



49

CETEM

Série Estudos & Documentos

Inovação Tecnológica e Setores da Indústria Extrativa e de Transformação Mineral

Maria Helena M. Rocha Lima

PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Fernando Henrique Cardoso
VICE-PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Marco Antônio Maciel
MINISTRO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA: Ronaldo Mota Sardenberg
SECRETÁRIO EXECUTIVO: Carlos Américo Pacheco
SECRETÁRIO DE COORDENAÇÃO DAS UNIDADES DE PESQUISA:
João E. Steiner

CETEM - CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

DIRETOR: Fernando A. Freitas Lins
COORD. DE PROJETOS ESPECIAIS (CPE): Juliano Peres Barbosa
COORD. DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS (CTM): Adão Benvindo da Luz
COORD. DE METALURGIA EXTRATIVA (CME): Ronaldo Luiz C. dos Santos
COORD. DE QUÍMICA ANALÍTICA (CQA): Maria Alice C. de Góes
COORD. DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO (CES): Carlos César Peiter
COORD. DE ADMINISTRAÇÃO (CAD): Cosme Antônio Moraes Regly

ISSN-0103-6319

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SETORES DA INDÚSTRIA EXTRATIVA E DE TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MARIA HELENA MACHADO ROCHA LIMA

Doutora em Engenharia Mineral pela Escola Politécnica da USP; Mestre em Economia pela Universidade de Minnesota - Estados Unidos; Graduada em História e Economia pela PUC - Rio de Janeiro; Tecnologia Senior do CETEM.

MCT - Ministério de Ciência e Tecnologia
CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

CONSELHO EDITORIAL

Editor

Carlos César Peiter

Subeditor

Maria Laura Barreto

Conselheiros Internos

Francisco E. de Vries Lapido Loureiro

Francisco R. C. Fernandes

Gilson Ezequiel Ferreira

Conselheiros Externos

Alfredo Ruy Barbosa (Consultor)

Gilberto Dias Calaes (ConDet)

José Mário Coelho (CPRM)

Rupen Adamian (UFRJ)

Saul Barisnik Suslick (UNICAMP)

A **Série Estudos e Documentos** publica trabalhos que busquem divulgar estudos econômicos, sociais, jurídicos e de gestão e planejamento em C&T, envolvendo aspectos tecnológicos e/ou científicos relacionados à área minero-metalúrgica.

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Jackson de F. Neto COORDENAÇÃO EDITORIAL
Vera Lúcia Ribeiro EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

Lima, Maria Helena Machado Rocha

Inovação tecnológica e setores da indústria extrativa e de transformação mineral. Maria Helena Machado Rocha Lima. - Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

39 p. (Série Estudos e Documentos, 49)

1. Inovação tecnológica. 2. Indústria de Transformação.
I. Título. II. Centro de Tecnologia Mineral. III. Série.

ISBN 85-7227-154-6

ISSN 0103-6319

CDD 658.57

Sumário

Resumo/Abstract _____	5
Introdução _____	7
1. Teoria do crescimento econômico, inovação tecnológica e seus indicadores _____	9
2. Arcabouço Teórico _____	14
2.1 Formulação do Modelo de Função de Produção _____	15
2.2 Medidas de Inovação Tecnológica por Setores da Indústria _____	17
3. Desenvolvimento Tecnológico e Produtividade: setores selecionados ____	22
3.1 Siderurgia _____	23
3.2 Indústria do Alumínio _____	27
3.3 Indústria do Cimento _____	30
3.4 Extração de Minerais Metálicos _____	33
Conclusões _____	35
Agradecimentos _____	38
Referências Bibliográficas _____	39

Resumo

Este trabalho pertence a uma linha de pesquisa que estuda as mudanças tecnológicas e sua importância no desenvolvimento econômico. O objetivo é contribuir com uma análise da inovação tecnológica e seus efeitos no crescimento industrial brasileiro, com ênfase na indústria extrativa e de transformação mineral.

A função de produção agregada da indústria brasileira foi estimada usando dados em painel, para vinte e um setores industriais no período de 1988 a 1995. As fontes dos dados foram a PIA - Pesquisa Industrial Anual do IBGE - para os dados de produção, e o YTC - Yale Technology Concordance - para os dados de patentes.

O modelo estimado permitiu classificar os setores pelo nível de progresso tecnológico. Os parâmetros do modelo, estimado com os dados de patente, foram usados para construir medidas de impacto da inovação tecnológica no crescimento industrial brasileiro. A dinâmica da inovação nos setores selecionados foi analisada, procurando-se destacar suas características tecnológicas e as mudanças, no período estudado, da produtividade dos fatores de produção.

Palavras Chaves: Economia da Tecnologia, Inovação Tecnológica, Patentes

Abstract

This work belongs to a broader class of studies about technological change and its importance to economic development. It aims to contribute to a line of research that analyses technological innovations and its effects on Brazilian industrial growth, giving special attention to the extraction and mineral transformation sectors.

The Brazilian industry aggregate production function is estimated, using panel data, for twenty one industrial sectors and for the 1988-1995 period. The data sources were the PIA - Pesquisa Industrial Anual of IBGE - for production data, and the YTC - Yale Technology Concordance - for patent data.

