

Análise econométrica do comércio internacional de minério de ferro*

CLAUDIO MARGUERON **

1. Introdução

É sabido que grandes transformações vêm ocorrendo na indústria mundial de minério de ferro. A indústria tem mudado consideravelmente sua estrutura e, cada vez mais, desloca-se da dimensão de negócio local para a de complexo mundial, de tal forma que acontecimentos em diversas áreas produtoras e consumidoras, em qualquer parte do globo, podem ser relacionados uns com os outros.

A concorrência, em escala mundial, devido à abertura de novas jazidas de alto teor, vem mudando drasticamente os padrões tradicionais do comércio internacional de minério de ferro. Os canais de tráfego de minério, que originalmente se estendiam de leste para oeste, podem sofrer alterações no sentido da direção sul-norte.

Alguns dos produtores integrados de aço tornaram-se também ativos no comércio de minério e, paralelamente à mudança havida nesse comércio, existe também uma tendência para a utilização de métodos e técnicas de produção mais eficientes; e para um número menor, embora em maior escala, de consumidores e produtores, relacionados entre si mais estreitamente por laços econômicos e tecnológicos.

As fontes tradicionais de minério de ferro na Europa e nos Estados Unidos estão-se tornando rapidamente esgotadas e não-

* O presente trabalho baseia-se em um dos capítulos da tese de doutoramento do autor *A Quantitative Analysis of the Supply-Demand Patterns of Iron Ore*, apresentada à Universidade de Columbia em 1969.

** Da Arthur D. Little Ltda. Rio de Janeiro.

competitivas. Na Alemanha Ocidental, na França, e nos Estados Unidos, o padrão dos últimos anos tem sido de importações sempre crescentes e produção interna decrescente de minério de ferro. Esta situação tem sido consequência da exploração de grandes jazidas, com alto teor, em locais distantes dos principais centros consumidores. Os grandes navios cargueiros atualmente em operação conferem maiores possibilidades de concorrência às fontes remotas. Estes navios, aliados à tendência para a melhoria dos processos de carga e descarga, são os fatores responsáveis pelas mudanças nos padrões internacionais de comércio de minério de ferro.

Neste período de rápida transição, quando várias mudanças estão ocorrendo, tanto na tecnologia como nos padrões básicos de oferta e procura, há uma necessidade crescente de avaliar os efeitos sobre a situação atual e as possibilidades futuras do minério nos seus principais mercados. O propósito deste estudo é, portanto, o de examinar as relações internacionais de oferta e procura de minério de ferro e determinar estratégias adequadas para o planejamento dos programas futuros de produção e vendas para os mais importantes fornecedores internacionais.

Inicialmente, deve-se notar que, no passado, a indústria extrativa mineral recebeu relativamente pouca atenção na literatura econômica. Porém, à medida que o padrão da oferta mundial de minério tornou-se mais complexo devido a fatores tais como dependência crescente das nações desenvolvidas sobre as fontes externas de minérios, transformação na estrutura política dos países menos desenvolvidos — fontes importantes de matérias-primas minerais — e crescente importância do papel que esses minerais exercem no desenvolvimento econômico, vem aumentando o interesse em pesquisas e investigações técnicas sobre o setor.

Os problemas tradicionais da oferta de minério envolvem o estabelecimento de padrões satisfatórios de distribuição entre fontes de suprimento e os mercados crescentes da indústria mundial. Esses padrões, presentes e futuros, devem assegurar um fluxo contínuo e sem percalços de matérias-primas para os consumidores; garantir recompensa razoável aos produtores, países produtores e investi-

dores; e, finalmente, levar em consideração uma grande variedade de fatores econômicos, técnicos e políticos.

Após um estudo cuidadoso da literatura existente sobre o assunto, chega-se à conclusão da necessidade de se proceder a uma análise mais detalhada dos padrões de oferta e procura de minério de ferro. O interesse no setor de minério de ferro deve-se às mudanças radicais que vêm ocorrendo nessa indústria a nível mundial, tanto de um ponto de vista tecnológico como também dos padrões de oferta e procura, sendo portanto relevante determinar como essas transformações deverão afetar a posição atual e as possibilidades futuras do minério de ferro em seus principais mercados.

O presente trabalho realiza uma análise *cross section* de regressão múltipla, abrangendo o comércio mundial de minério de ferro em 1963 e 1964, a fim de determinar quantitativamente os fatores mais importantes que influenciaram os padrões internacionais do setor. Conhecida a importância relativa de cada um desses fatores na determinação dos fluxos de comércio de minério, torna-se possível aprimorar as projeções do setor e, deste modo, melhorar suas estratégias futuras de comercialização.

2. O modelo

O modelo econométrico de comércio de minério de ferro tem como variável dependente o volume de comércio entre os produtores do país i e os consumidores no país j da mercadoria z (minério de ferro). O modelo especifica uma única equação estrutural, cujos parâmetros são estimados por mínimos quadrados ordinários.

Para fins didáticos, a especificação da equação é feita por etapas: inicialmente, são introduzidas as variáveis explicativas — capacidade total de exportar, necessidades totais da demanda, custo das exportações de minério, características do minério e custos de transporte; em seguida, são acrescentadas variáveis institucionais tais como blocos políticos e ligações internacionais de propriedade.

Etapas 1: Comércio de Minério de Ferro e Capacidade Exportadora, Necessidades Totais da Procura, Custos de Transporte, Custos de Exportação FOB e Características do Minério.

