do Pacífico (GALDON-SANCHEZ e SCHMITZ-JR, 2002).

As seguidas quedas nos preços de minério na década e a falta de demanda levaram ao fechamento de operações ineficientes, principalmente no continente europeu que também vivenciou a exaustão de reservas ao longo da década verificando-se uma redução das importações não transoceânicas no período. As empresas que permaneceram no mercado passaram a retrair sua capacidade, racionalizar a produção e reduzir custos. Na Suécia a LKAB, maior fornecedora do continente passou por uma reestruturação interna reduzindo drasticamente sua capacidade produtiva. Em contrapartida a empresa aumentou seu foco de atuação no mercado de pelotas implantando novas capacidades de pelletização. A exceção neste período foi quanto ao fluxo comercial de minério de ferro no bloco soviético que manteve sua estrutura interna de compras da URSS pelos demais países que só ao final da década de 80, já com uma recuperação do setor siderúrgico global, passaram a importar minério de ferro de fora do bloco (SOUZA, 1991).

Com o cenário macroeconômico em crise, as siderúrgicas operando deficitariamente e o mercado sobre ofertado de minério de ferro os preços entraram em um ciclo de quedas consecutivas. O grupo de compras alemão Rohstoffhandel que representava a Thyssen, a Krupp, a Mannesmann e a Hoesch liderou o fechamento de preços pelo lado da indústria siderúrgica no começo da década, seguido por outro grupo alemão, Erzkontor, que representava a Peine-Salzgiter, a Klockner, a Dillinger e a Arbed-Saarstahl. Na Inglaterra todo o minério importado pelo país era negociado pela Bristish Steel Corporation, na Itália pela Ilva, na França pela Solac e na Holanda pela Hoogovens. O fechamento dos preços na segunda metade da década passou para as mãos dos japoneses que continuaram o revezamento com as mineradoras para fechamento do preço de referência agora com as mineradoras australianas, mantendo a queda nos preços. A queda nos preços de minério se seguiu até 1988 quando as condições do mercado

siderúrgico que vinham se recuperando desde 1987 criaram condições positivas para um aumento nos preços de minério no ano de 1989. Neste período as siderúrgicas novamente mudaram seu posicionamento nas negociações voltando a se preocupar com fornecimento no longo prazo e não mais apenas nos ganhos de curto prazo e também frente a um cenário de maior balanço entre oferta e demanda de minério após seguidos anos de redução da capacidade de produção de minério pelos fornecedores.

Com a liderança de compras na região da Ásia, a Nippon Steel propôs à CVRD uma cláusula de divisão dos custos de frete uma vez que a carga australiana, mesmo que com o mesmo preço no porto de carregamento, chegava a um menor custo de entrega no país. A proposta baseava-se em aplicar uma fórmula onde a diferença entre o valor do frete de Tubarão/Roterdã em relação a Tubarão/Japão era dividida por dois e o resultado descontado do preço. A fórmula abaixo demonstra o raciocínio proposto.

Preço FOB para Japão = Preço FOB para Europa - $\frac{(\text{Tubarão/Roterdã}) - (\text{Tubarão/Japão})}{2}$

2

Fonte: (SUKAGAWA, 2007).

O resultado obtido foi cerca de 2 dólares de descontos e previsto que após três anos o valor seria modificado para 3 dólares. Entretanto já no ano seguinte ocorreu a correção no valor que não foi mais alterado nos anos seguintes criando uma diferença entre o preço europeu e japonês. Para a CVRD significava uma perda em relação às suas vendas ao continente europeu, mas por outro lado com o mercado em crise e sobre ofertado foi considerado uma alternativa possível para a permanência e ampliação da participação no mercado asiático (SUKAGAWA, 2007).

Com os preços de minério de ferro em baixa e diversas mineradoras enfrentando dificuldades com elevados custos produtivos criou-se oportunidades de fusões e aquisições, principalmente das mineradoras melhores posicionadas em relação a custos e volumes produzidos.

Após o período de baixa de preços do minério de ferro na década de 80 ocorreram pequenas reações positivas, mas ainda nos primeiros anos da década de 90 os preços seguiram em queda até o ano de 1994. De 1980 até o final de década de 90 os preços de minério de ferro permaneceram variando entre c\$30/dmtu com comportamento bastante estável e distantes dos preços médios de aço, conforme a figura 3.2, o que justificava a pouca representatividade nos custos da indústria siderúrgica e o desinteresse desta em manter tais ativos.

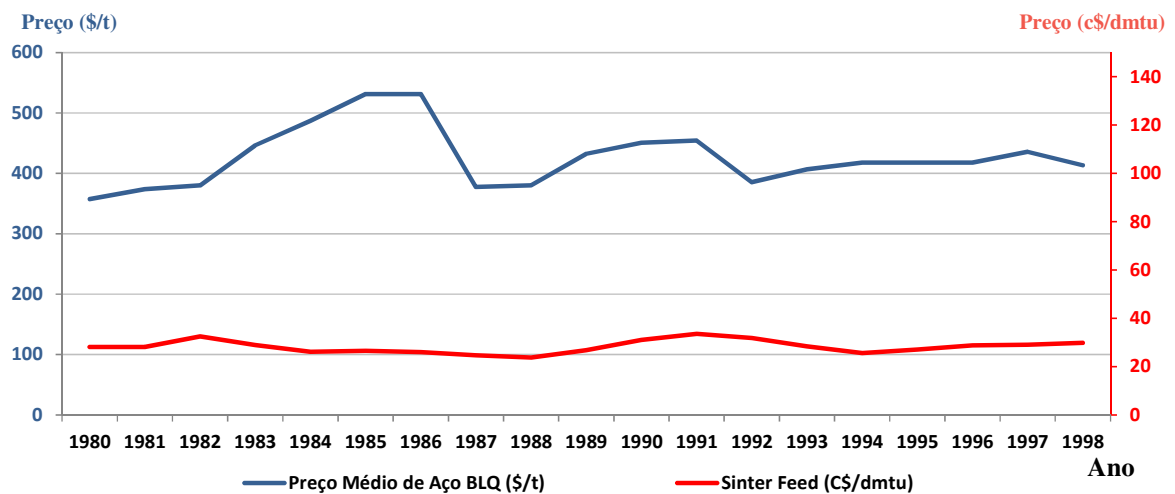


Figura 3.2 – Preços Anuais de Minério e Aço.

Fonte: (TEX REPORT, 2009).

Com a aplicação de novas técnicas nos processos siderúrgicos e uma capacidade de produção de pelotas já relevante em escala global o minério utilizado apenas para sua produção (*pellet feed*) criou mercado próprio, bem menos representativo em questões de volume que os demais, sendo também processado nas sinterizações. Tendo como maior fornecedor do mercado transoceânico o Brasil e devido a suas características físicas (granulometria) não ideais para a produção de sinter, o *pellet feed* foi negociado com um desconto durante toda a década de 90 (80% do preço do sinter feed para o mercado europeu e 84% do preço de finos para o mercado japonês) (TEX REPORT, 2009).

Em relação à oferta de minério de ferro novos fatores foram agregados ao mercado ao longo da década de 90. Com a dissolução da URSS os produtores de minério de ferro

viram-se obrigados a discutir questões relativas a custos produtivos e fornecimento a novos mercados. Os primeiros impactos sobre a região com a maior produção de minério de ferro do mundo foi a redução de sua capacidade em cerca de 40% entre 1990 e 1995. No mesmo período a produção de aço na região caiu cerca de 50%, justificando em parte os cortes na capacidade de produção de minério de ferro. Os anos de economia fechada levaram o bloco a uma produção de aço dispendiosa e ineficiente levando a um uso intensivo de aço bem maior que os países do ocidente devido à baixa qualidade e desperdícios. Boa parte da produção de aço não era aproveitada gerando volumes elevados de sucata (HELLMER e NILSON, 2000). Isso explica em parte porque a região se tornou um dos principais fornecedores de sucata nos anos que se seguiram e foram gradativamente perdendo esta condição. As turbulências na região levaram a perda do posto de maiores produtores de minério, mas a Rússia conseguiu manter parte de suas exportações para os países do Leste Europeu.

Na Europa Ocidental a sueca LKAB se tornara a única exportadora da região e praticamente a única produtora optando por reduções de capacidade e foco na produção de pelotas para o mercado europeu aproveitando seu minério magnetítico e assim conseguindo uma estrutura de custo capaz de manter a empresa competitiva dentro do continente em comparação com as operações de baixo custo no Brasil e Austrália que também abasteciam o continente europeu (HELLMER, 1996).

A China, que no final da década de 80 passara a importar minério do Brasil, ao longo da década aumentou significativamente os volumes e também passou a importar minério indiano. No final da década Austrália, Brasil e Índia eram os três grandes fornecedores do país e as importações já representavam cerca de um terço de seu consumo total de minério de ferro. Entretanto, o Japão ainda era o grande importador da região e responsável pelas negociações anuais de preços e o mercado importador permanecia dividido entre dois eixos, Europa e Ásia.

Em meio a um período de crise econômica, iniciada no ano de 1998 na Ásia e que se espalhou nos anos seguintes às demais regiões, o fechamento dos preços de referência de minério de ferro para o ano de 2002 e 2003 ocorreram em um ambiente tenso de

negociações tendo suas conclusões ocorrido apenas nos meses de maio dos respectivos anos, representando um relativo atraso em comparação ao fechamento das negociações dos anos anteriores. Isso também está relacionado às modificações na estrutura tradicional de fornecimento citadas acima e principalmente à conjuntura conflitante de uma indústria siderúrgica tradicional atravessando um período de baixos ganhos econômicos e uma crescente indústria siderúrgica chinesa puxando agora volumes significativos de minério transoceânico e impactando a demanda global (LUNDMARK e WARELL, 2008).

A China, que já vinha crescendo e ganhando relevância nas últimas décadas com as mudanças políticas no país, a partir do ano 2000 acelerou o crescimento de seu Produto Interno Bruto (PIB) que foi acompanhado pelo crescimento na produção e demanda por aço. De 2002 a 2005 o país praticamente dobrou a produção de aço, conforme mostra a figura 3.3.

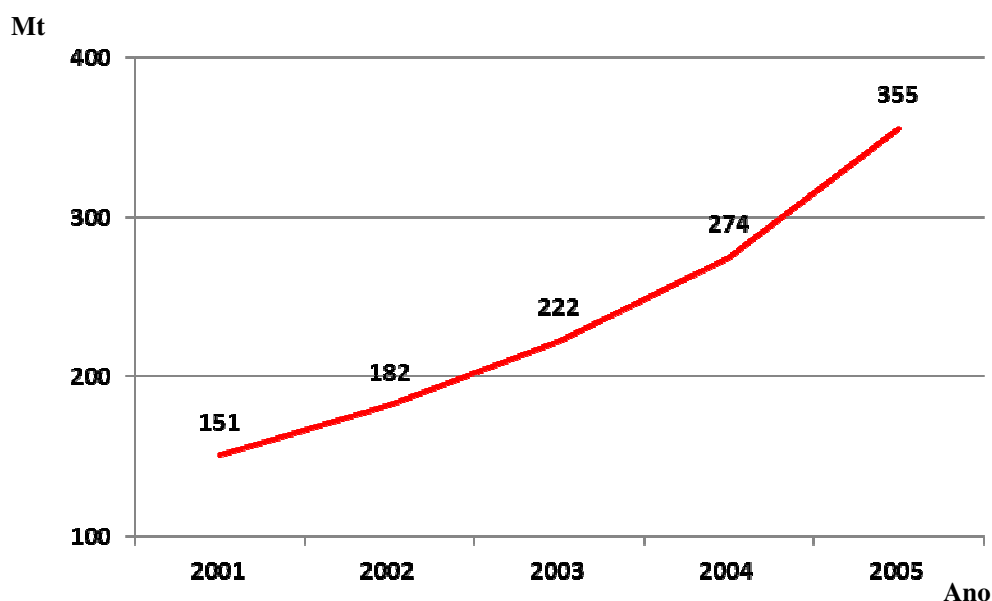


Figura 3.3 – Produção de Aço Bruto na China (Mt).

Fonte: (CRU Analysis, 2011a).

O país que já havia adquirido a condição de maior produtor de aço na década anterior, mesmo sendo um grande produtor de minério de ferro possui minas antigas, de baixo teor e em sua grande maioria de minério magnético levando a uma forte crescente no volume de importações (YIN e CHEN, 2013) conforme mostra a figura 3.4.

Outro fator que impulsionava as importações de minério de ferro da China em detrimento do consumo e expansão do material doméstico era que até aquele momento o nível de preços do mineral inviabilizava boa parte das operações domésticas por se tratarem de minas com elevado custo produtivo devido, entre outros motivos, à geologia do minério e a baixa escala produtiva.

A produção doméstica de minério na China declinou de 1998 até 2001 antes de começar um período de crescimento contínuo que mais adiante acompanharia o ritmo da evolução das importações do país devido ao novo patamar de preços que sustentaram novas operações domésticas. Pois em fevereiro de 2005 a CVRD anunciou fechamento de preços de referência com a Japonesa Nippon Steel com um aumento sem precedentes na ordem de 71.5% aceito em seguida pelas siderúrgicas Europeias (FIUZA e TITO, 2010).

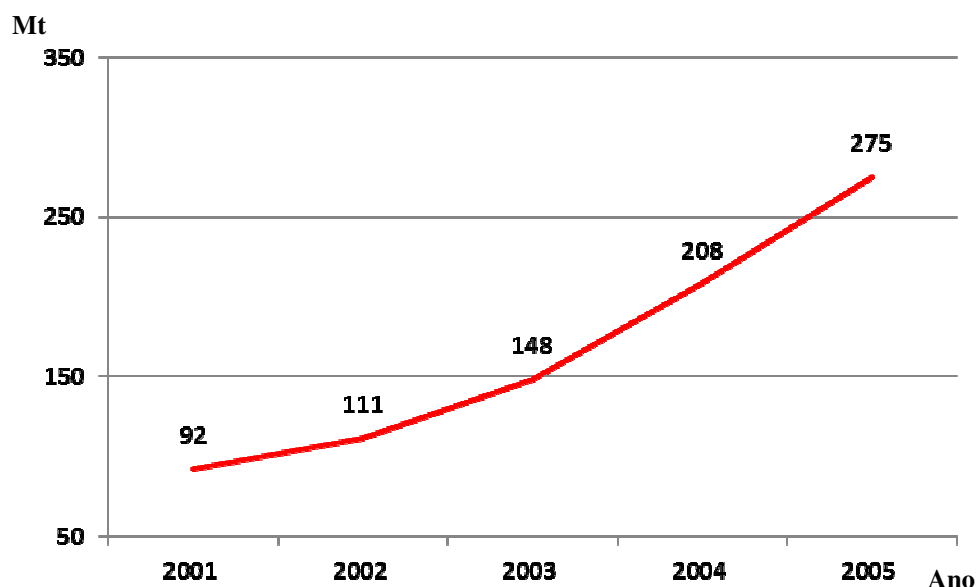


Figura 3.4 – Importação de Minério de Ferro na China (Mt).

Fonte: (CRU ANALYSIS, 2011a).

Com o relacionamento dos japonês e europeus com os fornecedores australianos e brasileiros pautado por um longo relacionamento via contratos de longo prazo a Índia aproveitou também da ausência de volumes domésticos na China para mudar seu foco, do Japão para o mercado chinês, passando a vender minério no mercado a vista a preços

bem acima das referências de mercado. Em 2005 31% das importações da China foram via mercado avista (YIN e CHEN, 2013). Essa mudança de postura da Índia é nítida nos números da figura 3.5.