The estimated model allows for a ranking of industrial sectors by their level of technological progress. The parameters of the model, with patent registration data, are used to construct measures of the impact of technological innovation on Brazilian industrial growth. The sector's innovation dynamics are also analyzed, emphasizing their technological characteristics and calculating the change over time of production factor's indexes of productivity.

Keywords: Economy of Technology, Technological Innovation , Patents

INTRODUÇÃO

Compreender as razões pelas quais o Brasil não tem crescido nas últimas décadas é uma tarefa ampla que precisa ser estudada num contexto maior, onde cada área de conhecimento pode dar a sua contribuição.

O estudo das mudanças tecnológicas e suas implicações para o crescimento econômico tem sido objeto de análise nos países em desenvolvimento desde muitas décadas. Por outro lado, os países em desenvolvimento têm feito um grande esforço na promoção do crescimento econômico, através do exercício do poder político, nessa segunda metade do século XX.

O processo de desenvolvimento é um fenômeno político, econômico e social de grande envergadura para os países em desenvolvimento que almejam alcançar os padrões de bem estar social dos países de economia madura.

A maior dificuldade na compreensão deste processo deve-se à diversidade entre os países. Os estudiosos do crescimento econômico têm procurado compreender as razões pelas quais alguns países conseguem diminuir esta distância em relação aos países desenvolvidos, como os NIC's - Newly Industrialized Countries, enquanto outros países não apresentam os mesmos resultados. Por outro lado, países como os Estados Unidos têm experimentado um crescimento econômico, sustentado por muitos anos sem apresentar sinais de reversão do processo.

A importante pergunta que se faz ao se estudar o crescimento econômico é o que causa ou não a prosperidade dos diversos povos. BARRO (1997), através de um estudo empírico a respeito de diferenças entre, aproximadamente, cem países, desde o ano 1965, identificou fatores básicos que propiciaram o crescimento econômico: o alto nível de escolaridade da população, a saúde (medida pela expectativa de vida), a baixa fertilidade, o comprometimento da sociedade com as leis e os termos de comércio exterior favoráveis ao país.

Analisando alguns indicadores econômicos, observa-se que o desempenho do Brasil foi um dos piores na América Latina nos últimos anos e tem-se, também, um retrato claro por que a década de 80 é chamada de perdida. O período de 1988 a 1995, objeto de estudo, foi marcado por crises

econômicas e recessão, em todos os setores, da economia do Brasil. As taxas de crescimento médio do PIB brasileiro apresentaram uma queda devastadora entre os anos de 1990 - 1994. Essa taxa passou de 4,5%, nos anos de 1985 - 1989, para 0,8% no período de 1990-1994 e só voltou a se recuperar em 1995.

A desaceleração do crescimento econômico na década de 80 foi comandada pela indústria e refletia os desequilíbrios, tanto externos quanto internos, da economia do país. Nova fase, na economia, se inicia após 1994, com o Plano Real que foi bem sucedido, tendo em vista seus resultados permanentes.

Os anos 90 foram considerados por BAUMANN et al (2000) como a década das reformas no Brasil. Analisando a história econômica recente, algumas ações já tinham ocorrido neste sentido no final da década de 1980, como as primeiras privatizações e a liberação do comércio exterior, além da concepção da chamada Nova Política Industrial e Tecnológica. O período estudado, portanto, representou uma mudança de rumo na economia com reflexos em vários aspectos da vida do país.

Esse estudo pretende contribuir com subsídios para entender as causas das diferenças no crescimento entre os diversos setores da indústria, no caso, a Indústria Extrativa Mineral e a Indústria de Transformação, no período de 1988 a 1995. A questão central é explicar as diferenças encontradas no desenvolvimento – entre e dentre os setores da indústria nos anos estudados.

O ponto de partida será estimar a função de produção agregada da indústria brasileira no período de 1988 a 1995. Será apresentado um método para se medir as diferenças no nível de inovação tecnológica dos setores industriais brasileiros.

A atividade de inovação tecnológica e sua contribuição para o crescimento da produção industrial será investigada através da variável patente. O aumento dessa atividade será avaliada do ponto de vista das patentes licenciadas por residentes no país ou da transferência de tecnologia estrangeira, através do licenciamento de patentes americanas no Brasil.

1. TEORIA DO CRESCIMENTO ECONÔMICO, INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SEUS INDICADORES

A inovação tecnológica, como motor do desenvolvimento, é o que diferencia, basicamente, a teoria clássica da neoclássica e abre novos caminhos para a teoria do crescimento econômico.

O modelo desenvolvido usa o instrumental da teoria neoclássica, iniciada com o estudo de Solow, e pretende compreender as causas das diferenças no crescimento econômico dos diversos setores industriais brasileiros, tentando incorporar a perspectiva de longo prazo ao analisar e utilizar a variável patente como um indicador de inovação tecnológica ao estudar a sua dinâmica nas indústrias extrativa e de transformação mineral, dando uma dimensão endógena à mudança tecnológica.

As estatísticas sobre patentes são apresentadas como indicadores de inovação tecnológica. A extensa literatura, através dos estudos empíricos analisados, comprova sua importância para o estudo do desenvolvimento econômico.