Na primeira etapa, a equação é especificada como:

$$t_{ij} = a_0 + a_1X_i + a_2M_j + a_3P_i + a_7T_{ij} + a_8Q_i \quad (1)$$

- t_{ij} = quantidade de ferro contido nas exportações de minério do país i para j .
- X_i = quantidade de ferro contido nas exportações totais de minério pelo país i .
- M_j = quantidade de ferro contido nas importações totais de minério pelo país j .
- T_{ij} = custos de transporte de minério do país i para o país j .
- P_i = preço FOB das exportações de minério de ferro em i .
- Q_i = custos de alto-forno, no país j , relacionados com as características do minério de ferro, originário do país i .

As variáveis t_{ij} , X_i e M_j , são medidas em milhares de toneladas métricas. Assim, por exemplo, se o parâmetro a_1 for igual a 0,067 na equação de minério de ferro, uma expansão de mil toneladas nas exportações totais de minério do país i tende a aumentar a quantidade de ferro exportada de i para j em 0,067 mil toneladas. O valor deste parâmetro deve ser igual ou inferior à unidade, de modo que o incremento médio do seu comércio com cada um dos países importadores seja sempre inferior ao acréscimo total das exportações.

De maneira análoga, a_2 deve ser menor ou igual à unidade. Por outro lado, espera-se que, mantidas constantes as demais variáveis independentes, quanto maiores os custos de transporte entre dois países, menor tenderá a ser o comércio de minério.

Etapa II: Comércio de Minério de Ferro e Blocos Políticos.

O segundo passo para o desenvolvimento da equação estrutural acrescenta as três variáveis de blocos políticos que se seguem.

- (A) Comunidade Britânica, inclusive a África do Sul.
- (B) Mercado Comum Europeu (França, Alemanha Ocidental, Itália, Bélgica, Holanda, Luxemburgo).
- (C) Associação Européia de Livre Comércio (EFTA — (Reino Unido, Suécia, Noruega, Dinamarca, Áustria, Suíça e Portugal).

Para estimar os efeitos dos blocos políticos, a equação utiliza variáveis do tipo *dummy*. Os parâmetros dessas variáveis indicam o aumento médio de t_{ij} , medido em toneladas, quando os dois países pertencem ao mesmo bloco político.

Introduzindo-se os efeitos desses blocos, admitiu-se que os coeficientes de X_i e M_j poderiam se elevar para países membros da mesma comunidade, através de preferências tarifárias, por exemplo. Assim, considerando-se as três comunidades citadas, ter-se-ia a seguinte especificação para a equação de comportamento:

$$t_{ij} = a_0 + (a_1 + a_4' A' + a_5' B' + a_6' D') X_i + \\ + (a_2 + a_4'' A'' + a_5'' B'' + a_6'' D'') M_j + \\ + a_3 P_i + a_7 T_{ij} + a_9 Q_i \quad (2)$$

Os valores atribuídos a A' e A'' seguem o seguinte critério:

1. se os países i e j não são membros da Comunidade, então $A' = 0$ e $A'' = 0$, e os coeficientes e X_i e M_j permanecem inalterados;
2. se pertencem à mesma Comunidade, porém $X_i > M_j$, a preferência Comunitária teria o efeito de elevar a demanda dos países associados, então, $A' = 0$ e $A'' = 1$;
3. por outro lado, se $X_i < M_j$, essa preferência comercial agiria no sentido de "deslocar" uma maior parcela exportável do país i em direção a j , e nesse caso, então $A' = 1$ e $A'' = 0$.

As variáveis B' , B'' e D' e D'' representam os demais blocos políticos e assumem os valores zero e um de maneira semelhante, isto é,

$$a_4' = a_4'' \quad , \quad a_5' = a_5'' \quad , \quad a_6' = a_6'' \quad (3)$$

Etapa III: Comércio de Minério de Ferro e Laços Internacionais de Propriedade.

Nessa etapa, a equação (2) é reformulada de modo a incorporar variáveis de laço de propriedade. Geralmente, esta variável indica a quantidade de minério de ferro exportado do país i por firmas daquele país controladas por interesse no país j . Conseqüentemente, sua derivação exigirá duas estatísticas: primeiro, para país

produtor de minério, uma lista das firmas nacionais dirigidas por interesses estrangeiros; e segundo, dados de exportação de minério feita por aquelas firmas. Essas linhas de controle podem ser traçadas sem grande dificuldade para o minério de ferro.

Na equação (4) abaixo, as variáveis representativas de laços de propriedade U_{ij} são relacionadas com t_{ij} , do mesmo modo que as variáveis: capacidade de exportar, necessidades totais da procura, custos de transporte, custos das exportações de minérios e características do minério.

Para o minério de ferro, então, a forma final da equação estrutural é:

$$\begin{aligned}
 t_{ij} = & a_0 + (a_1 + a'_4 A' + a'_5 B' + a'_6 D') X_{(1)} + \\
 & + (a_2 + a''_4 A'' + a''_5 B'' + a''_6 D'') M_j + \\
 & a_3 P_i + a_7 T_{ij} + a_8 U_{ij} + a_9 Q_i
 \end{aligned} \tag{4}$$

3. Exportações e importações de minério de ferro, 1963 e 1964

A equação econométrica apresentada na seção anterior considera a influência dos laços de propriedades internacionais e dos blocos políticos, bem como as disponibilidades de exportação, necessidades de importação, características do minério, custos de exportação e custos de transporte no comércio internacional de minério de ferro.

As Tabelas 1 e 2 registram os fluxos do comércio de minério entre os principais exportadores e importadores em 1963-64. O período citado foi escolhido não só por ser o mais recente para o qual se conseguiu obter dados mas também porque representa um período considerado "normal" no comércio internacional de minério, isto é, não foi perturbado por nenhum fator estranho a esse mercado.