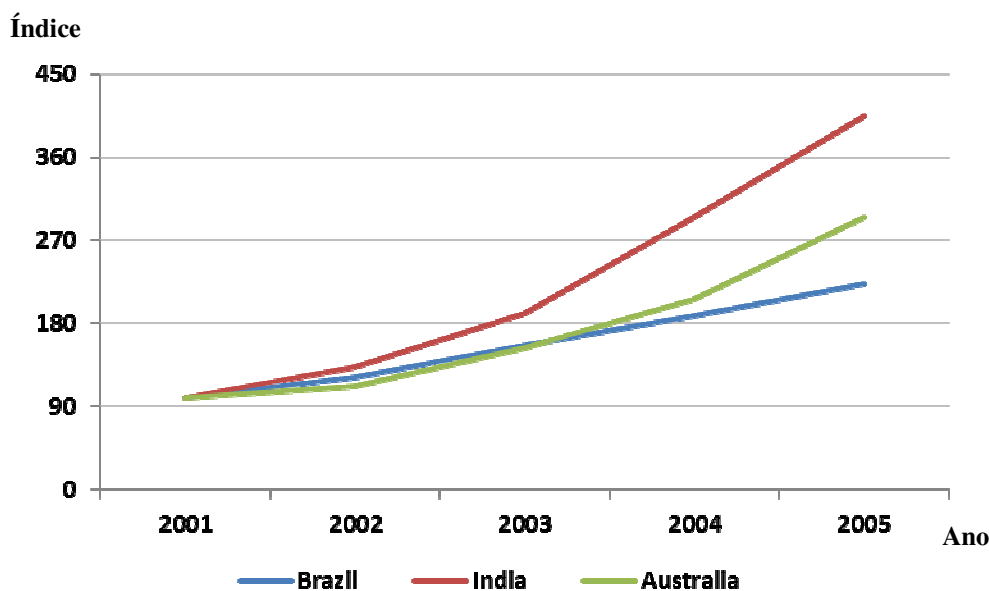


Figura 3.5 – Evolução das Importações Chinesas por Principais Fornecedores.
(Valor indexado, sendo 2001 = 100).

Fonte: (UNCTAD, 2011).

Nas negociações de preços do ano de 2005 os níveis de preços praticados no mercado a vista chinês já apareceram na mesa de discussões e constituindo um dos motivos para a alta fora dos patamares históricos.

Entretanto até o ano de 2005 o forte crescimento econômico da China levava o país a demandar mais aço do que era capaz de produzir, mesmo sendo o maior produtor do mundo e com sua indústria siderúrgica em franco crescimento. Com a ascensão nas importações de aço do país, conforme apresentado na figura 3.6, a indústria siderúrgica global passava por um novo momento de entusiasmo com alta nos preços e níveis de utilização da capacidade da indústria em patamares recordes. Este cenário facilitou o aceite da indústria siderúrgica, mesmo após muitos questionamentos por parte dos demais participantes do setor que culpavam os japoneses pela postura nas negociações, para os novos patamares de preços de minério de ferro fechados para o ano de 2005.

O forte crescimento da demanda por minério importado na China levou também a interferências no mercado de frete marítimo. O país não tinha infraestrutura adequada para o descarregamento dos volumes que passaram a aportar em sua costa. Como consequência diversos navios passaram a aguardar ao longo da costa por muito tempo uma vaga para atracação limitando a disponibilidade de embarcações para os demais mercados e consequentemente levando a uma disparada dos preços sem precedentes de frete marítimo. Este fato levou a uma corrida de investidores na construção de novas embarcações a fim de aproveitar os retornos que o setor passara a proporcionar e também levou à BHP nas negociações de preços de minério de ferro dos anos de 2005 e 2006 a tentar um diferencial de frete para o mercado asiático em relação à CVRD (SUKAGAWA, 2007).

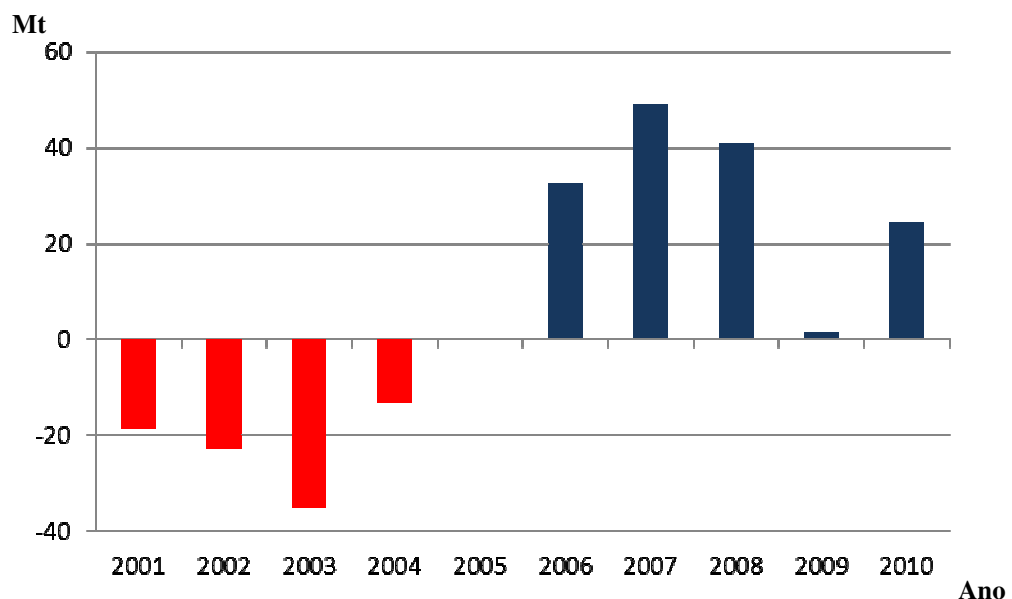


Figura 3.6 – Saldo da Comercialização de Aço na China (Mt).

Fonte: (WSA, 2011).

A partir de 2005 a China inverte sua condição de importadora de aço e passa a competir com as demais regiões como fornecedora, afetando os preços de aço no mercado internacional e interrompendo a tendência de alta. Entretanto o país continuava a aumentar o volume de minério importado, atuando no mercado a vista e influenciando os preços anuais de referência que continuaram a registrar aumentos nos anos que seguiram. A figura 3.7 apresenta a tendência de preços tanto para aço quanto para minério no período.

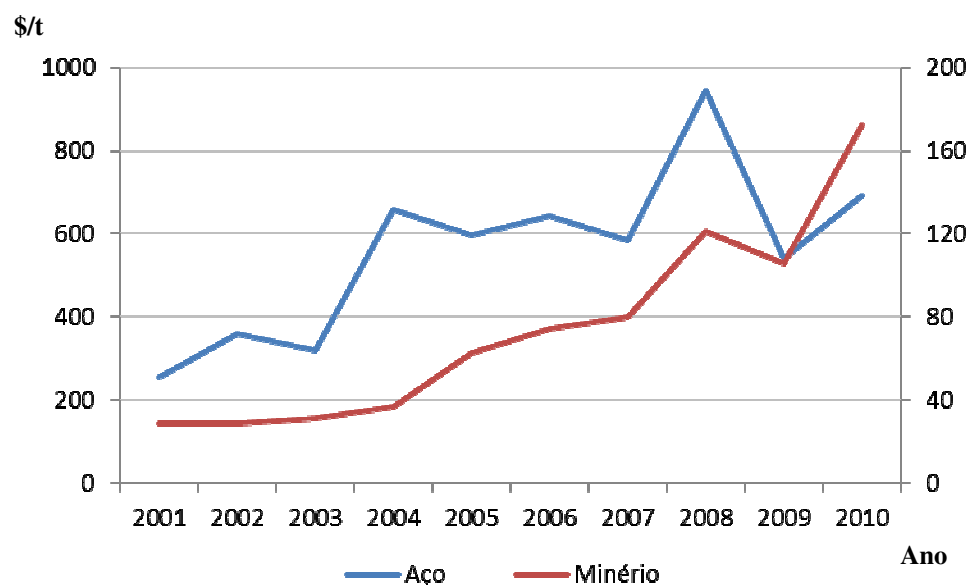


Figura 3.7 – Preços Médios de Aço e Minério (\$/t).

Fonte: (UNCTAD, 2011).

A indústria de mineração encontrava-se em um patamar de concentração bem acima da indústria siderúrgica e passara a buscar uma maior divisão das receitas advindas da cadeia de produtos siderúrgicos que no passado esteve sempre em favor da indústria siderúrgica. Com o mercado sobre demandado em relação ao minério de ferro e concentrado com um grupo menor de empresas que o grupo de compradores, as condições ficaram mais favoráveis ao setor de mineração.

Com a elevação do patamar de preços de minério de ferro esse setor passou a ser atrativo novamente atraindo investidores de outros setores. Diversos projetos de mineração foram anunciados nas mais diversas regiões e o setor siderúrgico passou a repensar sua estratégia em minas cativas e também de concentração a fim de ganhar maior representação e competitividade no cenário vigente.

A China que passara a ser o maior importador de minério do mundo exigia voz nas negociações anuais de preço que ainda eram restritas a japoneses e europeus, pois as grandes siderúrgicas do país negociavam parte das importações do Brasil e Austrália baseadas nos preços de referência e se diziam prejudicadas pelos desfechos das negociações nestas regiões. Em 2006 o país participou de forma ativa do processo de

negociações, representado pela maior siderúrgica do país, mas esta se negou a acordar um novo aumento de preços que acabou em maio sendo fechado entre a CVRD e os Europeus. Os chineses sob o risco de cessar o recebimento de minério via preços de referência, passando somente a cargas com preço a vista, mais adiante no ano acabaram por ceder à referência para aquele ano (TEX REPORT, 2009).

No ano seguinte os chineses tomaram novamente a frente das negociações, mais uma vez liderados pela Baosteel, com diferente postura, mas que não evitou o fechamento de um novo aumento de preços. A estratégia adotada desta vez foi um rápido fechamento, ainda no ano anterior (dezembro) marcando a primeira vez que o preço era fechado fora do eixo Europa/Japão (TEX REPORT, 2009).

No ano de 2008 a Rio Tinto que se opusera ao pedido de diferencial de frete da BHP durante as negociações de preço dos anos anteriores adere o discurso e o tema ganha força. As taxas de frete tinham atingido patamares históricos, pois o ano de 2007 havia sido muito positivo de forma geral para a economia mundial, com mercados aquecidos e demandados, resultado também em alta significativa de preços de aço em todas as regiões (CARVALHO, 2012). O preço de minério no mercado a vista chinês tinha atingido valores recordes e existia uma expectativa de novos aumentos para os preços de referência. Insatisfeita com o desempenho da Baosteel nas negociações do ano anterior o órgão estatal da China como representante da indústria siderúrgica decide tomar a frente das negociações naquele ano. Entretanto a entidade não conseguiu chegar perto de um acordo e em fevereiro de 2008 a Vale fecharia com japoneses e sul coreanos um aumento de 65%. A australiana Rio Tinto, tomando a frente das discussões em relação a um diferencial de frete, seguiu em negociações e após muita pressão ao final de junho daquele ano os Chineses foram obrigados a aceitar um reajuste maior para a companhia 79.88% que em poucas semanas foi seguido pelos japoneses também para a outra fornecedora australiana BHP (UNCTAD, 2011). Este fechamento diferenciado dividiu o mercado com algumas regiões seguindo o preço fechado na Ásia e outras seguindo o preço sul americano. Em contrapartida a Vale voltou ao mercado em setembro daquele ano demandando novo reajuste de preços para igualar novamente os preços de referência, entretanto naquele mesmo mês a economia global começava a

entrar em um novo período de turbulência e as discussões foram encerradas no momento que os preços a vista no mercado chinês começaram a desabar.

A negociação de preços de referência para o ano de 2009 foi realizada em meio a este cenário de crise. Após várias rodadas de discussão a Nippon Steel concluiu o primeiro acordo com a Rio Tinto em 26 de maio. O acordo firmou a diminuição no preço de finos em 33% e o preço do minério granulado em 44%. O acordo foi aceito como preço de referência pela BHP Billiton, que assinou seu primeiro contrato, com a japonesa JFE, em 12 de junho. Enquanto isso, a Vale tinha estabelecido uma redução de 28,2% no preço de finos e um corte de 44,47% no preço do minério granulado. A menor redução do minério brasileiro refletiu a eliminação do "prêmio de frete" australiano que foi obtido em 2008, e que tinha perdido sua justificativa com a queda nas taxas de frete. Do lado chinês a insistência na redução do preço de finos para os patamares de 2007, reduzidos depois para uma queda de 40% para o ano de 2009 levou a não acordo entre as partes e dificuldades até mesmo de se chegar a preços provisórios para a manutenção de carregamentos. A Vale seguiu a estratégia da Rio Tinto e BHP que nos anos anteriores já convergiram parte de suas vendas para o mercado a vista chinês que começava a se recuperar da crise. Em setembro do mesmo ano a China anuncia acordo de 35% de queda nos preços com a mineradora australiana *Fortescue Metals Group* (FMG), recém entrante no mercado, que não é aceito pelas grandes mineradoras encerrando o ano sem acerto de preços para aquele mercado (TEX REPORT, 2009).

Apesar da recessão o comércio de minério de ferro atingiu um nível recorde em 2009, as exportações aumentaram pelo oitavo ano consecutivo e atingiram 955 milhões de toneladas, alta de 7,4%. O aumento foi o resultado de maior demanda na China, juntamente com uma queda na produção doméstica. Total de exportações de minério de ferro aumentaram 88% desde 2000. A Austrália manteve o posto de maior exportador de minério de ferro com mais de 360 milhões de toneladas, um aumento em relação a 2008 em 17%. Por outro lado as exportações do Brasil diminuíram 3,0% para 266 milhões em 2009. Naquele ano as exportações indianas ainda cresceram (décimo ano consecutivo). A China passou a deter cerca de 67% das importações mundiais e seu mercado de preços a vista passou a chamar a atenção de instituições financeiras

(UNCTAD, 2011). No ano de 2009 foram criados índices para o acompanhamento diário dos fechamentos de preços no mercado chinês, o que atendeu aos interesses da BHP Billiton que já vinha desejando uma indexação dos preços de contrato aos preços do mercado a vista chinês e também uma redução no tempo de duração da validade dos preços acordados, mas sem sucesso em sua implementação.

Com as fortes quedas nos preços de contratos para 2009 e a discrepância dos preços a vista a Vale passou a posicionar-se a também a favor de uma mudança no sistema de precificação o tornando mais correlato aos preços a vista de mercado chinês. Esse posicionamento dos principais fornecedores do mercado transoceânico levou ao fim do sistema de preços que vigorava desde a década de 70, apesar da forte oposição, principalmente de siderúrgicas chinesas, com forte apoio de organizações da indústria de aço japonesa e europeia (GAGGIATO e PERES, 2011). Novos sistemas de preços passaram a vigorar a partir de 2010, mas sem uma referência aberta, dando oportunidades a diferentes acordos entre compradores e fornecedores.