Por muitos anos os dados, as informações e as estatísticas sobre patentes têm fascinado economistas (GRILICHES, 1990). Existe uma extensa literatura econômica em que conceituados autores utilizam as estatísticas de patentes como medida de grau de inventividade.

Essa medida do grau de inventividade é utilizada para responder a várias questões importantes, tais como, o crescimento econômico, a mudança tecnológica, a posição de competitividade entre as firmas e os países e o dinamismo das estruturas industriais.

A carta patente¹ é concedida ao inventor após ser examinada do ponto de vista da novidade e da utilização potencial. Para poder obter o privilégio de patente, a invenção tem que apresentar um avanço no estado da técnica. A patente é um dado disponível em um grande número de países, apesar das dificuldades na sua utilização e interpretação. Existem princípi-

¹ Uma carta patente contém informações gerais como nome e endereço do inventor, pessoa física ou jurídica, cita o número de patentes e os trabalhos científicos relacionados com ela e descreve, de maneira bastante completa, a invenção que a motivou.

os gerais mundiais e normas específicas nacionais quanto aos sistemas de patentes mas, no entanto, o processo de decisão sobre a patenteabilidade de uma invenção varia entre os países.

Considerando, portanto, as diferenças entre os procedimentos adotados pelos órgãos que concedem patentes nos diversos países, existem variações, principalmente, em relação à qualidade das patentes entre os países e, muitas vezes, entre períodos num mesmo país.

Para GRILICHES (1990), além da diferença de qualidade, que seria a principal dificuldade para a utilização dos dados de patentes em análises econômicas, existe um outro problema adicional porque nem toda a inovação é patenteada. Ainda as patentes diferem entre si pelo seu significado técnico e econômico, pois muitas mostram pequenos avanços tecnológicos, com escasso valor econômico, enquanto poucas são extremamente valiosas.

Outra dificuldade mas que foi superada pelo YTC – Yale Technology Concordance, para a análise econômica dos dados sobre patentes, decorre da natureza técnica da sua classificação: as mesmas são classificadas por tipo de tecnologia de acordo com a IPC - International Patent Classification - o que impossibilita a alocação direta das mesmas por indústria ou grupo de produtos.

A fonte básica dos dados sobre patentes nesse estudo foi o banco de dados INPADOC - International Patent Documents Library², que registra e contabiliza as patentes de 80 países que utilizam a IPC e a estes dados foram aplicados a um modelo probabilístico, o YTC. Foram utilizados os dados de patentes do Brasil, aplicados a essa metodologia, segundo o modelo descrito no artigo de KORTUM e PUTNAM (1997).

O modelo probabilístico foi construído a partir do Canadian Patent Office que, desde 1972, classificou mais de 300.000 patentes por indústria. A premissa básica do modelo é que a probabilidade de uma patente vir a ser produzida ou utilizada por uma determinada indústria, só depende da

²Banco de Dados INPADOC para 80 países via STN online services, com direitos autorais nos Estados Unidos para o banco de dados da American Chemical Society.

tecnologia contida na patente, não importando o país que a gerou ou a data em que a patente foi concedida.

Portanto, as probabilidades condicionadas³, estimadas a partir dos dados do modelo do Canadá, podem ser aplicadas a qualquer país e a qualquer período, bastando para isso o conhecimento da tecnologia da patente. O YTC consiste na estimativa dos conjuntos de probabilidades condicionais, tendo como base os dados do Canadá e aplicados às estatísticas dos demais países.

A relação entre atividade inovadora e patente tem sido estudada, tanto através de formulações teóricas, quanto de estudos empíricos. Os trabalhos empíricos, podem ser melhor entendidos através do modelo de função de produção do conhecimento proposto por GRILICHES (1990), apresentado na Figura 1.

Essa figura mostra a relação entre as duas variáveis: o indicador quantitativo de número de invenções e os gastos com pesquisas, e os resultados esperados da inovação tecnológica como, por exemplo, o crescimento econômico, facilitando a compreensão de parte importante das discussões e dos trabalhos dessa área de estudos, apesar do grande número de simplificações.