Os embarques de concentrados de minério podem ser medidos por peso bruto ou por peso do conteúdo de ferro. Uma vez que a procura de minério de ferro e seus concentrados representa uma

demanda derivada pelo metal, os dados em termos de conteúdo metálico são mais convenientes. Desse modo, todos os dados de peso usados no modelo econométrico referem-se ao ferro contido no minério.

4. Custos de produção e transporte de minério de ferro, 1963-1964

As condições geológicas e geográficas variam consideravelmente de uma jazida de minério para outra. Dentre os fatores geológicos que afetam os custos da extração do minério de ferro encontram-se os seguintes: se a mina é subterrânea ou a céu aberto; a espessura, conteúdo e regularidade dos veios de minério; a média global de exploração e a razão perda/minério. Outro fator é a composição física e química do minério de ferro.

A localização geográfica da jazida é fator importante, uma vez que afeta consideravelmente os custos de transporte terrestre e marítimo. As condições econômicas da região onde está localizada a jazida podem também condicionar seus custos operacionais. Em certos casos, é necessário implantar a infra-estrutura local e treinar a mão-de-obra antes de iniciar a operação da mina; em outras ocasiões a região é economicamente desenvolvida e já existe considerável atividade de mineração, de modo que a nova mina de ferro pode se beneficiar dos investimentos já realizados.

Apesar da grande variedade de componentes de custos operacionais não mencionados (salários, condições de amortização, impostos, *royalties*, etc.) parece admissível estimar a produção, custos de transportes marítimos e terrestres e alfandegários, conforme foi feito nesta seção, com base em entrevistas com produtores de minério, consultores e experiência do autor. Dentre as muitas fontes consultadas, e que apresentam informações detalhadas de custos de produção e transporte, deve-se salientar a publicação do Conselho Nacional de Pesquisas Econômicas Aplicadas do Governo da Índia, intitulada *Cost, Price Structure of Iron Ore*, de janeiro de 1965.

TABELA 1

Comércio Mundial de Minério de Ferro, Seus Concentrados e Aglomerados: 1963
(Ferro contido no minério em milhões de toneladas métricas)

Destino Origem	E. U. A.		Reino Unido		Europa		Japão		Total das Exportações em 1963	
	Quant.	Ordem	Quant.	Ordem	Quant.	Ordem	Quant.	Ordem	Quant.	Ordem
Canadá	11.05	1	1.49	2	0.65	5	1.19	4	14.50	1
E. U. A.	0.04	8	0.04	8	0.04	11	0.92	5	8.77	9
Venezuela	5.63	2	0.84	3	0.99	7	0.35	6	7.57	4
Brasil	0.56	5	0.52	5	2.67	2	0.35	6	5.50	5
Peru	0.16	6	0.18	6	1.32	4	1.79	3	3.55	10
Chile	1.77	3	0.14	7	0.35	9	2.33	2	4.60	7
Mauritania	0.02	7	0.14	7	0.65	5	0.81	11	0.81	11
Libéria	0.83	4	0.69	4	2.29	3	3.00	1	4.12	8
Índia					0.61	8			4.78	6
Austrália										
Suécia	0.02	7	2.84	1	8.68	1			12.40	3
Rússia					0.20	10			12.50	2
Total das importações em 1963 ..	19.80		8.95		21.50		14.90			

FONTES: Nações Unidas -- World Trade Annual.

U. S. Bureau of Mines -- Mineral Year Book.

Canadian Department of Mines.

British Iron And Steel Federation -- Statistical Year Book.

TABELA 2

Comércio Mundial de Minério de Ferro, Seus Concentrados e Aglomerados: 1964
(Ferro contido no minério em milhões de toneladas métricas)

Destino Origem	E. U. A.		Reino Unido		Europa Ocidental		Japão		Total das Exportações em 1964	
	Quant.	Ordem	Quant.	Ordem	Quant.	Ordem	Quant.	Ordem	Quant.	Ordem
Canadá	15.157	1	1.899	2	0.618	8	1.059	5	18.7	1
E. U. A.	6.017	2	0.989	3	1.691	5	1.143	4	4.0	9
Venezuela	0.686	5	0.364	6	3.368	3	0.281	6	8.9	4
Brasil	0.365	6	0.100	7	1.196	6	2.166	3	6.2	7
Peru	1.709	4	0.904	5	0.433	9	3.359	2	3.5	10
Chile	0.085	7	0.941	4	1.990	4	0.033	1	5.6	8
Mauritânia	1.751	3	0.017	8	4.371	2	4.024	1	3.1	11
Libéria					0.838	7			7.4	5
Índia									6.3	6
Austrália										
Suécia	0.057	8	3.568	1	10.211	1			14.9	2
Rússia			0.017	8	0.257	10			11.7	3
Total das importações em 1964 ..	25.9		10.8		28.9		18.5			

FONTES: Nações Unidas — World Trade Annual.

U.S. Bureau of Mines — Mineral Year Book.

Canadian Department of Mines.

British Iron And Steel Federation — Statistical Year Book.

A Tabela 3 apresenta os custos FOB de minério de ferro em 1963-64 para todos os países produtores de importância no mercado mundial. As Tabelas 4 e 8 relacionam os custos médios de transporte marítimo de minério em 1963-64 e os custos de alto-forno associados às características do minério, respectivamente. Os dados de custo nessas tabelas foram utilizados para determinar os valores das variáveis preço FOB das exportações de minério de ferro (P_i) e custos de transporte de minério do país i para o país j (T_{ij}). Todos os dados de custo usados no modelo econométrico foram expressos em centavos de dólar americano por unidade de ferro (Fe).