Os novos modelos têm trazido ainda muitas incertezas ao mercado qual o melhor caminho a se adotar. Alguns índices de acompanhamento dos preços a vista no mercado chinês têm se sobressaído sobre os diversos que surgiram no período, mas ainda é cedo para se afirmar qual a rota que a indústria adotará. No primeiro ano da queda do sistema de referência a sueca LKAB ainda negociou contratos de preços anuais para pelotas, mas o seu modelo de preços não foi publicado.

Seguindo as médias trimestrais dos índices do mercado à vista chinês foi possível perceber que o novo modelo resultou em aumentos de preços no segundo trimestre de 2010 de cerca de 100% em comparação com o benchmark de 2009. Já no trimestre seguinte ocorreu um novo aumento de preços (UNCTAD, 2011).

Como fator de mudança no cenário futuro, a Índia, responsável na última década, juntamente com a China, pelo desenvolvimento do mercado de minério a vista tem saído gradativamente do mercado transoceânico, mesmo ainda detendo fatia significativa. O país trava a alguns anos uma disputa interna entre seus setores de

mineração e siderurgia pela utilização das jazidas doméstica no mercado interno ou seu aproveitamento no mercado externo e recentemente fica cada vez mais nítido que os anseios do setor siderúrgico prevalecerão. Diversas minas no país foram fechadas devido à falta de regularização e as exportações de diversas regiões foram suspensas. Os mineradores também viram os níveis de impostos aumentarem para as operações que atendiam o mercado externo. Os impactos e a sustentabilidade das minas no país também têm sido um foro de bastante discussão doméstica já há algum tempo (SINHA *et al.*, 2007). Desde 2010 o país vem apresentando queda no volume total exportado e essa tendência tem se intensificado, mas seu retorno ao mercado a vista chinês pode ser determinante para a tendência de preços futuros. Neste momento o fornecimento de minério de ferro proveniente da Austrália, Brasil e também da Índia comercializados no mercado à vista chinês, juntamente com o minério doméstico do país são os responsáveis pela formação de preços e índices para o mercado global.

Devido ao desenvolvimento de índices de preços de minério de ferro e o aumento da volatilidade destes com o crescimento do mercado a vista um novo fator passou a existir. Instituições financeiras viram oportunidades de oferecer serviços de *hedge* e também de comercializar derivativos financeiros indexados ao mercado de minério de ferro (TANG e XIONG, 2012). Sistemas de mercado futuro foram criados como balcão ou *Over the Counter* (OTC) de *swaps* de minério de ferro. Negociações de volumes futuros passaram a ser realizadas em algumas regiões como o *Índico Commodity Exchange* (ICEX), a *Multi-Commodity Exchange* (MCX) da Índia e a bolsa *Singapore Mercantile Exchange* (SMX) (UNCTAD, 2011) tornando mais complexo o sistema de precificação de minério de ferro. Mesmo com uma grande variação nos preços diários de minério publicados por estas instituições a média anual de preços até o momento permanece sustentada por fundamentos de oferta, demanda e custo produtivo, conforme mostrado na figura 3.8.

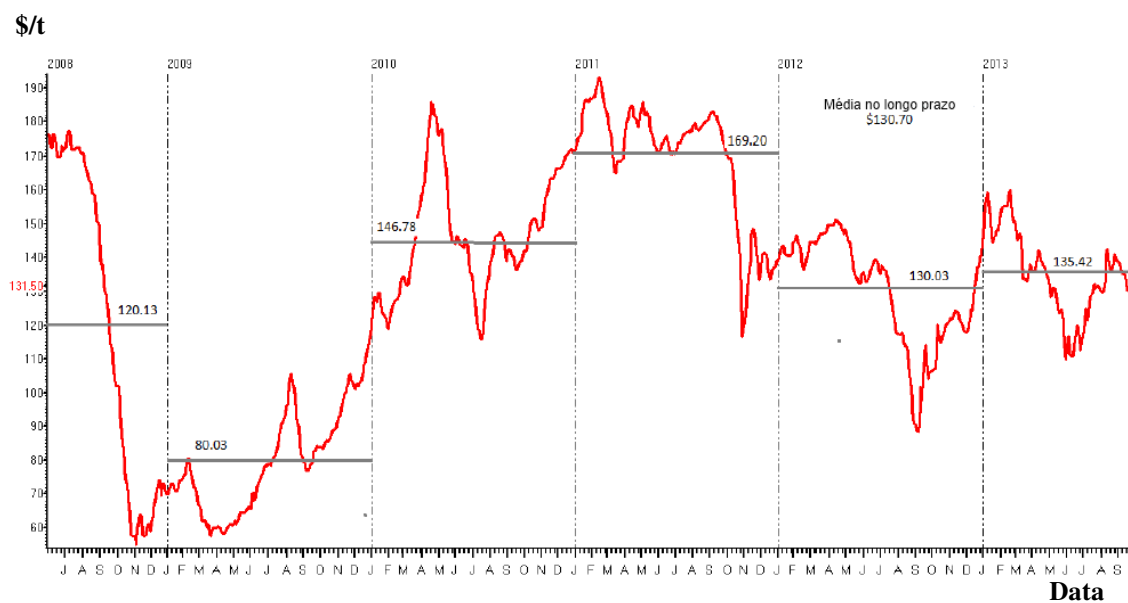


Figura 3.8 – Variação Index de Minério de Ferro 62% Fe e Média Anual.

Fonte: (FRANCIS, 2013).

Entretanto, mesmo com as instituições financeiras oferecendo ferramentas para fixação de preços futuros, a fim de assegurar a rentabilidade da indústria, a variação dos preços futuros segue a volatilidade similar a dos preços no mercado a vista diário, criando pouca margem para a tomada de decisões, conforme demonstrado na figura 3.9 abaixo que compara a curva de preço a vista em 2013 (escura) com a curva de preços futuros para 2014 (clara).

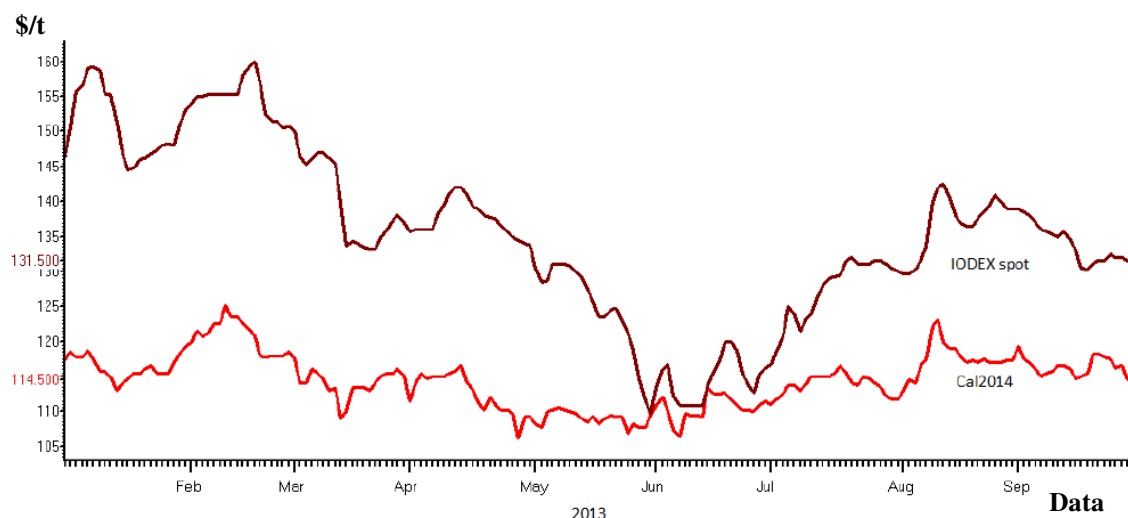


Figura 3.9 – Preços a Vista 2013 x Preços Futuros 2014.

Fonte: (FRANCIS, 2013).

Com essa volatilidade nos preços de curto prazo as decisões de oferta e demanda no mercado a vista nos últimos anos (2012 e 2013) têm sido cada vez mais influenciadas. Exemplo disso é mostrado na figura 3.10 abaixo que apresenta no eixo Y o número de embarques do Brasil, Austrália, Índia e África do Sul no mercado a vista, ao longo das semanas do ano de 2012, representadas no eixo X.

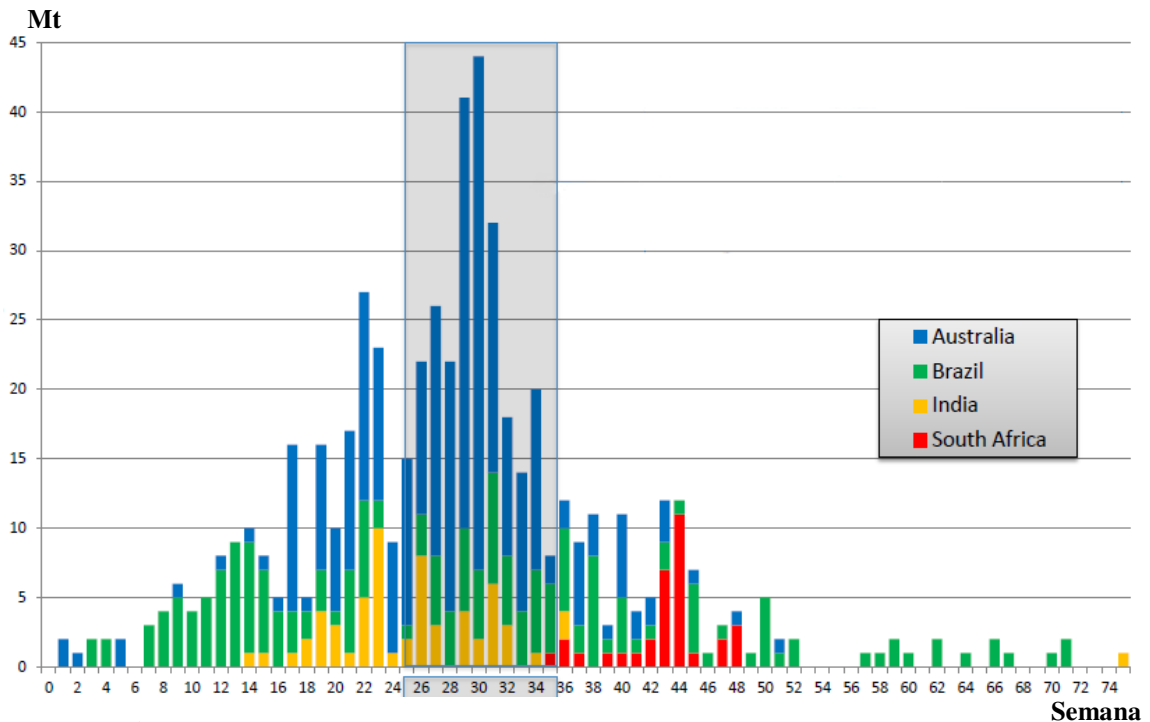


Figura 3.10 – Volume de Embarques no Mercado a Vista por Semana.

Fonte: (FRANCIS, 2013).

Outro fator que pode mudar o cenário futuro, derivado da alta de preços dos últimos anos, mas no médio para o longo prazo, são os novos investimentos no setor de mineração, que também sofreram os efeitos da crise financeira tendo vários deles sido postergados ou encerrados (RANGEL, 2012). Com a retomada dos preços o movimento de anúncios de projetos voltou, mas ainda existe muita incerteza de, dentro do universo de projetos anunciados, quais possuem viabilidade real e condições de implementação. As regiões da América do Sul, Austrália, África, Canadá e Suécia são as que têm recebido maior atenção dos investidores que vão desde siderúrgicas buscando assegurar fornecimento de minério a menores custos até novos entrantes vindos de outros setores interessados em aproveitar as margens atuais do setor. Entretanto essas regiões apresentam desafios como falta de infraestrutura, condições climáticas adversas e riscos

políticos já vivenciados no passado. A própria entrada massiva de novos projetos pode levar a uma condição de mercado desfavorável a diversos desses projetos invertendo de alta para baixa a atratividade do setor, portanto é fundamental o desenvolvimento de um modelo de oferta e demanda para sustentar o modelo de preços de minério de ferro.

Outra questão a ser discutida neste momento é a mudança acentuada das características dos minérios comercializados atualmente e também os provenientes dos novos projetos já anunciados. A queda no teor médio de ferro das jazidas tem sido constatada nos últimos anos, em especial na China devido a sua massiva produção, mas também ocorrendo em outras regiões. Avaliando o portfólio de produtos ofertados pelos principais fornecedores do mercado transoceânico é possível notar o aumento da fatia de produtos de menor teor em detrimento da carga considerada nobre. Como consequência do menor teor de ferro a granulometria dos minérios ofertados tem diminuído impactando nas tecnologias de processamento das siderúrgicas. Diversos dos novos projetos anunciados já contemplam a produção apenas de *pellet feed* (produto de menor granulometria) o que poderia promover uma inversão tecnológica na aglomeração de minérios. Esta questão da qualidade também repercute nos custos produtivos de minério, que por sua vez terão papel relevante na determinação dos preços em situação de excesso de oferta, onde os produtores de maior custo automaticamente regularizarão a oferta com sua retirada do mercado (figura 3.11). A produção de minério na China e seu custo são fatores determinantes de preços globais atualmente.

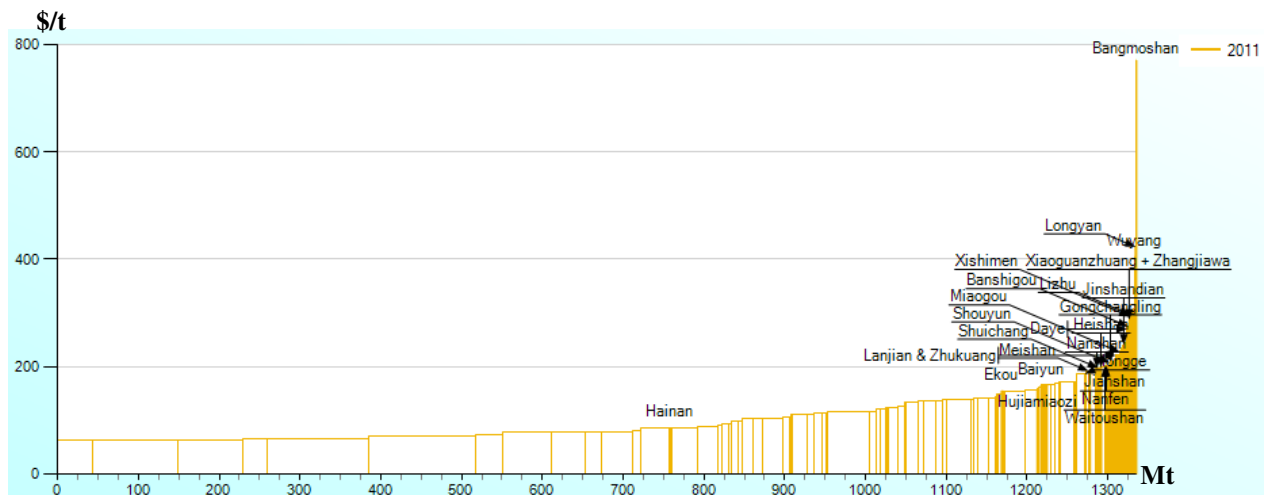


Figura 3.11 – Curva Global (destaque minas Chinesas) de Custo Produtivo (c\$/dmtu).

Fonte: (CRU ANALISYS, 2011a).