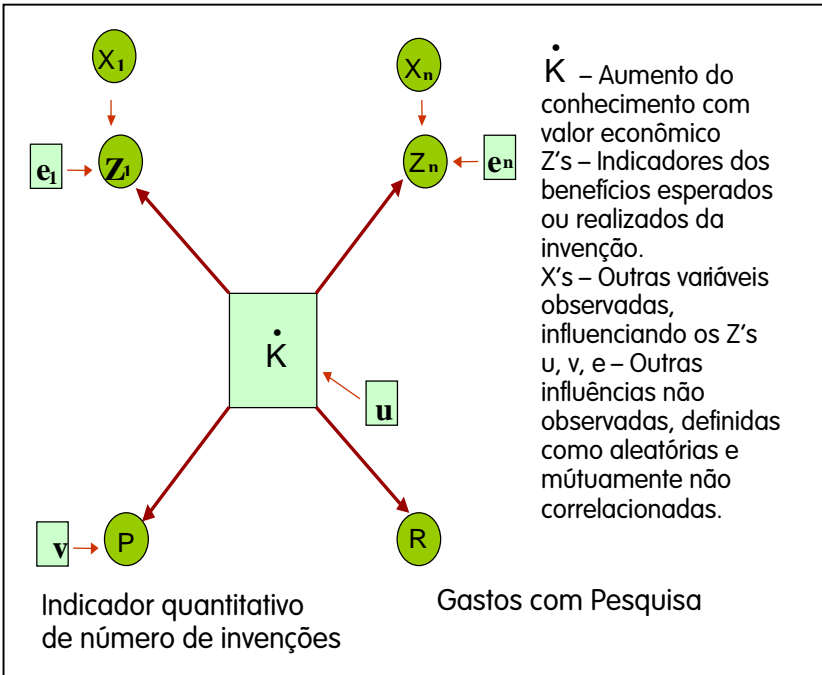
Na função de produção do conhecimento, \dot{K} é a variável não observada que se deseja medir e representa o novo conhecimento aplicado ao processo produtivo, ou seja, uma medida de inovação⁴. Tendo em vista que \dot{K} é estocástica, o termo u pode refletir mudanças de eficiência e impactos de outras variáveis não medidas pelo modelo.

P é um indicador quantitativo do número de invenções e por ser um indicador não observável diretamente, na maioria dos trabalhos se utiliza a variável Patente, existindo um erro associado que é representado na figura pelo termo v . Por outro lado, a variável R mede os recursos investidos em

³ Suponha que existam três tecnologias (A, B, C) e duas indústrias (1 e 2). Pode-se construir uma matriz que mostre a probabilidade de uma patente, classificada como tecnologia A, B ou C, estar associada a uma das indústrias ou a duas. Como exemplo, a tecnologia A pode ter a probabilidade de estar igualmente associada à indústria 1 (50%) ou 2 (50%), a tecnologia B pode estar mais ligada à indústria 3 (70%) do que à indústria 1 (30%) e, por último, a tecnologia C pode estar totalmente associada à indústria 1 (100%).

⁴ No sentido dado por Schumpeter.

atividade inventiva, usualmente gastos com P&D ou o número de cientistas/pesquisadores diretamente ligados à produção de \dot{K} e é considerado um insumo (medida de input) para a inovação. As variáveis que se pretende explicar, ou seja, o produto da inovação como crescimento de produtividade ou outras medidas de crescimento econômico são representados no diagrama como Z 's.



Fonte: Pakes; Griliches, (1984) apud Griliches, 1990.

Figura 1 - Função de produção do conhecimento

A literatura internacional e os estudos desenvolvidos para as economias mais avançadas apresentam basicamente os dois indicadores apresentados no diagrama para o processo de inovar: (1) o número de invenções patenteadas, como resultado do progresso técnico (output), (2) o gasto com P&D ou número de pessoas envolvidas em atividade de P&D como medida de fonte (input) do progresso técnico.

Por outro lado, nos estudos aplicados às economias em desenvolvimento, os indicadores de desempenho tecnológico geralmente levam em conta um terceiro indicador que é a absorção de conhecimento técnico-

científico, introduzido nos produtos e processos industriais desenvolvidos em outros países.

O desenvolvimento tecnológico pode ser promovido tanto através dos investimentos diretos estrangeiros, como pela absorção de tecnologia embutida em máquinas e equipamentos importados.

As cópias e as adaptações da tecnologia estrangeira são tão importantes, quanto à geração de inovações, o que faz com que as estatísticas sobre a transferência de tecnologia sejam considerados como importantes indicadores de inovação tecnológica. Pode-se, portanto, no caso do Brasil, considerar as estatísticas sobre os contratos de Licenciamento da Transferência de Tecnologia como um indicador do progresso técnico.

Uma questão a ser abordada nesse trabalho é a relação entre o desenvolvimento da tecnologia nacional e a obtenção de tecnologia estrangeira, através das variáveis: patentes de domiciliados no Brasil e patentes de outros países licenciadas no país. Pode-se considerar essas últimas como parte de um pacote de compra de tecnologia no exterior e portanto um indicador de transferência de tecnologia.

2. ARCABOUÇO TEÓRICO

O modelo desenvolvido nessa seção investiga a importância da mudança tecnológica para o crescimento do setor industrial no Brasil. Serão usados os dados dos setores da indústria, com o objetivo de se estimar a função de produção agregada.

Para separar os efeitos da mudança tecnológica do impacto do aumento das quantidades dos insumos, é preciso utilizar-se de um arcabouço teórico. A função de produção possibilita separar esses impactos e com esse objetivo foram selecionadas as variáveis: valor real da produção de bens finais, número de pessoas ligadas à produção e número de pessoas na administração, valor real do consumo de energia e de combustível, ativo real total, royalties, patentes de domiciliados no Brasil e patentes de americanos no Brasil.

A PIA⁵ - Pesquisa Industrial Anual do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística⁶ foi utilizada como fonte de dados na estimação da função de produção para os anos de 1988 a 1995, considerando-se que não houve a pesquisa no ano de 1992. Os dados de patentes foram extraídos do trabalho de JOHNSON e EVENSON (1998), construídos utilizando-se a metodologia do YTC - Yale Technology Concordance, a partir dos dados dos anos de 1985, 1990 e 1995.