5. Integração vertical da empresa na indústria siderúrgica, 1963-1964

Embora ainda existam condições para que as pequenas empresas de exploração e beneficiamento possam participar da indústria siderúrgica, as grandes empresas industriais e comerciais tendem a controlar de maneira crescente a exploração e o aproveitamento do minério de ferro. A integração já é um aspecto dominante no cenário norte-americano e está-se tornando de uso corrente em outros países.¹ A principal explicação reside na política das empresas siderúrgicas de manterem certo grau de controle sobre a base de matérias-primas necessárias a longo prazo para suas fábricas. Outra razão refere-se à escala de operações e capital exigido para os novos grandes projetos de mineração. Por exemplo: a maioria das novas minas de ferro possuem capacidade anual que varia de um milhão a oito milhões de toneladas, exigindo um investimento de US\$ 25 a US\$ 40 por tonelada anual de capacidade. Tais explorações envolvem normalmente a construção de novas cidades, portos, estradas de ferro e fornecimento de energia

¹ H. S. Harrison, "The Changing Iron Ore Industry", *Mining Congress Journal*, (fev. 1966). J. Sherwin "Iron Ore — A Current Appraisal", *Blast Furnace and Steel Plant*, (Pittsburg: Steel Publications Inc, fev. 1964), pp. 725-728.

TABELA 3

*Preço FOB Estimado do Minério de Ferro, 1963-1964**(Centavos de dólar por unidade de ferro)*

Pais exportador de minério de ferro	Teor de ferro no minério	Custo de produção	Custo de trans- porte ferroviário	Custos terminais portuários	Preço FOB	Ordem
Peru	(61.7%)	6.08	1.30	0.64	8.02	1
Chile	(64.5%)	5.81	1.39	0.85	8.06	2
Goa	(62 %)	5.69	1.61	1.21	8.52	3
Venezuela	(61 %)	5.03	3.05	0.77	8.85	4
Austrália	(65 %)	5.46	2.61	0.77	8.85	4
Libéria	(63 %)	5.95	2.14	0.63	8.73	6
Rússia	(60 %)	7.50	2.00	0.67	10.17	7
Brasil	(66 %)	4.70	5.30	0.61	10.61	8
Suécia	(61 %)	8.77	2.29	0.57	11.64	9
Mauritania	(65 %)	4.93	6.15	0.61	11.69	10
Canadá	(59.6%)	7.38	3.86	0.59	11.83	11
Índia	(60 %)	6.08	4.83	1.17	12.08	12
E. U. A.	(54 %)	8.52	3.61	1.02	13.15	13

FONTE: Entrevistas e Estimativas do Autor.

elétrica, além de instalações de beneficiamento e processamento. Esses projetos muitas vezes requerem grandes financiamentos e operação de frotas de cargueiros. Se um produtor de minério não se encontra integrado com uma empresa siderúrgica, será mais sensível às flutuações do mercado que uma firma integrada. Argumenta-se por vezes que o investimento por parte das siderúrgicas em grandes usinas de beneficiamento de minério, torna-se custoso em virtude de queda dos preços do minério como tem acontecido nos últimos anos. O custo real para aquelas firmas é, na realidade, menor que o indicado pelos preços de mercado. Isto ocorre em

TABELA 4

*Custo Médio do Transporte Marítimo para
o Minério de Ferro, 1963-1964
(Centavos de dólar por unidade de ferro)*

Fornecedores	Importadores			
	E. U. A.	Reino Unido	Europa Ocidental	Japão
Canadá	1.51	8.27	4.03	8.56
E. U. A.	—	—	—	9.63
Venezuela	5.74	9.47	7.02	11.47
Brasil	6.44	9.09	6.36	11.97
Peru	4.65	10.94	8.51	10.37
Chile	5.04	10.95	8.62	10.70
Mauritania	4.77	8.15	5.37	12.31
Libéria	4.44	7.54	4.44	12.38
Índia	14.00	11.83	9.75	11.25
Austrália	14.61	16.89	14.58	4.51
Suécia	3.69	4.98	2.29	13.28
Rússia	8.82	7.67	3.67	4.17
Média de todos os fornecedores relacionados	6.70	9.62	6.785	10.05

FONTE: Entrevistas e Estimativas do Autor.

virtude dos custos mais baixos de capital e de operação para produzir ferro gusa com base em minérios pelotizados e também das transferências de lucros do produtor integrado de minério para as empresas siderúrgicas da qual faz parte.²

Apesar de a indústria siderúrgica ser dominada por empresas de grande porte, coexistem empresas independentes de menor porte e bem sucedidas. Essas últimas deverão manter certo grau de importância, particularmente como supridoras do mercado japonês

² T. F. Olt, "Blast Furnace Performance using Iron Ore Pellets", *Journal of the Iron and Steel Institute*, (Londres, fev. 1962).

TABELA 5

Propriedade Percentual Média de Controle que os Consumidores de Minério de Ferro Mantêm sobre Fornecedores, 1963-1964

Consumidores Fornecedores	E. U. A.	Reino Unido	Europa Ocidental	Japão
	Canadá	68%	—	2%
E. U. A.	—	—	—	—
Venezuela	100%	—	—	—
Brasil	—	—	20.5%	—
Peru	100%	—	—	—
Chile	88%	—	—	10%
Mauritania	—	20%	80%	—
Libéria	37.5%	—	12.5%	—
Índia	—	—	—	—
Austrália	—	—	—	—
Suécia	—	—	—	—
Rússia	—	—	—	—

FONTE: Entrevistas e Estimativas do Autor.

e de parte do europeu, muito embora operem de um mercado cada vez mais restrito e competitivo.