Do lado da siderurgia, os impactos sobre os custos produtivos nas economias de escala desse setor provenientes dessas mudanças têm sido percebidos (CROMPTON e LESOURD, 2008). Desenvolvimentos tecnológicos para processar um maior volume desses minérios tem ganhado espaço como a aplicação de misturadores intensivos ou do *Hybrid Pelletized Sintering* (HPS) e a substituição de combustíveis fósseis por combustíveis de biomassa nas sinterizações que poderiam revigorar a utilização dessas plantas, levando em consideração também as pressões ambientais que têm ocorrido principalmente na Europa sobre essa rota de processamento de minérios finos (ZANDI *et al.*, 2010).

3.2 – Características Consideradas para o Minério de Ferro

Os minerais de ferro estão presentes em aproximadamente 5% da crosta terrestre, entretanto, as variações no seu teor e nas combinações químicas de metais contidos nas rochas podem determinar aplicações distintas e mesmo a sua viabilidade como minério (BOYD, 2010). Essas combinações químicas geralmente são compostas de silício, alumínio e magnésio. O tipo de minério de ferro considerado neste estudo é o destinado à indústria siderúrgica para a fabricação de aço, independentemente da rota de produção utilizada ou do teor de ferro da jazida. Como produto comercializado, é de relevância

para o estudo o minério em suas três principais formas: pelletizado, granulado e minério fino (*sinter feed e pellet feed*).

O minério granulado utilizado no processo de fabricação de aço via redução direta possui granulometria entre 32mm a 6mm, e teor de ferro médio de 68%. O minério de ferro granulado utilizado nos processos de alto-forno possui granulometria semelhante, mas teor de ferro inferior, em torno de 65%. O minério fino, denominado *sinter feed*, utilizado em usinas de sinterização possui faixa granulométrica entre 6mm a 0,15mm e teor de ferro entre 55% e 62% e o denominado *pellet feed* destinado a usinas de pelletização possui granulometria entre 0,2mm e 0,010mm, com teor de ferro na faixa de 67 a 68%. Já o minério pelletizado, possui geralmente granulometria entre 16mm a 6mm, e é também classificado, de acordo com a rota de produção de aço na qual é empregado, sendo que o teor de ferro para a rota de produção via redução de direta é mais alto (GAGGIATO, 2010).

Entretanto, devido ao aumento recente nos preços de minério ferro, ao desenvolvimento de novas tecnologias e à exaustão gradual dos materiais de maior qualidade nas jazidas, a tendência é de uma exploração de volumes de minério cada vez maiores e com menores teores de ferro (VALADÃO e ARAUJO, 2007). Portanto, mesmo existindo uma pré-classificação dos teores de ferro por tipo de minério comercializado, como um dos intuitos deste trabalho foi entender a entrada cada vez maior dos minérios de menor teor, a distinção entre estes tipos de minério que o estudo utilizou foi somente aplicada para determinar diferenciais mercadológicos, sem determinar critérios de exclusão por faixas de teores de ferro.

3.3 - Modelagem para Cenários de Preços, Oferta e Demanda

MORANDI (2008) adotou a definição de cenários de SCHWARTZ (2000): “uma ferramenta para ordenar as percepções de uma pessoa sobre ambientes futuros alternativos, nos quais as consequências de sua decisão vão acontecer”. Este trabalho seguiu definição similar em seu desenvolvimento.

Segundo MOREIRA (2005), a análise via distintos cenários, utilizada para enfrentar a realidade de negócios cada vez mais complexa, é uma abordagem adequada por tratar a ambiguidade, a complexidade e as incertezas da atualidade com parte do método. Parte-se do princípio que, como não se pode prever o ambiente futuro em que a organização estará inserida, vários possíveis ambientes futuros deverão ser analisados pelos tomadores de decisões, para, a partir daí, escolher por uma ou outra estratégia (SHARPE, 2002).

Segundo SCHWARTZ (2000), o processo de construção de cenários propicia um aumento significativo da agilidade na correção dos rumos estratégicos de uma organização, visto que um aprendizado significativo é gerado no processo como também uma ampliação da capacidade de percepção de sinais fracos do ambiente, que antecipam mudanças de cenários.

MOREIRA (2005) concorda com diversos autores em que o foco do planejamento de cenários está na competência das organizações em perceber as mudanças no ambiente de negócios e adaptar-se o mais rapidamente possível, produzindo vantagens competitivas sustentáveis.

Para ANDRADE *et al.* (2006), o entendimento do comportamento de um determinado sistema se dá principalmente através do inter-relacionamento entre as partes. Para ele a melhor forma de análise é via a utilização de um raciocínio sistêmico que se estabelece por níveis de conhecimento do sistema em questão.

Para SENGE (2006), “o pensamento sistêmico é uma disciplina para ver o todo. É um quadro referencial para ver inter-relacionamentos, ao invés de eventos: para ver os padrões de mudança, em vez de fotos instantâneas”. O modelo composto neste trabalho focou a sistêmica relação entre oferta, demanda e custo produtivo para criar os cenários de preço apresentados.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do modelo de projeção de preços e avaliação de seus resultados, este trabalho foi dividido em três etapas complementares. Na primeira etapa foi desenvolvido um modelo de oferta e demanda de minério de ferro que aponta a lacuna de mercado futuro global (balanço entre oferta e demanda). Na segunda etapa foram integrados ao modelo indicadores de demanda de aço pela indústria (construção civil, automotiva, bens de mercado e capital, entre outros) e também de fatores macro econômicos como PIB e Produção Industrial (PI). Com isso o modelo passou a gerar uma curva de demanda de aço derivada de tendências econômicas e industriais fundamentada nos modelos macro econômicos e industriais atualizados trimestralmente pela Oxford Economic (PARK, 2007) ao invés de adotar curva fixa para apontar a produção de aço futura e conseqüentemente a demanda de minério de ferro. Na terceira etapa foram incluídas ao modelo as curvas de custo de produção de minério de ferro de fornecedores chave, divididos em cinco grupos distintos de acordo com seu custo produtivo e capacidade. Em seguida foi desenvolvida uma relação entre o volume de minério de ferro global demandado com o custo produtivo para tal volume situado do lado da oferta, determinando assim um indicativo do nível de preços onde a oferta encontra a demanda (JONES, 1986).

Para a primeira etapa (desenvolvimento do modelo de oferta e demanda de minério de ferro global) o modelo contou com: de um lado a curva de oferta de minério de ferro por país e principais minas e do outro lado a demanda de minério derivada da produção de aço também por país. Os valores de capacidade produtiva (tanto de minério, como de produção de aço) por país foram levantados das fontes de informações assinadas pela Samarco como também da rede de contatos da empresa. Para garantir a assertividade dos volumes de capacidade por país, foi desdobrada a capacidade produtiva de minério de ferro por mina e tipos de produto (*pellet feed*, *sinter feed* e granulado e de maneira separada também a capacidade de produção de pelotas) sendo que do lado da demanda o desdobrado ficou em nível de país. Também foram calculados fatores de consumo de sucata por país, pela indústria siderúrgica, para ser descontado o volume de aço produzido via reciclagem, não contaminando assim os valores referentes à demanda por

minério de ferro. Para o tratamento e modelagem dos dados foi utilizado um software já empregado por outros setores da indústria para propósito similares, (OXFORD ECONOMIC FORECASTING, 2006) mas que foi ajustado sob medida para este trabalho, adequando-se à dinâmica do mercado de minério de ferro, adquirido junto à Oxford Economics, que prestou consultoria técnica na adequação, aplicação e desenvolvimento do modelo.

A metodologia de modelagem proposta na primeira fase, para a atribuição de capacidade às minas e a produção de aço de cada país, seguiu o roteiro discutido a seguir, conforme demonstrado abaixo:

A modelagem foi feita no nível de dados do total por país, e baseou-se nos níveis de produção atuais, considerando que cada mina estaria operando em seu equilíbrio de longo prazo, ou seja, o custo marginal de produção é o mesmo em cada mina. Como resultado desta suposição, todas as minas deveriam produzir alguma saída para o mercado, e nenhuma mina teria uma vantagem de custo quando se trata de incentivos para o aumento de produção.

A metodologia proposta pode ser delineada através de um exemplo simplificado. Nesta fase, foi feita a suposição de que a produção total de minério de ferro era exógena assim como a produção de aço. A suposição de que o custo marginal de produção era igual em todas as minas significa que a produção no nível mina era impulsionada por mudanças na produção total, mas era limitado pela capacidade de cada mina:

$$Y_{M1} = \text{MAX} (M1_CAP, Y_{M1} (-1) * TP / TP (-1))$$

$$Y_{M2} = \text{MAX} (M2_CAP, Y_{M2} (-1) * TP / TP (-1))$$

...

$$Y_{MN} = \text{MAX} (Mn_CAP, Y_{MN} (-1) * TP / TP (-1))$$

Onde Y_{M1} é a produção de uma mina, TP é a produção total (exógena) e $M1_CAP$ é a capacidade máxima de uma mina e assim por diante.

Para resolver o sistema de equações que determinam a produção em cada fase, a Oxford Economics incorporou as equações dentro do modelo desenvolvido. O software utiliza um processo iterativo para calcular um equilíbrio estável para cada equação de dentro do modelo, com um limite de 99 iterações para cada período de tempo.

Na primeira iteração, a produção em cada mina cresce em linha com a produção total, limitada à capacidade máxima da mina indicada (a capacidade máxima pode variar ao longo do tempo de acordo com a lista de projetos anunciados). Quando a produção for calculada em cada mina, a diferença entre a soma da produção em cada uma das minas e a produção total de minério de ferro no país é calculada:

$$\text{DIFF} = Y - \text{SUM} (Y_M1, Y_M2 \dots)$$

Se a diferença for igual a zero (isto é, a soma das produções de todas as minas já satisfaz o volume de saída total) não são necessárias mais iterações. Mas se uma ou mais minas atingiu sua restrição de capacidade, a diferença será positiva e terá de ser realocada em todas as minas com capacidade ainda livre. Este passo ocorre no início da segunda (e todas as subsequentes) iterações.

Continuando com a suposição de que o custo marginal de produção é igual em todas as minas, qualquer diferença é dividida igualmente entre todas as minas:

$$Y_M1 = \text{MAX} (M1_CAP, (Y_M1 (-1) * TP / TP (-1) + M1_SHARE * \text{DIFF}))$$

Onde M1_SHARE é a parcela de *spill over* de saída alocados para a mina 1.

Note-se que a equação de produção, a qual inclui a atribuição da saída adicional, ainda está relacionada pela capacidade da mina. No caso em que um limite de capacidade de mina na primeira iteração, a produção não aumenta em quaisquer iterações subsequentes. No caso em que não se alcançou a capacidade (e o termo é positivo DIFF), a produção aumenta por partes da mina da produção total multiplicada pela saída

adicional (note que este aumento é novamente limitado pela capacidade máxima da mina).

No final da iteração dois, DIFF é recalculada. Se a redistribuição (sujeito a limitações de capacidade) da saída a partir de restos de uma iteração está completa, DIFF vai ser igual a zero e o modelo estará em equilíbrio. Se DIFF permanece positivo (como resultado de uma ou mais restrições adicionais de capacidade de ligação), o modelo vai passar para iteração número 3 e repetir o processo sucessivamente. Caso todas as minas listadas em um dado país atinjam a capacidade máxima e o valor produzido nesse país ainda for superior, será avaliada a presença de minas não mapeadas pelo modelo ou a necessidade de ajuste no valor de referência para aquele país. Embora o exemplo descrito acima represente um processo de iterações simplificado, é possível acrescentar uma série de extensões.

Na segregação por tipo de minério ofertado, o total da produção de minério de ferro foi dividido entre pelotas, granulados e *sinter feed*. Do lado da demanda, a partir da curva produtiva de aço, o modelo é alimentado com percentuais de consumo de pelotas e finos e pelo percentual de aço produzido via sucata, além disso o modelo considera o fator de consumo de minério por tipo para cada tonelada de aço.

As equações que determinam a demanda, com valores figurativos, aparecem abaixo:

$$D_{tot} = Q_{STEEL} - Q_{SCRAP} = D_{PEL} + D_{LSF}$$

$$Q_{SCRAP} = SHARE_{SCRAP} * 1.1 * D_{tot}$$

$$D_{PEL} = SHARE_{PEL} * 1.5 * D_{tot}$$

$$D_{LSF} = SHARE_{LSF} * 1.6 * D_{tot}$$

onde D_{tot} é a demanda total por minério de ferro, Q_{STEEL} é a produção total de aço, Q_{SCRAP} é a produção usando sucata, D_{PEL} é a produção de *pellets* e D_{LSF} é a produção de *lump* e *sinter feed*. O modelo permite uma flexibilidade na variação desses fatores no tempo.

Na segunda etapa o modelo foi integrado à base de dados macro econômicos da Oxford Economics passando a gerar curvas de demanda endógenas. As projeções da Oxford Economics para a produção de aço são baseadas na demanda de setores com consumo relevante de aço. Estas previsões fazem uso de tabelas de insumo-produto para estabelecer a importância relativa dos principais setores consumidores de aço. Estas tabelas mostram como a saída de um setor é usada como uma entrada em outro setor, ou seja, eles mostram as ligações da cadeia de suprimentos da economia. Com isso aplicam-se os resultados desta análise para estimar uma medida para a demanda de aço por país, que reflete a importância relativa de cada setor para o consumo de aço. Nesta análise também estão incluídos indicadores econômicos por país, a tendência de demanda por bens de consumo e produção responsáveis por sua vez pela demanda de aço. A partir daí, avaliando a capacidade produtiva local e o fluxo comercial de aço (importação e exportação) alimentam os modelos macroeconômicos da Oxford (PARK, 2007) que determinam a curva de produção de aço por país. Essa curva de produção de aço é diretamente interligada ao modelo de oferta e demanda da Samarco e, a partir dela, chega-se à demanda por minério de ferro. Os valores dos modelos macroeconômicos da Oxford são revistos e publicados trimestralmente, sendo essa a periodicidade de revisão da curva de demanda do modelo da Samarco.

Nessa fase o modelo foi ajustado de maneira que passou a permitir alterações nos valores de demanda, via ajustes na produção de aço por país, descrevendo assim cenários alternativos para a comparação com os valores do cenário base, fornecido pela Oxford, e análises de quais seriam os impactos de alterações positivas ou negativas no lado da demanda de minério de ferro no balanço entre oferta, demanda e preços.

Na terceira etapa foram inseridos ao modelo os custos produtivos desdobrados por produto (*pellet feed*, *sinter feed* e granulado) e de maneira separada o custo de pelotização. Para cada capacidade produtiva descrita no modelo existe um ponto de custo de operação onde este interrompe a produção caso o nível de preços atinja esse patamar. Assim o modelo é capaz de indicar em uma dada demanda futura qual a oferta de minério necessária para atendê-la e a que preço essa oferta será comercializada considerando que apenas os produtores que trabalharem com margens de receita

positiva (preço – custo) vão ofertar produtos no mercado sendo que os demais suspenderão suas operações. Assim, para cada acréscimo de demanda, novas capacidades entrarão no mercado e alterarão o ponto da curva de custos consequentemente alterando o preço de mercado para o dado período. O raciocínio inverso pode ser aplicado em caso de queda na demanda de minério de ferro.