⁵ Os dados originais estão expressos em diferentes unidades monetárias: milhões de cruzados (1988), milhões de cruzados novos (1989), milhões de cruzeiros (1990 a 1992), milhões de cruzeiros reais (1993) e, por fim, milhares de reais (1994 e 1995). Obter os dados de 1988, 1989, 1990, 1992, 1993 e 1994 em valores constantes e na mesma unidade monetária foi tarefa difícil, que exigiu muito rigor e cuidado. Considerando 1995 como ano base, os dados foram deflacionados para preços constantes deste ano, através de um deflator implícito.

⁶ No momento da elaboração do trabalho, tanto os dados da PIA-IBGE como os dados do YTC só estavam disponíveis até o ano de 1995.

2.1 FORMULAÇÃO DO MODELO DE FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

Na estimação das funções de produção setoriais, será adotada uma única equação que permite lidar com as diferenças, possivelmente existentes, nos níveis de tecnologia adotados em cada setor e ao longo do tempo. Será estimada uma forma funcional que, acredita-se, permite obter o impacto, nas funções de produção setoriais, das mudanças tecnológicas ocorridas nos setores ao longo do tempo.

A hipótese que está sendo utilizada, é a de que os conceitos básicos da teoria da produção, usados na análise da empresa, podem ser também aplicados à função de produção agregada setorial, que pode ser estimada com o objetivo de estudar as diferenças de produtividade entre setores da economia.

A empresa, em determinado setor de atividade, ao decidir sobre o quanto produzir e o quanto utilizar de cada insumo, está restrita pelo seu conjunto das possibilidades de produção. O conjunto das possibilidades de produção depende da tecnologia disponível em um determinado momento. O progresso técnico expande o conjunto das possibilidades de produção da empresa, permitindo novas combinações de insumos e/ou novos níveis de produção, dadas certas combinações desses insumos.

A função de produção⁷ é o subconjunto do conjunto das possibilidades de produção que permite obter a quantidade máxima de produto, por unidade de tempo, para cada combinação de insumos empregada neste mesmo período. Ela descreve a relação física entre insumos e produto, mostrando a taxa máxima pela qual os recursos são transformados em produto por unidade de tempo. Se a empresa está maximizando o lucro, ela sempre produzirá a quantidade máxima de produto possível dada a combinação de insumos escolhida (se a quantidade produzida não é aleatória).

A partir da função de produção, do tipo Cobb-Douglas, se chega a uma forma explícita para a equação (1). A equação resultante será utilizada para descrever e avaliar a evolução do processo produtivo dos diversos setores da Indústria no Brasil, no período de 1988 a 1995 e é apresentada a seguir:

⁷ Ela descreve, por exemplo, como insumos (escavadeiras, moinhos, engenheiros e operários) se combinam para produzir minério de ferro aglomerado como pellet.

$$Y_{it} = A_i T_{it}^{\alpha_1} P_{it}^{\alpha_2} N_{it}^{\alpha_3} E_{it}^{\alpha_4} C_{it}^{\alpha_5} R_{it}^{\alpha_6} e^{\alpha_7 B_{it}} e^{\alpha_8 U_{it}} e^{\alpha_9 D_1} e^{\alpha_{10} D_2} e^{\varepsilon_{it}} \quad (1)$$

Onde:

Y_{it} = Valor real da produção de bens finais do setor i, no ano t;

A_i = Intercepto específico do setor i;

T_{it} = Ativo real total do setor i, no ano t;

P_{it} = Número de trabalhadores na produção no setor i, no ano t;

N_{it} = Número de trabalhadores em atividades administrativas no setor i, no ano t;

E_{it} = Valor real do consumo de energia elétrica no setor i, no ano t;

C_{it} = Valor real do consumo de combustíveis no setor i, no ano t;

R_{it} = Royalties pagos pelo setor i, no ano t;

B_{it} = Patentes de domiciliados no Brasil referentes ao setor i, no ano t;

U_{it} = Patentes americanas no Brasil referentes ao setor i, no ano t;

D_1 = variável dummy⁸ para 1989;

D_2 = variável dummy para 1991

ε_{it} = distúrbio referente ao setor i, no ano t;

Calculando o logaritmo da equação (1), temos uma equação linear que pode ser estimada, utilizando os métodos de estimação, descritos na próxima seção.

$$\begin{aligned} \text{Log } Y_{it} = & \log(A_i) + \alpha_1 \log(T_{it}) + \alpha_2 \log(P_{it}) + \alpha_3 \log(N_{it}) + \alpha_4 \log(E_{it}) + \\ & \alpha_5 \log(C_{it}) + \alpha_6 \log(R_{it}) + \alpha_7 B_{it} + \alpha_8 U_{it} + \alpha_9 D_1 + \alpha_{10} D_2 + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

A metodologia utilizada, para estimar a função de produção foi a de dados em painel, combinando-se dados de corte transversal⁹ com os dados temporais¹⁰ através da abordagem de efeitos fixos e aleatórios.