A Tabela 5 mostra a média percentual de controle de propriedade que os consumidores de minério mantinham sobre os fornecedores, em 1963-1964. Esse fator explicativo, laços de propriedade, é introduzido na equação através de variável U_{ij} que indica a tonelagem exportada pelo país i devido a interesses do país importador j . Os valores dessa variável foram obtidos da Tabela 6.

A variável de laços de propriedade foi calculada ou em relação a todas as exportações de minério do país i ou em relação ao comércio de minério entre os países i e j , sempre a menor das duas.

TABELA 6

*Tonelagens Cativas de Minério de Ferro que Participam
no Comércio Internacional, 1963-1964*

(Conteúdo de ferro em milhões de toneladas métricas)

Consumidores Fornecedores	Consumidores			
	E. U. A.	Reino Unido	Europa Ocidental	Japão
Canadá	9.8		0.29	
E. U. A.				
Venezuela	5.63			
Brasil			0.08	
Peru	0.16			0.46
Chile	1.77			
Mauritania		0.14	0.65	
Libéria	0.83		0.51	
Índia				
Austrália				
Suécia				
Rússia				

FONTE: Tabela 5

6. Qualidade e características dos minérios de ferro exportados: valor metalúrgico do minério

Para o fabricante de ferro e aço, o minério tem como principal característica o seu teor metálico, e como impureza mais importante o seu conteúdo de fósforo. Afora seus aspectos físicos, que desempenham certo papel na carga do alto-forno, e que por sua vez são em grande parte neutralizados pelas várias operações de sinterização e beneficiamento à qual quantidades sempre crescentes de minério são sujeitas antes de usadas, os outros componentes químicos do minério têm importância devido à sua grande varia-

TABELA 7

Análise Seca Média dos Principais Minérios Exportados

País	Jazida	Fe	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	H ₂ O Média
Canadá	Média	68	2.4	1	9.6	1	<0.1	6.5
Venezuela	Cerro Bolivar	68			1.25	1.25	0.1	1
Brasil	Cauê	67.5			1	0.9	<0.1	2.7
Peru	Marcona	60.5	1	1	6.5	1.5	<0.1	
Suécia	Kiruna B	67	1.2	0.95	2.9	0.6	1.5	
Mauritania	Fort Gouraud	66	0.1	0.1	2.5	1.5	<0.1	1
Libéria	Bomi Hill	66			3.5	1.3	<0.1	6
Gabão	Mekambo	64			2.18	1	<0.1	
Suasilândia	Bomburça	65			10	1	0.1	
Índia	Goa	63			2.5	5.6	<0.1	4
Malásia	Dungen	61	0.5		7	3	<0.1	4.5
Austrália		65	0.2		2	2	<0.1	2.5
Rússia		63	0.1	0.1	12	1	<0.1	
E. U. A.		60	2.5	2.7	10	2.3	<0.1	2.7
Chile		63	0.5		5.4	2.1	0.14	1.2

FONTE: Nações Unidas — World Iron Ore Resources and Their Utilization, New York, 1950.

bilidade, e também pela necessidade de manter a alcalinidade da carga a um determinado nível e de neutralizar com o coque parte da escória formada pelos componentes não-ferrosos do minério.

A Tabela 7 apresenta a análise seca média dos principais minérios exportados. Os dados mostram que, enquanto o óxido de cálcio e de magnésio são geralmente encontrados em quantidade pequena, mais ou menos constante, o teor de fósforo é insignificante exceto nos minérios chilenos, alguns russos e especialmente nos franceses e suecos (Kiruna B). O mesmo não acontece com os teores de sílica e alumina que variam entre menos de 1% até cerca de 10%, uma variação que pode acarretar diferenças consideráveis no custo da carga.

A importância da relação calcário/sílica está antes de tudo na determinação da quantidade adicional de calcário (H) que deve ser adicionada à carga a fim de dar-lhe uma alcalinidade de cerca de 1,4 de sílica. Desse modo, $1,4 \text{ SiO}_2 = \text{H} + \text{CaO}$. O valor de H foi calculado para todos os minérios constantes da Tabela VII e verificou-se que pode variar de reduzidos índices percentuais até 15%.

As impurezas totais ácidas ou básicas do minério, incluindo a quantidade H, contribuem para a formação da escória do alto-forno (R). A quantidade $R = \text{CaO} + \text{MgO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}$ também foi calculada e determina a quantidade de coque que deve ser adicionada para formar a escória. Geralmente, o consumo médio é de cerca de 150 kg de coque por tonelada de escória.

A alcalinidade é obtida com a adição de fundente de calcário CaCO_3 , que custa cerca de US\$1,2 por tonelada. Como apenas o calcário contido no fundente é ativo, a razão entre as massas atômicas de CaCO_3 (100) e de CaO (56) devem ser levadas em consideração ao se calcular o coeficiente unitário do custo desta adição, ou $1,2 \times \frac{100}{56} = 2,1$.

Os preços de coque podem ser tomados como de cerca de US\$ 20 por tonelada, de modo que o coeficiente unitário do custo de neutralização da escória é igual a $20 \times \frac{150}{1000} = 3$.

O custo total adicional pode, portanto, ser estimado em uma primeira aproximação pela fórmula $2,1 H + 3 R$, onde H e R são definidos como acima. A Tabela 8 mostra os valores desses custos expressos em termos de um minério padrão com 63% de ferro, sendo os resultados arredondados para décimos de dólar por tonelada.