Esse racional de obtenção de preços via a relação entre custo produtivo, demanda e oferta é baseado no custo marginal de produção de uma mina. O racional por trás desta metodologia assume que não há excesso de capacidade no mercado, já que as empresas ajustam o seu nível de produção, de modo que a oferta fique igual à demanda. Portanto, para um determinado nível de demanda, o volume de produção de minério de ferro seria fixo. O pressuposto básico é que uma mineradora só manteria suas operações se o preço do minério for igual ou superior ao seu custo de produção. Entretanto o grande número de minas consideradas tornaria inviável a modelagem da estrutura de custos de cada mina individualmente. Como solução, as minas foram divididas em cinco grupos com base no seu custo relativo de produção. Foram determinados cinco grupos usando quintis do volume da produção total, ao invés de número de minas, distribuindo assim de maneira equivalente a distribuição da oferta por níveis de preços.

Uma vez que o maior volume de produção ocorre em relativamente poucas minas de baixo custo, era esperado um número menor de empresas para os grupos de baixo custo do que para os grupos de alto custo. Portanto, não foram distinguidas diferenças na estrutura de custos entre as minas no mesmo grupo, só diferenças de custo entre os cinco grupos. Portanto a capacidade produtiva das minas nos grupos de produção de baixo custo tem de estar esgotada antes do início da produção em um grupo de alto custo. Quando toda a capacidade de um grupo de baixo custo é usada, o preço do minério de ferro sobe, e torna-se rentável para a produção das minas de maior custo. A produção de minério de ferro dentro de cada grupo é dividida igualmente até atingir-se a capacidade total do grupo.

Entretanto, se considerado apenas o custo médio do grupo em que a mina opera, haveria somente cinco níveis de preços possíveis. Em vez disso, para garantir que a gama

potencial de preços seja uma função contínua foi adicionando um termo para a quantidade de capacidade ociosa disponível no grupo marginal. Como exemplo, suponha-se que apenas minas de baixo custo no Grupo 1 estão operando quando a demanda por minério de ferro aumenta. Se não houver capacidade ociosa disponível no Grupo 1, as empresas utilizarão essa capacidade até seu limite. Se não houver um excesso de capacidade, então minas no Grupo 2 começarão a produzir até o ponto onde a oferta é igual a demanda, significando assim que o excesso de capacidade disponível no Grupo 2 possui custo produtivo mais alto que os preços de mercado. Deve notar-se que, sob esta metodologia, não importa quais minas do Grupo 2 estão produzindo, só que o volume marginal está localizado no Grupo 2 e qual a quantidade de capacidade ociosa, que está disponível neste mesmo grupo.

Para adaptar esta metodologia no trabalho, o lado da oferta do modelo criado na Fase 1 foi alterado de forma a que a oferta se ajusta automaticamente à demanda. Para fazer isso, a cada mina foi atribuída uma variável oculta de grupo (G_i), onde $i = 1, 2, 3, 4$ ou 5 , com base na sua estrutura de custos. Esta variável oculta é ativada se o preço do minério de ferro sobe acima do preço mínimo para as minas nesse grupo iniciarem a produção. Assim, por exemplo, se o limiar para as empresas do Grupo 2 para entrar no mercado é de \$ 100/t, em seguida, a variável oculta G_2 seria igual a zero se o preço é inferior a US\$100/t e 1 se o preço é superior a US \$100/t. Esta variável oculta adicionada à produção existente em cada mina é uma equação para determinar se a mina está operando ou não. Em outras palavras, as equações de produção das minas da Fase 1 foram alteradas para assegurar que o fornecimento mundial se ajuste a demanda global. A nova equação foi definida da seguinte maneira:

$$QM_j = \text{Min} (CAPM_j * (1 - CSI), QM_j^{(-1)} * Q / Q^{(-1)}) * G_i$$

onde QM_j é a produção na mina j , $CAPM_j$ é a capacidade da mina j , CSI é a quantidade de capacidade ociosa no grupo marginal i e G_i é a variável oculta.

Se toda a capacidade de produção de minério de ferro existente está em uso, então as minas existentes seriam incapazes de atender o aumento na demanda. Em tal caso, o preço vai continuar a subir, colocando pressão sobre demanda.

Por fim, foi acrescentado um termo de tendência do tempo para o modelo, já que os custos tendem a aumentar ao longo do tempo. Em suma, o preço (P) é uma função do grupo marginal que está produzindo, G_i (onde $i = 1, 2, 3, 4$ ou 5), a quantidade de capacidade ociosa no grupo marginal, CSI, a quantidade de excesso de demanda acima do potencial capacidade, ED, e um tempo de tendência, TT, resumida na seguinte equação:

$$P = f(G_i, CSI, ED, TT)$$

Para a realização deste estudo foram considerados como materiais de referência:

- Banco de periódicos técnicos adquiridos rotineiramente pelas áreas de pesquisa da Samarco para os temas referentes a histórico e tendências de sistemas de precificação de minério de ferro.
- Banco de dados da empresa sueca “*Raw Materials Group*” das empresas inglesas “*CRU*”, “*Metal Bulletin*” e “*Wood Mackenzie*” (todos já em posse da Samarco) e da empresa australiana “*AME*” para a formação do banco de dados inicial de oferta de minério por mina e de demanda de minério de ferro (capacidade de produção de aço por planta).
- Banco de dados de instituições chineses (*Mysteel*, *Umetal*, *CISA*) que reportam diariamente a comercialização e produção de minério na China apontando referências de qualidade, volume e preços.
- Dados estatísticos referentes à comercialização (volumes por país e fornecedor) de minério de ferro, que também se encontram disponíveis na base de periódicos assinados pela Samarco.

- Base de dados referentes a custos produtivos por etapa de processo e por tipo de produto, dos institutos de pesquisa “*CRU*”, “*Wood Mackenzie*” e “*AME*” (mineração, beneficiamento, transporte, entre outros).
- Base de dados da empresa “*Clarksons*” para estatísticas históricas em relação a valores de transporte marítimo e terrestre.

Os métodos utilizados foram:

- Revisão bibliográfica dos periódicos e artigos referentes aos processos históricos e atuais de precificação de minério de ferro, apresentados no capítulo 3.
- Avaliação estatística via métodos de correlação e regressão entre as variáveis; volume produzido de aço, volume produzido de minério de ferro, qualidade do minério de ferro, custo na produção de minério de ferro, custo no transporte de minério de ferro, apresentados no capítulo 5.

Para o desenvolvimento desta pesquisa esteve à disposição, além do suporte acadêmico e os recursos tradicionais do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas (PPGEM), o acervo de periódicos adquiridos rotineiramente pela Samarco Mineração que cobrem os temas referentes a históricos e tendências de precificação e comercialização no mercado siderúrgico e de minério de ferro.

Como rotina das atividades da área de Inteligência de Negócios da Samarco, existe uma verba anual destinada à compra de periódicos e base de dados necessários ao desenvolvimento deste estudo e o contato com tais institutos de pesquisa já é feito há vários anos. Devido a este relacionamento já foi catalogada uma base de dados consolidada e um conhecimento formado de quais institutos possuem melhor representatividade da realidade de mercado.

A mesma estrutura citada acima é aplicada para as informações referentes à qualidade dos minérios comercializados e os custos nos processos de tratamento de minérios.

Além das informações estatísticas e analíticas encomendadas de institutos de pesquisa que trabalham nos temas específicos, também foram utilizados os vários bancos de artigos e trabalhos acadêmicos disponíveis em diversos meios (seminários, publicações, entre outros) de acesso público, na busca de perspectivas distintas sobre o tema e recentes conclusões.

Todos os recursos necessários para o atendimento das etapas acima foram garantidos pela Samarco Mineração, visto que a conclusão deste trabalho vai de encontro com os objetivos e estratégias da empresa.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DICUSSÃO

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo é dedicado à apresentação e discussão de resultados gerados, a partir do desenvolvimento até utilização integrada do modelo de oferta, demanda e preços, já detalhados no capítulo anterior. Primordialmente, pretendeu-se verificar se estes resultados são coerentes e consistentes, bem como, se o modelo, em questão, está de fato desempenhando o papel e as funcionalidades para os quais foi desenvolvido e programado.

Como o trabalho é referente à metodologia proposta para projeções de preço, buscou-se avaliar o comportamento do modelo e da curva de preços em diferentes cenários (queda de mercado ou excesso de demanda, entre outros) e não curvas e valores finais de preços, oferta e demanda apresentados pelo modelo, pois tais informações tem caráter estratégico e sigiloso, não estão no escopo do estudo e serão resultado da aplicação do modelo em atividades de rotina, e não para testar sua metodologia.

Avaliando os objetivos propostos, na primeira etapa o modelo deveria apenas apresentar como resultado as curvas de oferta e demanda global de minério de ferro por ano e o balanço entre oferta e demanda indicando assim oportunidades ou ameaças de mercado no curto, médio e longo prazo. A figura abaixo (5.1) ilustra as primeiras curvas geradas pelo modelo, sendo a curva de oferta representada pela cor azul e apontando valores referentes à capacidade produtiva e a curva de demanda representada pela cor vermelha.

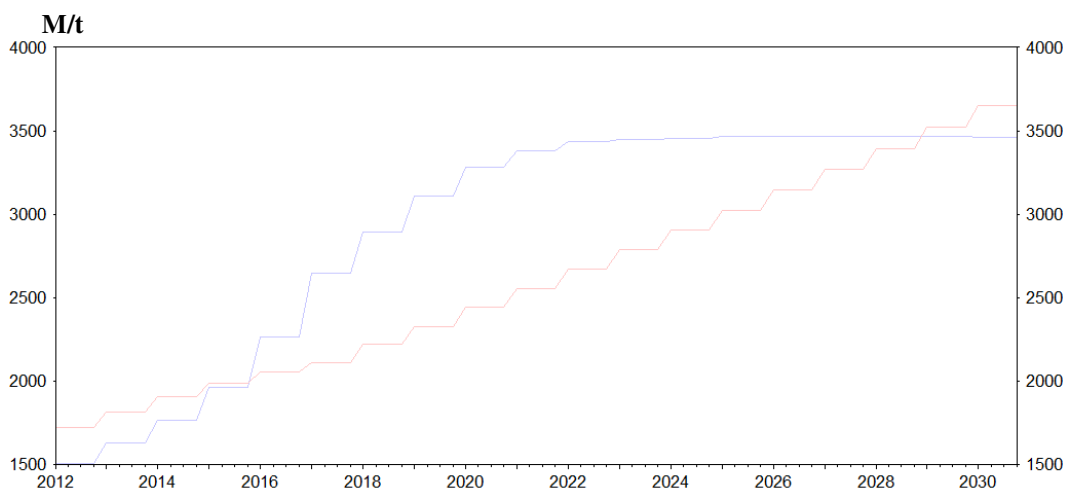


Figura 5.1 – Curva Global Oferta (Azul) e Demanda (Vermelho) Finos (Mt por ano) ^{Ano}

Os valores que compuseram a curva de oferta durante a etapa 1 estavam em linha com os anúncios de expansões de capacidades atuais e também novos projetos, mapeados pelos fornecedores de informações de mercado, indicados no capítulo 4. Devido à consideração da entrada em operação de todos os projetos anunciados, o valor da oferta sobrepuja-se ao valor da demanda logo nos primeiros anos de projeção, passando a um patamar linear a partir dos anos em que ainda não existem anúncios de projetos devido à distância no tempo. Desta maneira, as análises de oferta e demanda de mercado ficam limitadas, pois, sem o fator custo produtivo, não se pode avaliar, em cenários de menor demanda que oferta, qual seria o comportamento no lado da oferta de minério quanto à entrada ou não de novas capacidades.

Os valores que compuseram a curva de demanda durante a etapa 1 apresentavam crescimento praticamente linear, pois eram gerados de uma curva de produção de aço exógena ao modelo. Dessa maneira, as análises do balanço entre oferta e demanda ficam limitadas, pois a curva de demanda não é capaz de apontar os impactos de variações macroeconômicas na indústria sobre o consumo de aço, que refletiriam diretamente sobre a demanda de minério de ferro por país.

Com o desenvolvimento da segunda etapa o modelo passou a gerar uma curva de demanda baseada nos dados macroeconômicos fornecidos pela Oxford Economics. Com isso o modelo passou a apresentar uma aderência maior a variações econômicas locais em cada país que compõem a base de dados do modelo. A figura 5.2 abaixo mostra a diferença das curvas de demanda de minério fino do Brasil (linha vermelha) e dos Estados Unidos (linha azul) gerados dentro do modelo a partir dos dados da Oxford Economics.

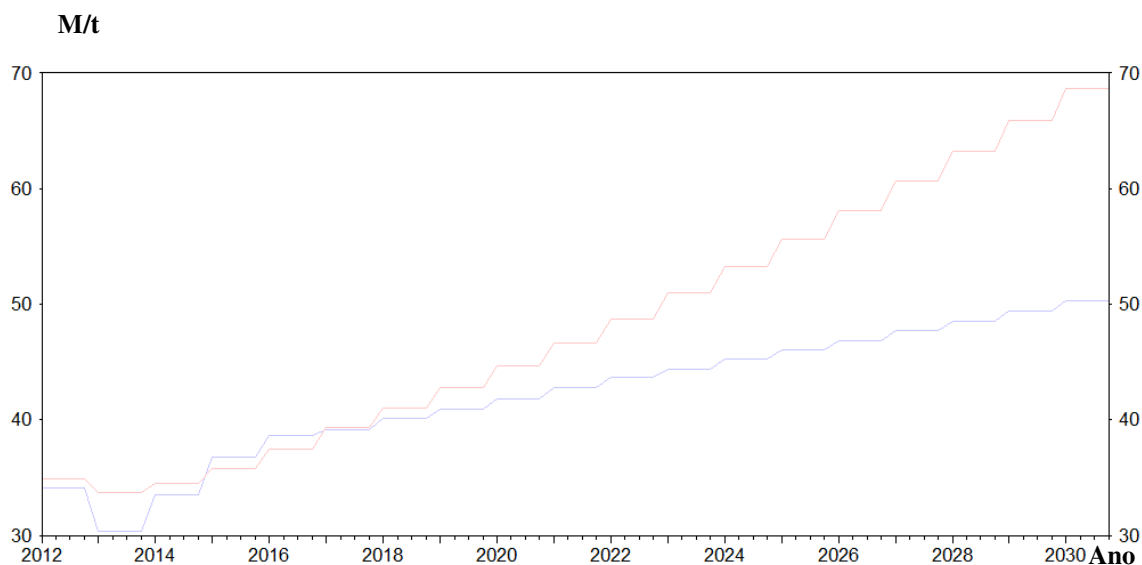


Figura 5.2 – Curva Demanda EUA (azul) e Brasil (vermelho) Finos (Mt por ano).

Mesmo com as alterações no lado da demanda, o modelo continuou capaz de avaliar outros cenários de demanda em comparação ao fornecido pela Oxford Economics, de maneira simultânea, conforme proposto nos objetivos deste trabalho. Os experimentos para avaliação de diferentes cenários do lado da oferta funcionaram de maneira similar aos da demanda. A figura 5.3 abaixo ilustra o resultado de traçado de um diferente cenário de oferta de minério ao considerado como base a partir de 2021. A nova curva assumiu a coloração vermelha, enquanto a curva original foi mantida como referência em coloração azul clara.