Na abordagem de efeitos fixos, o modelo assume que as diferenças, envolvendo eficiência técnica entre as unidades (setores), podem ser medi-

⁸ Variáveis podem ser quantitativas (pessoal na produção, consumo de energia, etc) e qualitativas ou dummies (sexo, raça, ano de 89 ou não)

⁹ Ou análise “cross section” mantém-se o tempo constante e examina-se o comportamento das variáveis para cada setor industrial.

¹⁰ Ou análise “times series” examina-se o comportamento dos setores industriais ao longo do tempo.

das através do intercepto a_1 . Também é possível que as inclinações (os a s) variem entre os setores, mas essa hipótese não será investigada nesse trabalho. O modelo com efeitos aleatórios trata os termos específicos de cada setor, como sendo distribuídos, aleatoriamente, entre as unidades de corte transversal. Esta abordagem é diferente da anterior, na medida em que, no modelo de efeitos fixos, assume-se que as diferenças, entre estas unidades, possam ser vistas como mudanças paramétricas da função de regressão.

Ao se utilizar dados em painel, há maior flexibilidade na modelagem das diferenças existentes entre as unidades observadas. No entanto, é preciso se ter uma amostra grande, bastante informativa a respeito dos parâmetros a serem estimados. Nesse estudo serão utilizadas 9 variáveis de 21 setores da indústria brasileira, portanto, uma amostra com 63 observações.

2.2 MEDIDAS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA POR SETORES DA INDÚSTRIA

O modelo estimado, com efeitos aleatórios, apresentou melhores resultados, com as variáveis selecionadas apresentando coeficientes bastante significativos, dentre eles o da variável patentes americanas no Brasil. A tabela, a seguir, apresenta a função de produção estimada com efeitos fixos e aleatórios para os setores da indústria.

Tabela 1 - Estimativa de funções de produção para os setores da indústria

	ANOS	CONST. ¹¹	PESSOAL	PESSOAL	ENERGIA	PATENTES	D89	D91	R ²
			PROD.	ADM.		USA			
EFEITOS FIXOS	88-90-95		0,908 (0,218)	0,329 (0,144)	0,538 (0,152)	0,0005 (0,001)	-0,22 (0,056)	0,259 (0,096)	0,99
			t=4,17	t=2,281	t=3,534	t=0,314	t=-3,93	t=2,756	
EFEITOS ALEATÓRIOS	88-90-95	3,282 (0,632)	0,213 (0,095)	0,561 (0,106)	0,302 (0,069)	0,002 (0,001)	-0,152 (0,051)	0,152 (0,057)	0,98
		t=5,19	t=2,233	t=5,297	t=4,382	t=2,647	t=-2,96	t=2,663	

¹¹ É o termos constante, o intercepto a_1 da função de produção.

Os coeficientes das variáveis que se mostraram significantes são: trabalhadores na produção, trabalhadores na administração, valor real do consumo de energia, patentes de americanos no Brasil e as duas variáveis dummies para tempo, considerando efeitos fixos e a constante e o estimador μ_i para os efeitos aleatórios.

Na função de produção Cobb-Douglas, os interceptos (a_i , m_i e b_i) são uma medida de inovação tecnológica e dão o nível de progresso técnico de cada setor da indústria, pois descrevem a tecnologia através da qual variáveis como energia, trabalhadores e outros insumos, se transformam em produto e/ou valor da produção de bens finais. A Tabela 2, a seguir, apresenta essa medida, para os efeitos fixos e aleatórios para cada setor da indústria brasileira.

Tabela 2 - Medida de inovação tecnológica – nível

	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios $\beta = 3,282$
	Intercepto (a_i)	μ_i
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral		
Extração de Minerais Metálicos	-3,994	0,26
Extração de Minerais Não Metálicos	-4,008	-0,17
Fabricação de Cimento e Clinquer	-3,657	0,06
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento	-3,464	0,16
Fabricação de Vidro	-3,741	0,14
Fabricação outros produtos Minerais Não metálicos	-5,146	-0,11
Siderurgia	-5,336	0,05
Metalurgia dos Não Ferrosos	-4,965	-0,01
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	-4,722	-0,26
Fabricação de outros produtos Metalúrgicos	-5,14	-0,02
Outras Indústrias		
Máquinas e Equipamentos	-5,142	-0,04
Indústria Elétrica, Eletrônica e de Comunicação	-4,894	0,13
Transporte	-5,044	0,36
Madeira	-5,344	-0,15
Indústria de Papel e Gráfica	-5,292	-0,1
Indústria de Borracha e Plástico	-5,245	-0,1
Indústria Química	-4,974	0
Indústria de Produtos Farmacêuticos	-3,607	0,39
Indústria Têxtil	-6,342	-0,13
Produtos Alimentares	-6,04	-0,12
Indústria Diversas	-4,251	-0,2

Deslocamentos da função de produção são, no caso de efeitos fixos, a constante estimada para cada setor da indústria brasileira (a_i), e, no caso de efeitos aleatórios, além de b (que não varia no tempo), o termo μ_i que é uma medida de variabilidade entre os setores.