É difícil calcular a desvantagem da presença do fósforo no minério, em parte porque certas indústrias siderúrgicas já se adaptaram, há algum tempo, aos problemas especiais decorrentes do uso de tais minérios, e também porque um alto teor de fósforo pode aumentar o valor dos subprodutos do alto-forno (escória de Thomas). Parece, portanto, justificável, ao se estabelecer a matriz dos parâmetros para o modelo, não tratar os minérios fosforosos separadamente.

A Tabela 8 mostra claramente que os minérios brasileiros são os que requerem o mínimo de despesas adicionais de alto-forno, o que lhes confere grande vantagem sobre os concorrentes. Há muitos fatores que entram na determinação das preferências de um consumidor pelo tipo de minério e a vantagem mencionada do minério brasileiro poderá ser a mais importante para a decisão do consumidor. Na realidade, o fator mais importante, é o preço de entrega por unidade de ferro, isto é, o custo para o consumidor, em relação à qualidade do minério, em certo local e tempo. Será, portanto, a chamada "razão preço/qualidade" que determinará se o minério é ou não competitivo em determinado mercado. Tal correção, relativa à qualidade do minério, será feita mais adiante quando da determinação da posição competitiva dos diferentes minérios de ferro.

7. Influência dos blocos políticos de comércio nos padrões internacionais de oferta e procura de minério de ferro, 1963-1964

Vários fatores são responsáveis pelo aumento de comércio entre membros de um mesmo bloco político. A concessão de tratamentos

TABELA 8

*Valor Metalúrgico dos Minérios de Ferro:
Custos Adicionais de Alto-Forno*

País	Custos adicionais de alto-forno=2.1T+3C (centavos de dólar por t métrica)	Teor de ferro no minério	Custos adicionais de alto-forno (centavos de dólar por unidades de Fe)	Custos adicionais de alto-forno para 63% equiv. de Fe (centavos de dólar por t métrica)	Ordem de qualidade
Canadá	24.1+69=92	63	1.46	0.92	11
E. U. A.	24.36+87.3=111.7	60	1.86	1.12	14
Venezuela	3.8+18.9=23	63	0.36	0.23	2
Brasil	2.9+20.3=23	67.5	0.34	0.22	1
Peru	17+57.6=75	60.5	1.24	0.78	10
Chile	14.7+45.3=60	63	0.95	0.60	8
Mauritania	7.1+28.8=36	66	0.55	0.34	6
Libéria	10.3+34.5=45	66	0.68	0.43	7
Índia	7.4+58.2=66	63	1.05	0.66	9
Austrália	5.5+28.8=34	65	0.52	0.33	5
Suécia	6.1+25.2=31	67	0.46	0.29	3
Rússia	36+90=126	63	2.00	1.26	15
Cabo Verde	6.6+22.9=30	64	0.47	0.30	4
Suailândia	29.4+79.2=109	65	1.68	1.04	13
Malásia	19.5+72=92	61	1.51	0.95	12

FONTE: Tabela 7.

especiais, a vigência dos mesmos sistemas monetários e de relações estreitas entre instituições financeiras, que se traduzem em efeitos sobre o comércio, normalmente são associadas a países do mesmo bloco político. Durante o período de pós-guerra, a Grã-Bretanha muitas vezes deu preferências a compras na Área da Libra, onde os pagamentos poderiam ser feitos naquela moeda. Talvez com menor grau de importância relativa, outros fatores poderiam ainda ser citados, tais como mesma língua, hábitos semelhantes, maior conhecimento dos produtos e dos mercados, etc., fatores que parecem importantes, por exemplo, na explicação das exportações de minério de ferro do Canadá para o mercado americano, ainda que não haja entre os dois países nenhuma ligação formal de bloco político.

O estudo econométrico aqui desenvolvido procura mostrar quantitativamente a influência dos blocos políticos sobre os padrões de comércio internacional de minério de ferro.

É preciso assinalar, contudo, que os blocos políticos têm influência mais marcante no comércio de ferro gusa e de aço, sendo a influência sobre o comércio de minério menos relevante. Uma vez que os países europeus, Estados Unidos, Japão, Reino Unido e outros grandes importadores geralmente necessitam de minérios e concentrados para operar seus fornos à plena capacidade, os impostos alfandegários são quase inexistentes.

8. Resultados e implicações

Os resultados da análise econométrica, estimados pelo método dos mínimos quadrados, são dados na Tabela 9, onde todas as variáveis independentes foram consideradas simultaneamente. Os resultados para os países maiores exportadores e importadores são mostrados nas Tabelas 10 e 11.

Na Tabela 9, abaixo de cada coeficiente de regressão (estimativa dos parâmetros econométricos da equação), é mostrado seu erro padrão e seu valor "t" computado.

TABELA 9

Parâmetros da Equação de Minério de Ferro: 1963-1964

	a0	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
Valor dos coeficientes de regressão	0.387	0.056	0.033	0.105	0.047	-0.405	0.141	-0.113	0.913	-0.695
Erros-padrão dos coeficientes de regressão		0.050	0.034	0.122	0.115	0.544	0.181	0.071	0.100	0.365
Valor t computado ...		1.120	0.986	0.866	0.412	-0.744	1.081	-1.594***	9.108*	-1.904**
R ² = 0.667										

* Significativo ao nível de 99.95%.