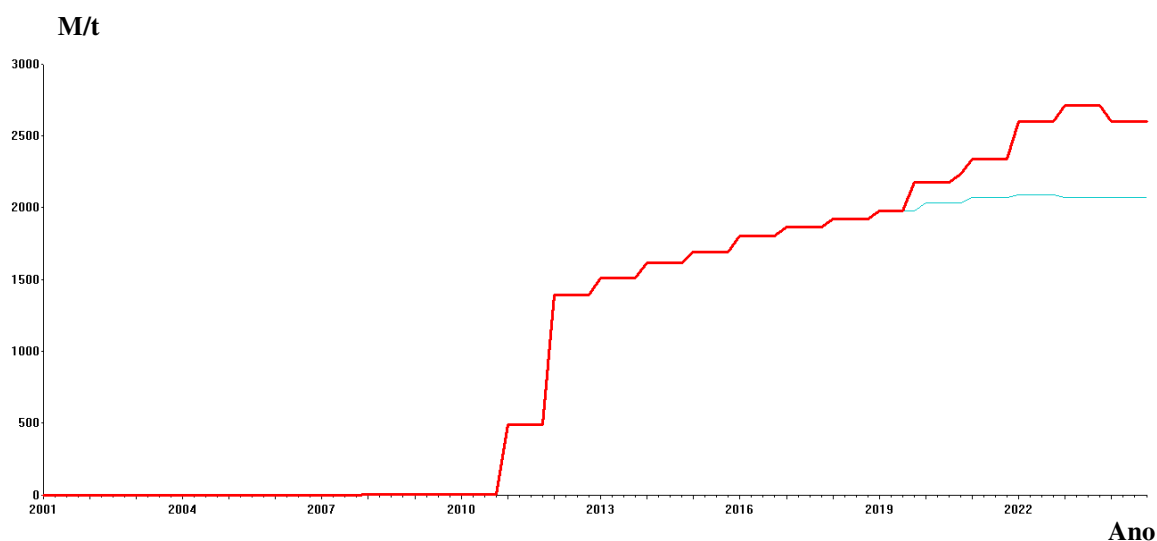


Figura 5.3 – Exemplo de Dois Cenários de Oferta Global de Minério Fino no Modelo.

Na terceira etapa, a primeira ação tomada foi avaliar a curva de custo distribuída entre todas as minas mapeadas pelo modelo e qual seria sua extensão do menor ao maior valor. O resultado dessa análise é demonstrado na figura 5.4 abaixo.

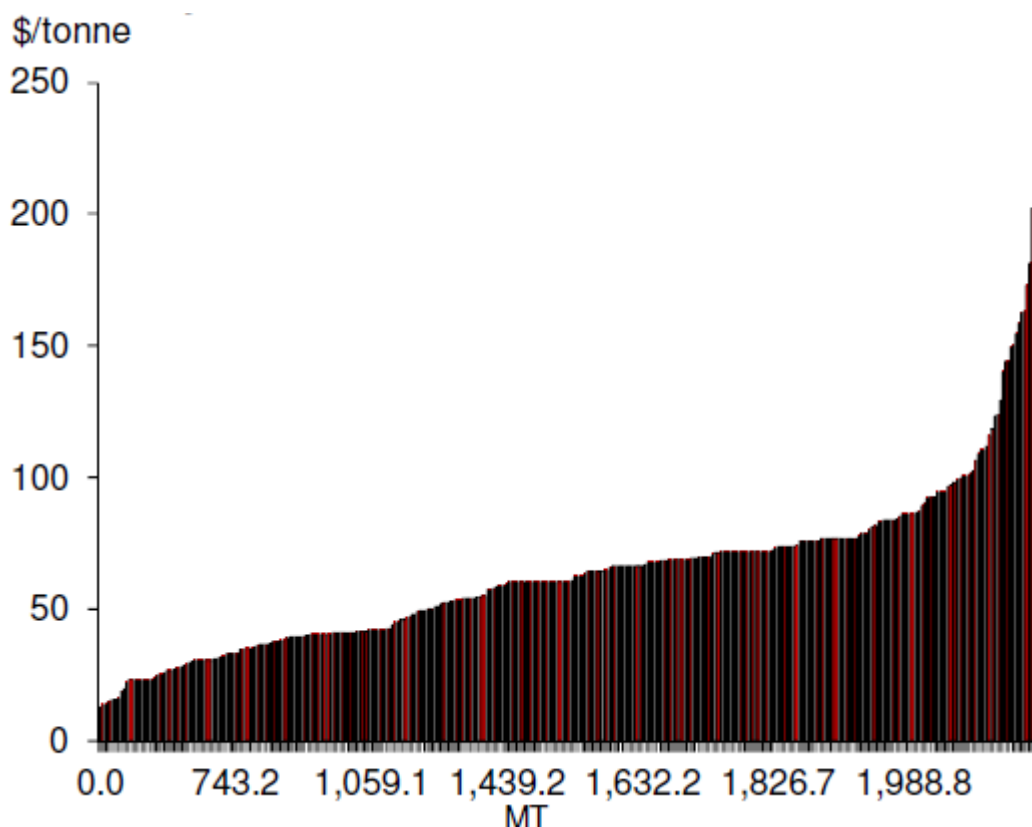


Figura 5.4 – Base de Custos em Relação às Minas que Compõem o Modelo.

Com a definição dos patamares inferiores e superiores de custo e volume de oferta, os resultados seguintes obtidos foram derivados da avaliação dos grupos de custos divididos em quintis. O número de minas foi indiferente à criação dos grupos, que teve faixas de volume e custo como linhas de corte.

O nível máximo de preço associado a cada grupo foi definido linear até 2017. A partir de 2018, os níveis de preços aumentam com a inflação mundial dos preços ao consumidor. Com essas definições o modelo passou a apresentar uma função contínua após adicionado um termo para a função de preço, que capta a quantidade de capacidade disponível no grupo marginal.

Entretanto outro caso estudado foi se toda a capacidade de mineração existente estiver em uso, então as minas existentes seriam incapazes de atender o aumento da demanda. Em tal caso, o preço continuaria a subir, colocando pressão sobre a demanda. Como resultado, foi avaliado o impacto do excesso de demanda sobre a curva de preços, embora o modelo não considere um retorno de oferta devido ao aumento do preço. Com isso, foi considerado no modelo o impacto do excesso de demanda sobre os preços com um olhar para a estrutura das minas de alto custo no final da função de produção. Ao avaliar essa hipótese, a tendência de crescimento dos valores de custos nas minas do grupo 5 apresentou um aumento acelerado. Com isso inclui-se uma função quadrática para descrever o comportamento dos preços no final da função de produção desse grupo, que se aplica apenas em casos de excesso de demanda, conforme mostrado na figura 5.5 abaixo.

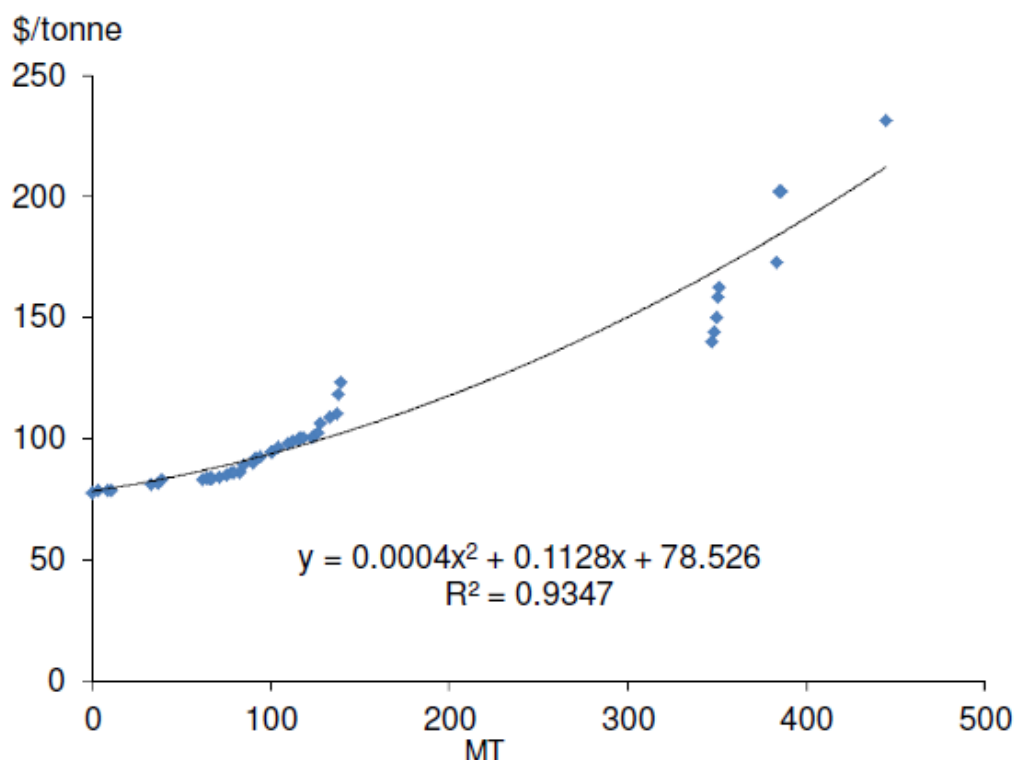


Figura 5.5 – Função Quadrática Aplicada ao Último Quintil.

Após avaliados os resultados dos comportamentos de preços e custos na elaboração dos quintis, foram avaliados os resultados apresentados pelo modelo para alternâncias em suas curvas de oferta e demanda. Dos vários testes realizados, os principais foram

considerando um aumento de oferta dentro de um cenário fixo de demanda e onde o total ofertado excedia o demandado e outro cenário de queda da demanda onde a oferta permanece constante, e o total ofertado continua maior que o demandado. Os resultados de ambos os testes são apresentados nas figuras 5.6 e 5.7 abaixo.

Para a confecção dos resultados apresentados na figura 5.6, primeiramente a oferta foi acrescida em minas de baixo custo (linha clara) e avaliado seu impacto na curva de preços. Em seguida um similar aumento de oferta foi aplicado a minas de custo produtivo médio, podendo assim comparar a curva de preços gerada pelo modelo com a curva anterior.

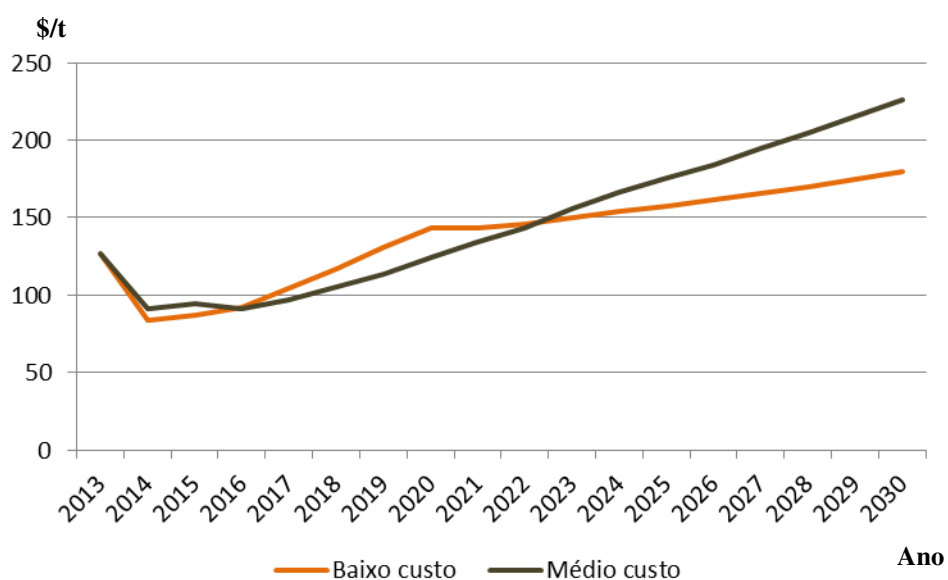


Figura 5.6 – Curva de Preços em Dois Cenários de Aumento de Capacidade.

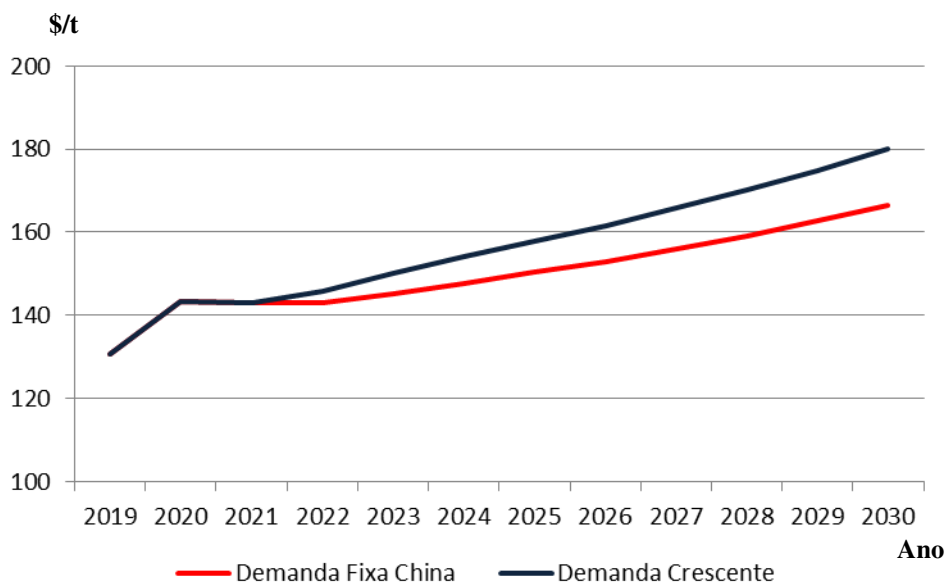


Figura 5.7 – Impacto da Variação da Demanda Sobre os Preços.

No teste apresentado na figura 5.7, apenas o volume da produção de aço na China foi mantido fixo a partir de 2021, mantendo-se os demais parâmetros iguais, como oferta de minério global, participação de sucata por país e crescimento da produção de aço nos demais países. Ocorreu o esperado descolamento das curvas de preços a partir do ano em questão, respondendo a queda na demanda chinesa, mas refletindo também o contínuo crescimento dos demais países.

Como teste prático do modelo foram elaborados três cenários de oferta e demanda distintos (um cenário de crise de mercado, um cenário base e um cenário positivo em termos macroeconômicos), para avaliação do comportamento dos preços gerados pelo modelo.

Para o cenário de crise de mercado, foram considerados no modelo um aumento na participação de sucata na produção de aço na China, uma estagnação na economia global a partir de 2018 que resulte em uma queda na produção de aço da ordem de 2% ao ano até o ano de 2025. Do lado da oferta foi considerada a entrada de novas capacidades de minério a fim de que a oferta estivesse sempre ao menos 100Mt acima da demanda total em cada ano.

Para o cenário base foram considerados patamares próximos de oferta e demanda ao longo dos anos, patamares de participação de sucata na produção de aço similares aos valores atuais e um crescimento da produção de aço em linha com as taxas de crescimento econômico e de crescimento industrial fornecidos pela Oxford Economics.

Para o cenário otimista o fator mais relevante foi a utilização de um valor de oferta de minério de ferro menor do que o valor total demandado a fim de avaliar o comportamento da curva de preços, já que para esse modelo não foi desenvolvido um sistema de retroalimentação automática para situações onde a demanda é maior que a oferta, tendo os preços o comportamento crescente ininterrupto.

Os resultados dos três cenários descritos acima são apresentados na figura 5.8 abaixo.