** Significativo ao nível de 94%.

*** Significativo ao nível de 86%.

Observa-se, nesta tabela, que as variáveis independentes explicam 66,7% da variância do comércio internacional do produto, isto é, 66,7% da variância do comércio internacional de minério de ferro, em 1963 e 1964, foram associadas a variações na disponibilidade de exportação de minérios, transporte marítimo, laços de propriedade e características químicas do minério.

Em relação à importância relativa de cada variável, poder-se-ia concluir que:

Os laços internacionais de propriedade (catividade) exercem o principal papel na configuração do comércio de minério. De acordo com os resultados obtidos, essa variável mostrou-se significativa ao nível de 99,95% e foi capaz de explicar cerca de 38% das mudanças no comércio de minério dos mais importantes consumidores e fornecedores, enquanto que todas as demais explicam apenas 28,7%. Os coeficientes Beta (coeficientes padrões de regressão) são maiores em a_s , indicando que o investimento de capital pelo país j no país i aumenta substancialmente o comércio de minério entre os dois países. Não resta dúvida quanto ao fato de os laços financeiros de propriedade se constituírem na principal força determinante do comércio de minério na maioria das nações, com exceção da Suécia, como é mostrado pelos grandes desvios encontrados pelos resíduos apresentados nas Tabelas 10 e 11, onde, entre a Suécia e a Europa Ocidental, alcançam 6,24% em 1963 e 7,38 em 1964.

A segunda mais importante variável independente prende-se às características químicas do minério natural ou ao valor metalúrgico do minério, medido pelos custos adicionais de alto-forno. Para esta variável, o coeficiente estimado é negativo - 0,695 (significante ao nível de 94%), o que mostra que quanto mais baixos forem os custos adicionais de alto-forno, decorrentes da qualidade do minério, mais minério será exportado.

Também fica evidenciada a importância do custo do transporte marítimo, cujo sinal negativo indica o que se esperaria obter, ou seja, quanto mais baixo o custo do transporte marítimo, mais minério se deslocará do país (i) para o país (j). O coeficiente estimado é significativo ao nível de 86%.

Os resultados das demais variáveis, contudo, afiguram-se menos relevantes, já que não se mostram estatisticamente significantes. Essa pouca relevância estatística surpreende um pouco no que concerne aos preços FOB de exportação. Muito provavelmente, isto se deve ao fato de que tivesse algum país preço FOB muito maior do que o de seus concorrentes, teria exportado quantias irrisórias e, conseqüentemente, não participaria dos ajustamentos. Isto acontece em mercados competitivos, onde as diferenças de preço não persistem por muito tempo.

Os resíduos para 1963 e 1964 (Tabelas 10 e 11) indicam as principais diferenças entre o comércio existente e o previsto pelo exercício econométrico. Analisando as Tabelas 10 e 11 para 1963-64, verifica-se que o Brasil, naqueles anos, poderia ter exportado mais um milhão de toneladas métricas de ferro (contido no minério) para os Estados Unidos, e quase 0,5 milhões a mais para o Japão e a Inglaterra, enquanto que as exportações para a Europa Ocidental deveriam ter sido um milhão de toneladas métricas a menos.

9. Limitações do modelo

1. Embora a equação verdadeira relacionando as variáveis independentes e dependentes não seja conhecida com certeza, a equação escolhida para a análise de regressão é provavelmente uma aproximação razoável; além disso, sua linearidade simplificou o processamento da regressão. As discrepâncias entre a verdadeira relação e a aproximação linear podem, entretanto, ser responsáveis por pequenas diferenças entre os padrões existentes de comércio e os previstos.

2. Para uma análise de regressão de equação única, as variáveis explicativas devem ser independentes da variável dependente. Em outras palavras, a relação causa-efeito deve correr em uma direção apenas: a das variáveis independentes para as variáveis dependentes.

TABELA 10

Valores Calculados e Resíduos da Equação de Minério de Ferro
(Ferro contido no minério em milhões de toneladas métricas)

ANO: 1963

Destino / Origem	E. U. A.			REINO UNIDO			EUROPA OCIDENTAL			JAPÃO		
	Quant.	Ordem	Resíduo	Quant.	Ordem	Resíduo	Quant.	Ordem	Resíduo	Quant.	Ordem	Resíduo
Canadá	10.86	1	0.185	1.21	2	0.275	1.95	2	1.302	0.96	2	0.234
E. U. A.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.096	10	0.824
Venezuela	6.64	2	-1.01	0.72	5	0.123	1.41	6	-0.421	0.69	5	0.689
Brasil	1.51	6	-0.948	0.85	3	-0.328	1.65	5	1.023	0.72	4	-0.371
Peru	0.85	8	-0.688	-0.87	10	0.549	0.32	10	0.997	—	11	1.897
Chile	2.54	3	-0.775	-0.0996	9	0.099	0.58	9	-0.231	0.55	6	1.788
Mauritania	1.40	7	-1.385	0.51	4	-0.650	1.66	4	-1.009	0.39	8	-0.391
Libéria	1.98	5	-1.148	0.79	6	0.181	1.74	3	0.547	0.16	9	-0.161
Índia	0.28	10	-0.280	0.39	7	-0.390	0.82	8	-0.206	0.43	7	2.573
Austrália	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Suécia	2.22	4	-2.205	2.98	1	-0.145	2.44	1	6.240	0.98	1	-0.980
Rússia	0.43	9	-0.434	0.20	8	-0.203	1.07	7	-0.972	0.79	3	-0.796

* Resíduo = quantidade observada (t₁) - quantidade calculada de t₁.

TABELA II

Valores Calculados e Resíduos da Equação de Minério de Ferro
(Ferro contido no minério em milhões de toneladas métricas)

ANO: 1964

Destino Origem	E. U. A.			REINO UNIDO			EUROPA OCIDENTAL			JAPÃO		
	Quant.	Ordem	Resíduo	Quant.	Ordem	Resíduo	Quant.	Ordem	Resíduo	Quant.	Ordem	Resíduo
Canadá	13.95	1	1.206	1.60	2	0.300	2.51	3	-1.891	1.82	1	-0.762
E. U. A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	10	0.914
Venezuela	7.27	2	-1.254	0.85	5	0.136	1.73	5	-0.040	0.88	3	-0.883
Brasil	1.75	6	-1.064	0.95	4	-0.585	2.28	4	1.084	0.88	3	-0.599
Peru	1.23	8	-0.870	-0.31	10	0.410	0.57	10	0.629	0.01	11	2.156
Chile	2.75	4	-1.039	0.02	9	-0.018	0.88	9	-0.450	0.81	6	2.545
Mauritania	1.73	7	-1.650	1.42	3	-0.513	1.73	5	0.264	0.64	7	-0.605
Libéria	3.20	3	-1.454	0.75	6	-0.187	2.55	2	1.820	0.46	9	-0.464
Índia	0.57	10	-0.568	0.61	7	-0.600	1.15	8	-0.309	0.63	8	3.392
Austrália	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suécia	2.56	5	-2.511	3.45	1	0.120	2.83	1	7.385	1.24	2	-1.239
Rússia	0.59	9	-0.593	0.22	8	-0.203	1.27	7	-1.017	0.87	5	-0.871

* Resíduo = quantidade observada (t_{ij}) - quantidade calculada de t_{ij} .

Embora X_i e M_j por definição incluam $t_{i,j}$, não dependem necessariamente de $t_{i,j}$. É razoável que um exportador determine em primeiro lugar, seu nível total de exportações de minério, e só depois faça a alocação deste total entre os importadores. Deste modo, uma grande remessa de, digamos, minério brasileiro para a Europa Ocidental, reduziria as exportações brasileiras para o resto do mundo para que o total de exportação de minério conservasse o nível pré-determinado. No mundo real, esta afirmativa é apenas em parte verdadeira. Um volume de exportações extraordinariamente grande entre o Brasil e a Europa Ocidental poderia forçar o Brasil a reduzir suas exportações para o resto do mundo, mas muito possivelmente estimularia a produção interna e provocaria, a longo prazo, um aumento no total de exportações.

A suposição de que M_j é independente de $t_{i,j}$ é um pouco mais realista porque a procura de minério de ferro é uma procura derivada, baseada no nível de atividades da indústria siderúrgica do país importador. No entanto, as dificuldades da oferta ou a mudança tecnológica na indústria consumidora podem causar a substituição ou ativar a recuperação da sucata e portanto reduzir M_j . Até a variável custo de transporte é afetada, uma vez que o preço de transporte por tonelada entre qualquer dos dois portos tende a cair quanto maior for o volume de comércio entre os dois portos.

3. As matrizes de comércio existentes impõem dois conjuntos mais importantes de restrições a $t_{i,j}$:

$$\begin{aligned} \sum_i t_{i,j} &= M_j \\ \sum_j t_{i,j} &= X_i \\ \sum_i \sum_j t_{i,j} &= \sum_i X_i = \sum_j M_j = S \\ t_{i,j} &\geq 0 \end{aligned}$$

contudo, a única restrição efetivamente feita no ajustamento é tão somente a de que:

$$\sum_i \sum_j t_{i,j} = S$$

10. Conclusões

Após analisar quantitativamente e qualitativamente os padrões internacionais de comércio de minério de ferro, chegou-se às seguintes conclusões:

1. Os laços internacionais de propriedade exercem a força preponderante na formação do comércio mundial do minério.

Verificou-se que tais laços explicam cerca de 38% da variância no comércio de minério entre os mais importantes fornecedores e compradores. Concluiu-se, assim, que a catividade é o principal fator determinante do comércio de minério, enquanto que todas as outras variáveis independentes incluídas no estudo explicam apenas 28,7%. Esta constatação é de grande importância para os responsáveis pela política de comercialização de minério de ferro, pois mostra que nenhuma outra medida será capaz de influir tanto na exportação quanto a integração vertical. Conseqüentemente, quanto maior o investimento feito pelos consumidores para a produção de minério em determinado país, mais minério será exportado.

O valor metalúrgico do minério de ferro medido pelos custos adicionais necessários no alto-forno, os quais refletem as características químicas do minério natural, foi revelado como o segundo fator mais importante na determinação dos fluxos do comércio internacional. A análise econométrica salientou o fato de que quanto mais baixos forem os custos adicionais de alto-forno decorrentes da qualidade do minério natural, mais minério será exportado.

Este estudo também demonstrou que os custos de transporte marítimo têm seu papel no comércio do minério, enquanto que a disponibilidade de exportação, as necessidades de importação e os custos de produção, influenciam em grau bem menor. Foi verificado ainda que os laços políticos são insignificantes na explicação do comércio desta mercadoria. Todos os fatores acima mencionados explicaram 66,7% do comércio internacional de minério de ferro no período de 1963-1964.

Finalmente, deve-se assinalar que outras variáveis, além das incluídas no estudo, parecem influenciar significativamente o comércio de minério de ferro. A influência dessas outras variáveis, não consideradas, tais como contratos a longo prazo, garantia de fornecimento, incentivos e regulamentos governamentais, tamanho das reservas e jazidas, condições de crédito e outras, devem ser levadas em consideração pelos responsáveis pela política ao se tomarem as decisões.