A curva de preços do cenário otimista apresentou um forte crescimento a partir do ano 2020, quando a oferta passou a ser menor que a demanda. Ter o modelo funcionando nessas condições em caso de excesso de demanda foi uma opção própria tomada durante seu desenvolvimento, pois assim é possível ter a sensibilidade dos impactos dos valores de oferta e demanda sobre o preço, não permitindo o modelo se auto ajustar. Desta maneira anomalias dos valores de oferta e demanda são facilmente percebidos e ajustados, diferentemente do que ocorreria caso o modelo se auto ajustasse.

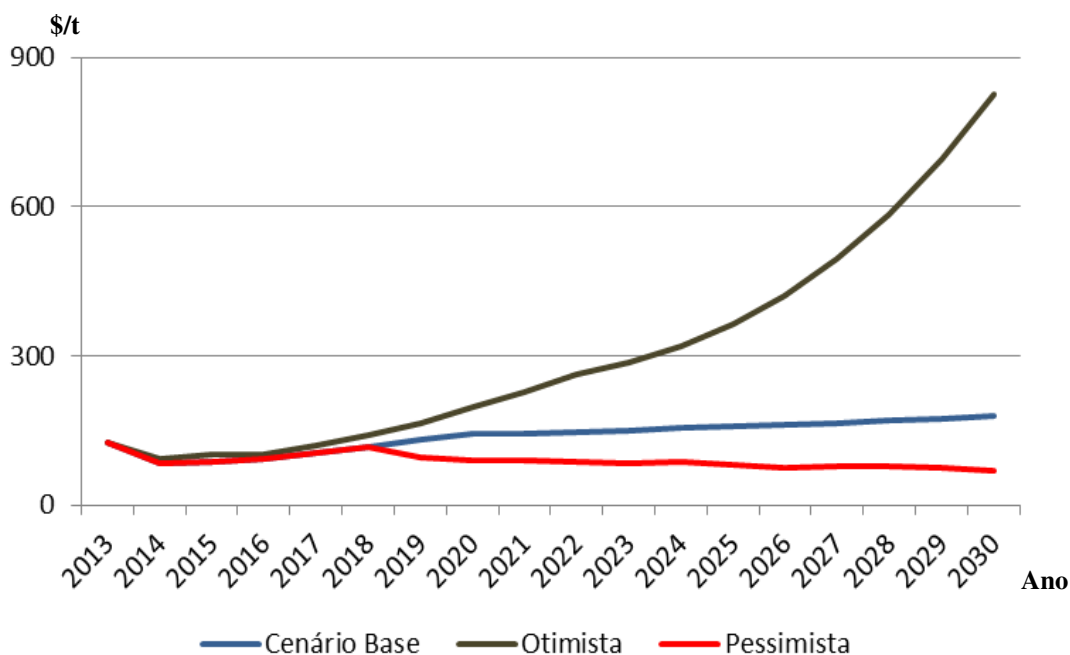


Figura 5.8 – Resultado do Teste de Cenários de Preços.

A curva do cenário pessimista mostrou um descolamento da curva do cenário base devido a paralisação do crescimento da demanda, entretanto fatores com que o modelo também trabalha, como inflação dos custos produtivos, não permitiram quedas mais acentuadas de preços.

Para todos os testes mencionados acima o comportamento das curvas de preço, de oferta e demanda ficou dentro do esperado apontando que a metodologia empregada consegue representar o comportamento de mercado nos preços. Da mesma forma a aplicação da função quadrática corrigiu efeito da falta de minério no último quintil e os resultados ficaram em linha com o esperado em um mercado sub-ofertado.

Outro teste realizado para avaliação dos resultados foi a comparação com curvas de preços publicadas por consultorias e bancos (denominados aqui de A, B e C por motivos de confidencialidade) que divulgam atualizações de seus valores periodicamente. Para validação deste teste o modelo foi ajustado de acordo com premissas informadas por cada um dos analistas, como produção de aço, demanda e oferta de minério, entre outras.

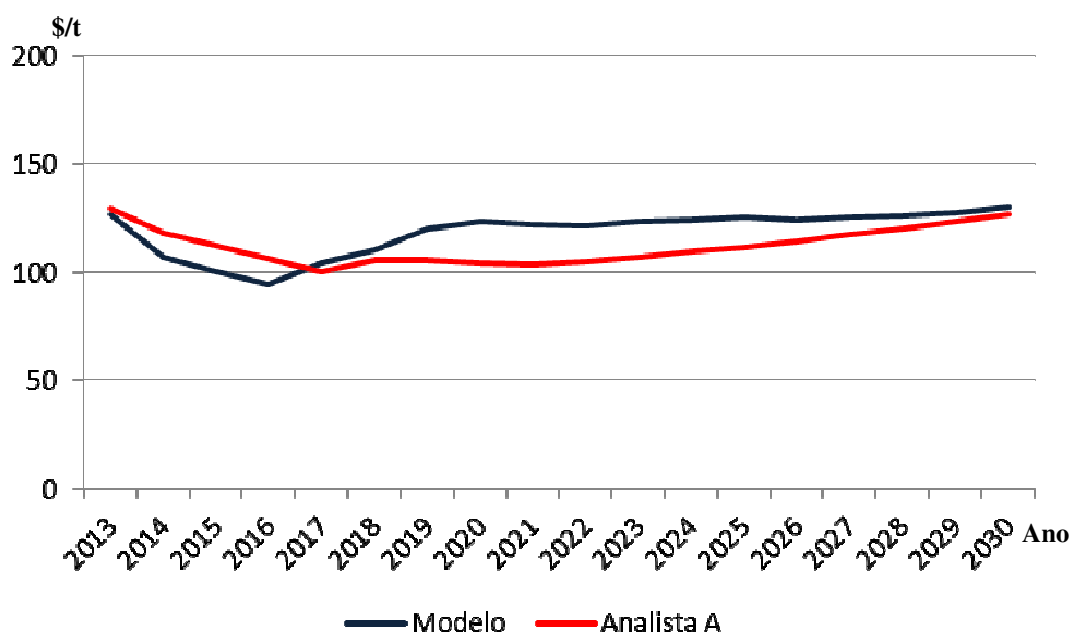


Figura 5.9 – Preços Modelo x Preços Analista A.

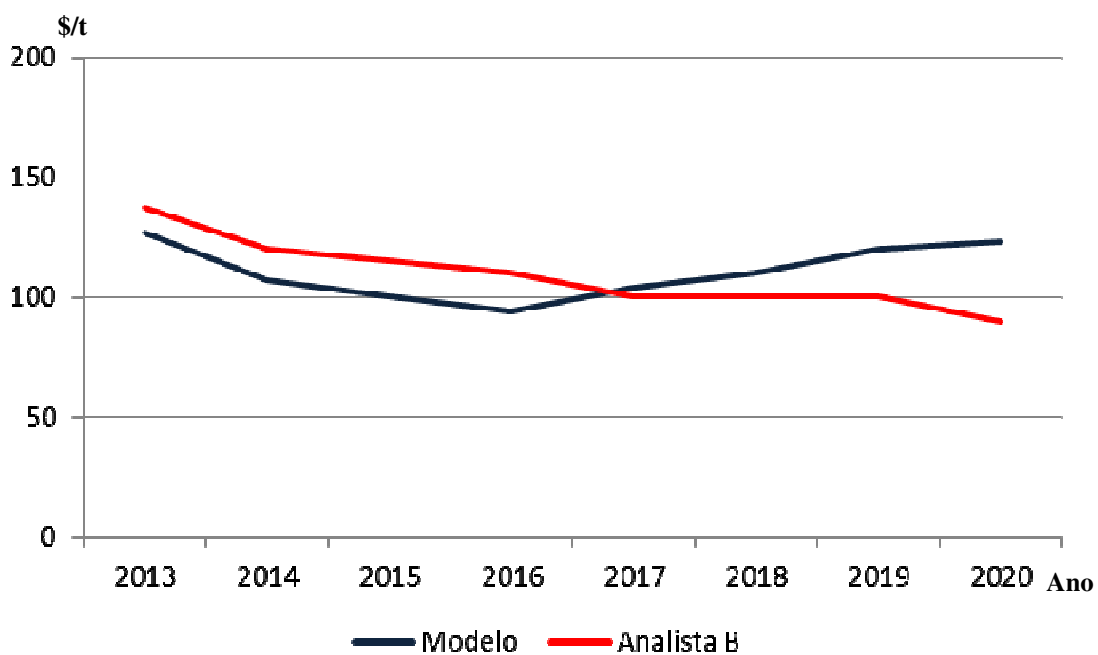


Figura 5.10 – Preços Modelo x Preços Analista B.

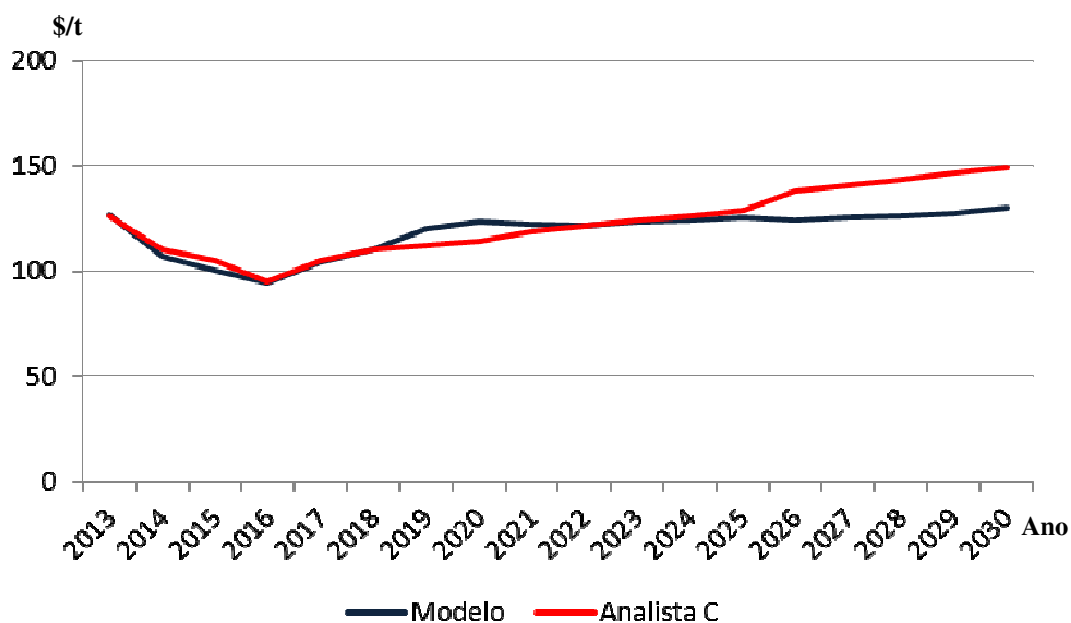


Figura 5.11 – Preços Modelo x Preços Analista C.

Avaliando o resultado em cada comparação, em relação a curva do analista A, ambos os preços apresentaram tendência futura similar, com queda nos primeiros anos e uma retomada no longo prazo. Entretanto, a curva do modelo proposto neste trabalho apresenta uma recuperação de valores anterior, o que deve corresponder a uma percepção de custos menor por parte do analista A ou uma visão crescente da utilização de sucata em regiões estratégicas em uma proporção maior que a do modelo.

Avaliando o resultado da comparação com a curva de preços do analista B, ambas apresentam comportamento de queda nos primeiros anos, mas a curva do modelo apresenta uma retomada logo em seguida. Esse comportamento não é verificado na curva do analista B, que segue uma tendência de queda contínua. Tal comportamento distinto de preços (mesmo considerando os mesmos valores para oferta e demanda) indica que a curva do analista B carece de metodologia consistente com parâmetros de oferta e demanda, ou considera uma queda acentuada nos custos produtivos da indústria e não leva em consideração fatores como inflação.

Avaliando o resultado da comparação com a curva do analista C, os preços caminharam quase que por todo o período no mesmo patamar, sendo que apenas no longo prazo o

preço do analista C atinge valores mais altos que o do modelo, mas ambos ainda mantem a mesma tendência.

Entretanto, as informações disponíveis referentes aos parâmetros de cálculo de preços para ajuste do modelo de maneira similar variaram nas três fontes. Em alguns casos foi possível obter somente a curva de produção de aço, em outro apenas a demanda por minério de ferro. A principal informação de impacto nas curvas preço, que são os custos produtivos, foi disponibilizada de maneira parcial nas fontes e sem detalhes de como se correlacionam em relação à oferta. Informações como a taxa de inflação para a transformação de valores nominais ou a taxa de consumo de sucata por país não foram informados em nenhum caso. Os valores não informados como premissas foram assumidos seguindo as tendências dos demais valores informados.

O grande fator de dificuldade neste último teste para obter uma acurácia significativa, está no fato de os acréscimos de oferta de minério, mesmo que apontados por país pelos analistas A, B e C, não indicam em quais minas ocorreria esse incremento. Devido ao fato de, ainda que em um mesmo país, cada mina possuir uma estrutura de custo própria e distinta, o grau de variabilidade aumenta consideravelmente de acordo com a opção que se faça na alocação dos acréscimos de capacidade produtiva ao longo dos anos. Entretanto, mesmo apresentados valores distintos, as curvas de preços mostraram tendências similares na maioria dos resultados comparativos, sendo os resultados obtidos com esse teste considerados positivos.

Também recentemente PUSTOV et al. (2013) também elaboraram um modelo de projeção de preços de minério de ferro no longo prazo. Eles se basearam em uma abordagem de custo marginal, juntamente com um cálculo do preço de incentivo para novas minas. Por não apresentarem os parâmetros numéricos que sustentam as curvas de preços apresentada, não foi possível realizar a mesma comparação como a anterior dos analistas A, B e C. O que é possível comentar é que apesar de algumas partes dos fundamentos para prever os preços em ambos os modelos serem semelhantes houve uma abordagem diferente para a relação entre oferta /demanda e custos produtivos entre os modelos. PUSTOV et al. (2013) consideram que a exaustão dos depósitos de minério

de ferro existentes e a escalada de inflação no custo da indústria irão sustentar os preços do minério de ferro. A mesma análise foi considerada neste estudo, entretanto a exaustão de minas é calculada na análise de oferta e o fator inflação na análise de custos. Além disso, o retorno de investimento ou o preço de incentivo considerado por PUSTOV et al. (2013) não foi aplicado neste estudo como um definidor de preços, mas como resultante da diferença entre oferta e demanda, pois seus impactos já estão considerados quando se avalia o custo marginal.

Outras duas grandes diferenças são notadas. A primeira na análise de oferta e demanda, onde PUSTOV et al., 2013 aplicam um sistema que elenca chances de implementação de projetos dentro de uma gama de possibilidades aleatórias para considera-los na curva de oferta. Por outro lado, neste estudo, toda a oferta (volumes e período de entrada) é derivada de informações recolhidas nas mais diversas fontes, discutidas internamente antes de inseridas no modelo. A segunda está relacionada à análise de custos de produção, onde eles separaram os produtores e seus custos em quartis e somam a isso o custo de capital para as novas minas. No modelo apresentado neste estudo os produtores foram divididos em quintis e uma equação foi adicionada para calcular o peso derivado da capacidade disponível em cada quintil. De qualquer forma, avaliando ambos os modelos fica claro que o fator mais relevante em estudos de projeção de preços é a acurácia das informações referentes às tendências de oferta, demanda e custos.

De uma maneira geral, o modelo apresentou comportamento em linha com a metodologia proposta e os resultados foram considerados satisfatórios. Entretanto não se espera que haja generalização das informações e dos resultados obtidos, a partir da aplicação do pacote computacional criado neste trabalho. Em outras palavras, a metodologia a ser adotada, caracteriza-se por ser válida apenas para cada situação operacional em foco. Consequente e inevitavelmente, precisa-se assumir uma série de premissas, para a condução de cada investigação. Sendo assim, é conveniente fazer-se uso de estudos de caso, com objetivos claros do que se deseja, efetivamente, analisar.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO

Como conclusão a metodologia empregada indica que o modelo é extremamente sensível aos impactos dos valores de oferta e demanda sobre o preço de minério de ferro. Além disso, as minas do último quintil de custos apresentaram uma correlação quadrática entre produção e custo.

Na avaliação de cenários, mesmo no cenário pessimista não foi verificada uma queda acentuada de preços devido a inflação dos custos produtivos e no cenário positivo o modelo responde a o aumento de demanda sem oferta de maneira exponencial, o que inevitavelmente levaria a novos investimentos em capacidade.

Após a avaliação da evolução histórica, ficou nítido que o mercado de minério de ferro transoceânico vive um momento de adequação e ajustes às mudanças no eixo consumidor e os novos parâmetros de comercialização. A indústria siderúrgica também sente os impactos das mudanças no ambiente de mercado, nos tipos de minérios comercializados e como agravante inicia-se um período de incertezas e turbulências na economia global intensificando fatores como a volatilidade de oferta, demanda, custos e preços.

A mudança nas características dos minérios de ferro atualmente comercializados, com a entrada de materiais mais pobres e com menor granulometria, levará a uma maior complexidade no relacionamento comercial e técnico entre os setores de mineração e siderurgia, descrevendo um papel fundamental na definição de preços de minério de ferro.

Mudanças do lado da demanda, como apresentado pelos Estados Unidos na primeira metade do século XX, com um consumo intensivo de aço e sua posterior saturação, e por outros países industrializados na segunda metade do mesmo século, podem ser comparadas ao momento em que a China vive. Entendimentos no comportamento da demanda no curto e longo prazo são fundamentais para o acompanhamento das tendências de preços de minério de ferro, conforme demonstrado pelo modelo. Do lado

da oferta, da mesma forma que aconteceu na metade do século XX, a indústria siderúrgica se volta para a África durante um período de menor disponibilidade de minério de ferro em relação à demanda e alta de preços. Entretanto, além dos riscos políticos que resultaram na nacionalização dos investimentos estrangeiros naquela época e que ainda estão presentes, os custos de tais projetos refletem diretamente no preço final do minério e precisam ser bem conhecidos. No passado, além dos investimentos no continente africano as empresas siderúrgicas realizaram investimentos em minas cativas em outras regiões durante a década de 50 e 60 que mantiveram dentro de seu portfólio, até que consideraram garantidos os preços de minério de ferro em patamares reduzidos, se desfazendo desses ativos em seguida. Com a recente alta de preços esta tendência foi resgatada levando a um elevado número de projetos de mineração cativa anunciados.

Outro fator de impacto nos preços de minério de ferro é o aumento dos volumes comercializados no mercado a vista e a indexação dos sistemas de precificação a esse mercado, juntamente com a diminuição dos períodos de vigência dos preços, que trouxe uma maior volatilidade para o setor. Diante deste cenário, instituições financeiras viram a oportunidade de oferecer serviços de *hedge* e também desenvolver um mercado futuro de opções na tentativa de diminuir a incerteza da variação de preços.

Diante de tantos fatores de incerteza, o modelo de análise de oferta e demanda e projeção de preços desenvolvido neste trabalho cumpre um papel de ferramenta analítica adicional na busca por indicações de tendências de mercado para a tomada de decisões estratégicas. Pois, devido à presença de fatores imprevisíveis, inerentes a esse mercado, que afetam não só preços, mas movimentações do lado da oferta e demanda, almejar projeções com alto grau de assertividade é improvável e não aplicável a nenhum modelo analítico. Cabe ao analista e não ao modelo, se cercar do máximo de informações possíveis e apontar direções mais seguras para se navegar.

**CAPÍTULO 7 –
CONTRIBUIÇÕES ORIGINAIS
AO CONHECIMENTO**

CAPÍTULO 7 - CONTRIBUIÇÕES ORIGINAIS AO CONHECIMENTO

A grande contribuição deste trabalho foi a definição de uma nova metodologia de controle e atualização de base de dados, fundamental para a modelagem de cenários, mas principalmente para a acurácia das projeções. Com a aplicação dessa metodologia é possível o ajuste dos dados de entrada do modelo na ordem de país ou mina, sem o risco de um desalinhamento nessas ordens. Tal desarranjo é comum, pois os modelos existentes não conseguem trabalhar em ordens distintas o que leva a assimetria dos valores totais e como resultado números divergentes ao esperado com as premissas selecionadas. Outra contribuição inédita foi a definição de equação quadrática para cálculo da curva no último quadrante de custo.

Este trabalho também trouxe uma discussão rica sobre o papel dos custos de produção de minério na definição de preços, apresentando uma nova maneira de considerá-los e equacioná-los com os volumes de oferta e demanda.

CAPÍTULO 8 – RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS

CAPÍTULO 8 - RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS

Neste estudo foi apresentada a evolução dos sistemas de precificação do mercado de minério de ferro e aço e suas tendências futuras, focando especialmente o impacto na oferta, demanda e custos com a entrada de minérios de baixo teor. Com isso, foi possível obter informações que contribuirão para um melhor entendimento da dinâmica deste mercado, seus fluxos comerciais e as estratégias utilizadas pelo setor de minério de ferro e seu relacionamento com a indústria siderúrgica. Do ponto de vista acadêmico, o material representará uma relevante base de dados referente às indústrias do setor de minério de ferro, apontando características específicas das principais tendências históricas e futuras. O trabalho também servirá como referência para demais trabalhos acadêmicos que abordem, dentro de seu tema, tendências do mercado de minério de ferro e sua dinâmica de funcionamento.

CAPÍTULO 9 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

CAPÍTULO 9 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A seguir serão apontadas algumas lacunas deixadas pelo presente trabalho e que podem servir para extensão das discussões aqui levantadas.

O primeiro ponto que pode contribuir para um avanço sobre as discussões apresentadas seria desenvolver uma modelagem das capacidades produtivas de aço por planta (rotas alto-forno e redução direta), similar ao desenvolvido para a capacidade de minério de ferro. Assim será possível verificar a acurácia das projeções de produção de aço em relação aos projetos anunciados e que se responsabilizarão por esse acréscimo na produção. Da mesma forma outro estudo acrescentando os impactos dos custos logísticos (frete marítimo) e custos energéticos pode completar as análises de oferta e demanda, acrescentando uma extensão ao modelo desenvolvido nesse trabalho.

Outro ponto que pode ser trabalhado é referente à variação da curva de preços a vista no mercado de derivativos, sua correlação com a produção de aço no país, com os volumes de minérios importados da Austrália, Brasil e Índia e com a produção doméstica de minério de ferro, avaliando a sua real relevância na definição de preços de mercado. Com essa correlação entendida seria possível discutir a viabilidade do desenvolvimento de um modelo para indicação de ações no curto prazo no mercado futuro de minério de ferro.

Com o aproveitamento de materiais antes tratados como estéreis, seriam de grande relevância estudos específicos referentes a testes práticos da aplicação do *pellet feed* proveniente desses materiais na fabricação de sínter em siderúrgicas integradas ou mesmo em novos processos de aglomeração de ultrafinos.

Em caso da aplicação desses “novos” tipos de *pellet feed* na produção de pelotas é grande a probabilidade de um produto final contendo teores de sílica acima da média atual. Assim é fundamental que a demanda para pelotas com essas características, seus ganhos e perdas no processo produtivo, sejam avaliados junto ao setor siderúrgico.

**REFERÊNCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. L.; SELEME, A.; RODRIGUES, L. H.; SOUTO, R. *Pensamento Sistêmico: Caderno de Campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade*. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 488p

BALASUBRAMANIAM, R. *Metallurgy of Ancient Indian Iron and Steel*. 2006. Disponível em: <<http://www.eshiusa.org/Articles/09765.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2011.

BOYD, B. W. *Iron Ore*. 2008. Disponível em: <<http://www.thecanadianencyclopedia.com/articles/iron-ore>>. Acesso em: 08 nov. 2010.

CARVALHO, R. N. L. *As novas fronteiras da exploração mineral: os desafios na comercialização de minérios antes tratados como estéreis*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012. 130p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas).

CROMPTON, P.; LESOURD, J.-P. Economies of scale in global iron-making. *Resources Policy*, Houghton, v.33, n.2, p. 74–82, Jun. 2008.

CRU ANALISYS. *Iron ore cost report: 2011*. Londres: CRU International Ltd, 2011a. 122p.

CRU ANALISYS. *Iron ore market service: Main report 2011*. Londres: CRU International Ltd, 2011b. 236p.

CUI, L., SYED, M. The Shifting Structure of China's Trade and Production. *IMF Working Paper*, Washington, p. 1-29, Sept. 2007.

FRANCIS, B. Iron ore price benchmarking. In: THE 8TH ANNUAL EU IRON ORE CONFERENCE, 8, 2013, Paris. *Anais...* Paris: McGraw Hill Financial, 2013. 1-41p.

FIUZA, E. P. S.; TITO, F. F. M. Post-merger time series analysis: Iron ore mining. *Resources Policy*, Houghton, v.35, n.3, p. 141-155, Sept. 2010.

GAGGIATO, V. C. *A Competitividade no Mercado Transoceânico de Pelotas de Minério de Ferro, seus Delineadores e o Posicionamento dos Integrantes deste Mercado*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2010. 154p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas).

GAGGIATO, V. C.; PERES, A. C. Productores latinoamericanos en el mercado transoceánico del hierro y en el segmento de pélets. *Acero Latinoamericano*, San Tiago, v. 525, p. 29-41, 2011.

GALDÓN-SÁNCHEZ J. E.; SCHMITZ, J. A. Competitive Pressure and Labor Productivity: World Iron-Ore Markets in the 1980's. *The American Economic Review*, Pittsburgh, v. 92, n. 4, p. 1222-1235, Sept. 2002.

HELLMER, S. The role of product differentiation in the iron ore industry: The case of LKAB. *Resources Policy*, Houghton, v.22, n.1-2, p. 49-60, Mar.–Jun. 1996.

HELLMER, S.; NILSSON, M. Visualization of cost – the case of iron ore in Russia. *Resources Policy*, Houghton, v.26, n.3, p. 145–155, Sept. 2000.

IISI – INTERNATIONAL IRON AND STEEL INSTITUTE. *Steel statistical yearbook 981*. Bruxelas: International Iron and Steel Institute, 1981. 48p.

JONES, A. Prospects for an iron ore cartel. *Resources Policy*, Houghton, v.12, n.2, p. 103–115, Jun. 1986.

LUNDMARK, R.; WÅRELL, L. Horizontal mergers in the iron ore industry —An application of PCAIDS. *Resources Policy*, Houghton, v.33, n.3, p. 129–141, Sept. 2008.

MORANDI, M. I. W. M. *Elaboração de um método para o entendimento da dinâmica da precificação de commodities através do pensamento sistêmico e do planejamento por cenários: uma aplicação no mercado de minérios de ferro*. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), 2008. (Dissertação, Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas).

MOREIRA, G. *Cenários Sistêmicos: Proposta de Integração entre Princípios, Conceitos e Práticas de Pensamento Sistêmico e Planejamento por Cenários*. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), 2005. (Dissertação, Mestrado em Administração). 240p.

OXFORD ECONOMIC FORECASTING. *The Economic Contribution of the Aviation Industry in the UK*. Oxford: Oxford Economic Forecasting, 2006. 98p.

PARK, C-Y. Can East Asia Weather a US Slowdown? *ERD Working Paper*, Manila, n.95, p. 1-23, Jun. 2007.

PEREIRA, H. C. *Avaliação em escala piloto do comportamento dos produtos pellet feed, pellet screenings e micro pellet em substituição ao sinter feed em uma mistura de sinterização*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2004. 131p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas).

PUSTOV, A.; MALANICHEV, A.; KHOBOTILOV, I. Long-term iron ore price modeling: Marginal costs vs. incentive price. *Resources Policy*, Houghton, v.38, n.4, p. 558-567, Dec. 2013.

RANGEL, E. P. *Desenvolvimento de uma análise sistêmica de cenários prospectivos para o setor de pelotas de minério de ferro brasileiro*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012. 87p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas).

RITSCHL, A. How and when did Germany catch up to Great Britain and the US? Results from the official statistics, 1901-1960. 2004. Disponível em: <http://personal.lse.ac.uk/ritschl/pdf_files/KETCHUP.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2011.

RYOJI, S. *Iron ore manual 2010*. Tóquio: The Text Report Ltd, 2011. 417p.

SCHWARTZ, P. *A Arte da Visão de Longo Prazo*. São Paulo: Best Seller, 2000. 216p.

SENGE, P. *A Quinta Disciplina: Arte e Prática da Organização que Aprende*. 22ª ed. São Paulo: Best Seller, 2006. 680p.

SHARPE, E. M. *Toward a General Theory of Marketing*. New York: Armonk, 2002. 344p.

SILVA, O. P. A mineração em Minas Gerais: passado, presente e futuro. *GEONOMOS*, Belo Horizonte, v.3, n.1, p.77-86, 1995.

SINHA, S.; BHATTACHARYAB, R. N.; BANERJEE, R. Surface iron ore mining in eastern India and local level sustainability. *Resources Policy*, Houghton, v.32, n.1-2, p. 57-68, Mar.-Jun. 2007.

SOUZA, G. S. *A dinâmica do mercado transoceânico de minério de ferro; evolução histórica e perspectivas do ano 2000*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1991. 150p. (Dissertação, Mestrado em Geociências).

SUKAGAWA, P. Is iron ore priced as a commodity? Past and current practice. *Resources Policy*, Houghton, v.35, n.1, p. 54-63, Mar. 2007.

TANG, K.; XIONG. W. Index investment and the financialization of commodities. *Financial Analysts Journal*, Charlottesville, v.68, n. 6, p. 54-74, Nov.-Dec. 2012.

THE TEXT REPORT Ltd. *Iron ore manual 1998-99*. Tóquio: The Text Report Ltd, 2009. 351p.

UNCTAD - UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. *The Iron Ore Market: 2011-2013*. Genebra: United Nations Publication, 2011. 100p.

VALADÃO, G. E. S.; ARAUJO, A. C. *Introdução ao tratamento de minérios*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007. 234 p.

WORLD STEEL ASSOCIATION. *Steel Statistical Yearbook 2011*. Bruxelas: World Steel Association, 2011. 120p.

YAMAGUCHI, S.; FUJII, T.; YAMAMOTO, N.; NOMURA, T. KOBELCO pelletizing process. *KOBELCO Technology Review*, Kobe, n.29, p. 58-68, Dec. 2010.

YIN, X.; CHEN, W. Trends and development of steel demand in China: A bottom-up analysis. *Resources Policy*, Houghton, v.38, n.4, p. 407-415, Dec. 2013.

ZANDI, M.; MARTINEZ-PACHECO, M.; FRAY, T. A. T. Biomass for iron ore sintering. *Minerals Engineering*, Amsterdam, v.23, n.14, p. 1139-1145, Nov. 2010.