Outra medida mais completa de inovação tecnológica inclui a informação sobre o efeito das patentes e sua evolução no período estudado – 1988-1990-1995. Essa medida, apresentada na Tabela 3, foi construída a partir da estimativa de efeitos aleatórios e obtida, somando-se o intercepto b , μ_i (que varia para cada setor da indústria) e o coeficiente estimado da variável patente americana no Brasil multiplicado, pela proporção de patentes por setores de indústria¹².

Tabela 3 - Medida de inovação tecnológica – evolução

	1985	1990	1995
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral			
Extração de Minerais Metálicos	3,6435	3,6467	3,5948
Extração de Minerais Não Metálicos	3,2135	3,2167	3,1648
Fabricação de Cimento e Clinquer	3,4226	3,4062	3,4015
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento	3,5226	3,5062	3,5015
Fabricação de Vidro	3,5026	3,4862	3,4815
Fabricação outros produtos Minerais Não-metálicos	3,2526	3,2362	3,2315
Siderurgia	3,3806	3,3901	3,3699
Metalurgia dos Não Ferrosos	3,3109	3,3241	3,3016
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	3,1980	3,1659	3,1533
Fabricação de outros produtos Metalúrgicos	3,4380	3,4059	3,3933
Outras Indústrias			
Máquinas e Equipamentos	3,6675	3,5186	3,5286
Elétrica, Eletrônica e de Comunicação	3,9770	3,8302	3,9370
Transporte	3,9778	3,8782	3,8802
Madeira	3,1641	3,1547	3,1564
Papel e Gráfica	3,3005	3,3207	3,3334
Borracha e Plástico	3,4812	3,4704	3,4170
Química	3,9099	3,8673	3,8264
Produtos Farmacêuticos	3,8480	3,8368	3,9285
Têxtil	3,2786	3,2469	3,2450
Produtos Alimentares	3,2657	3,2647	3,2991
Diversas	3,2150	3,1875	3,2179

¹² O intercepto que vai dar a nova medida de inovação na Tabela 3 pode ser escrita como $\text{Log } A_i + m_i + a_i U_{it}$

Nas indústrias extrativas e de transformação mineral, a tendência da evolução de inovação tecnológica foi de queda. Mantiveram-se como indústrias com o maior nível tecnológico, de 1985 até 1990, apesar de queda no período, as indústrias Extrativa de Minerais Metálicos e a Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento e Clinquer

As únicas indústrias que apresentaram evolução no período, considerando as demais indústrias, foram: Produtos Farmacêuticos, Produtos Alimentares e Papel e Gráfica.

Os resultados apresentados nas tabelas 2 e 3 possibilitam a construção de ordenamentos dos setores da indústria, por nível tecnológico, considerando também sua evolução no período de 1985 a 1995.

A tabela 4 seguinte apresenta os dois ordenamentos, considerando o nível tecnológico (μ_i) e a evolução no período ($\log A_t + \mu_i + a_t U_{it}$), ano de 1995.

Tabela 4 - Ordenamento das indústrias por nível e evolução tecnológica

	EFEITOS ALEATÓRIOS UI	RANK	EVOLUÇÃO 1995	RANK
Produtos Farmacêuticos	0,39	1	3,92	2
Transporte	0,36	2	3,88	3
Extração Minerais Metálicos	0,26	3	3,59	5
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento	0,16	4	3,5	7
Fabricação de Vidro	0,14	5	3,48	8
Elétrica, Eletrônica e de Comunicações	0,13	6	3,93	1
Fabricação de Cimento e Clinquer	0,06	7	3,4	10
Siderurgia	0,05	8	3,36	11
Química	0	9	3,82	4
Papel e Gráfica	-0,1	10	3,33	12
Borracha e Plástico	-0,1	10	3,41	9
Metalurgia dos Não-Ferrosos	-0,1	10	3,3	13
Diversas	-0,2	11	3,21	17
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	-0,2	11	3,23	16
Máquinas e Equipamentos	-0,4	12	3,52	6
Fabricação de Outros Produtos Minerais Não-Metálicos	-0,11	13	3,23	16
Produtos Alimentares	-0,12	14	3,29	14
Têxtil	-0,13	15	3,24	15
Madeira	-0,15	16	3,15	19
Extração de Minerais Não-Metálicos	-0,17	17	3,16	18
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	-0,26	18	3,15	19

No primeiro ordenamento, a indústria de Produtos Farmacêuticos é a de maior nível tecnológico, seguida de Transportes e da Extração de Minerais Metálicos.

Levando-se em conta o efeito de patentes e sua evolução no período, houve uma alteração no ordenamento, pois a indústria Elétrica, Eletrônica e de Comunicações passou a estar em primeiro lugar, seguida de Produtos Farmacêuticos e Transportes. A Extração de Minerais Metálicos passou de terceiro lugar, no primeiro ordenamento, para o quinto lugar, no segundo. A indústria de Papel e Gráfica, que antes estava em nono lugar, passou a ser a quarta colocada no segundo ordenamento.

Finalizando, foram apresentadas as diferenças de nível e de evolução tecnológica, nos anos de 1985-1990-1995, entre os setores da indústria brasileira. O objetivo foi trazer subsídios, para o melhor entendimento das causas e das diferenças no crescimento econômico, entre os diversos setores industriais. O próximo capítulo, pretende analisar, do ponto de vista da inovação tecnológica, setores importantes da indústria extrativa e de transformação mineral.

3. DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E PRODUTIVIDADE: SETORES SELECIONADOS

Nessa seção será avaliado o estágio de desenvolvimento tecnológico da Indústria Extrativa e de Transformação Mineral no período de 1988 a 1995. O estudo compreende indústrias, com um certo grau de homogeneidade tecnológica quanto aos processos produtivos e seus produtos, como por exemplo as Indústrias Siderúrgica e do Alumínio. Por outro lado, compreende também segmentos industriais que apresentam diferenças quanto a tecnologia empregada.

Procurar-se-á destacar, a dinâmica da inovação no setor e o seu grau de atualização tecnológica. Cada segmento será analisado, destacando-se suas características tecnológicas e produtividade dos fatores de produção. Os dados utilizados, para cada um dos setores analisados, possibilitou uma análise da produtividade dos fatores de produção: trabalho (pessoal ligado a produção e pessoal na administração) e capital (energia). O aumento de produtividade pode ser o resultado da melhor qualidade da mão de obra (educação), da utilização de máquinas e equipamentos mais eficientes, assim como de novas técnicas de gestão e de novas tecnologias.

Serão analisados nesse capítulo, além da Siderurgia e da Indústria do Alumínio (classificada pelo IBGE como uma das indústrias do segmento da Metalurgia dos Não Ferrosos), a Extração de Minerais Metálicos e a Indústria do Cimento (composta pela Fabricação de Cimento e Clinquer e pela a Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibrocimento).

Dentre as indústrias extrativas e de transformação mineral foram escolhidas para essa análise aquelas que se mostraram mais inovadoras, a Indústria de Cimento e a Extrativa de Minerais Metálicos, adotando-se a medida de inovação tecnológica (Tabela 2) calculada pelo modelo apresentado na seção anterior.

A escolha da indústria do alumínio, dentro do segmento da Metalurgia dos Não-Ferrosos, se deve ao fato que é a mais importante indústria

desse setor no país¹³. Segundo DAMASCENO (1995), o Brasil apresenta grande disponibilidade de recursos minerais e capacidade de produção de metais não ferrosos, com exceção do chumbo.

As indústrias de insumos básicos, como é o caso da Siderurgia e da Indústria do Alumínio, tiveram elevados investimentos públicos no II PND- Plano Nacional de Desenvolvimento, fato que promoveu o grande desenvolvimento do setor, acompanhado de um acentuado processo de modernização tecnológica. Em contrapartida, outros setores industriais não apresentaram o mesmo grau de desenvolvimento e de modernização tecnológica.

O cenário internacional, nos anos 80, indicava que o progresso tecnológico dos processos produtivos se encaminhava para a crescente automação e também para a difusão de novas técnicas de organização do trabalho. Essas novas técnicas organizacionais estavam ainda pouco difundidas no Brasil. Em relação a automação industrial, a defasagem tecnológica da indústria brasileira, poderia, em parte, ser explicada pela reserva de mercado da informática, que contribuiu para dificultar a importação de equipamentos e manter os bens eletrônicos estrangeiros com altos preços, quando não existia correspondência em qualidade nos produtos nacionais.

No processo de modernização tecnológica, as empresas brasileiras, de maneira geral, sempre investiram poucos recursos com P&D. A maneira mais comum de ter acesso à tecnologia foi e, tem sido, através de licenciamento de tecnologia no exterior.

3.1 SIDERURGIA

O processo siderúrgico pode ser resumido a três fases de produção: redução, refino e transformação. A fase de redução consiste em se obter o ferro gusa no alto forno através da redução do minério de ferro, o refino consiste em converter o ferro gusa em aço bruto nas aciarias e a partir deste aço bruto chega-se, através da transformação, aos laminados planos e não planos.

¹³ Em 1988 a produção de alumínio correspondia a 52%, o cobre 12% e o zinco 13%, em 1995 o alumínio passou a 70%, o cobre para 10% e o zinco 12% (Anuário Estatístico- Setor Metalúrgico- MME, 1999)

Os insumos básicos, na fase de redução, são o minério de ferro e o carvão mineral ou o vegetal. São grandes e de excelente qualidade as reservas brasileiras de minério de ferro, o que não ocorre com o carvão mineral. A tecnologia utilizada nesta fase, com modernos alto fornos a coque, já estava bastante atualizada tecnologicamente no período estudado.

A tecnologia de refino, utilizada no Brasil, era das mais modernas do mundo. Por outro lado, a etapa de transformação era a menos atualizada tecnologicamente, pois ainda havia pouca difusão da automação industrial, ainda sob efeito da reserva de mercado da informática.

No mercado internacional, a concorrência dos novos materiais indicava uma tendência para a produção de aço especiais. No entanto, o Brasil era um grande produtor de semi-acabados e de aço comum, sem a preocupação em produzir novos produtos com maior conteúdo tecnológico e maior valor agregado.

A Indústria Siderúrgica caracteriza-se por processos contínuos de produção que exigem elevadas escalas de produção e investimentos vultosos na sua implantação. É um setor intensivo em capital e com elevada concentração da produção industrial. Os fatores mais importantes da competitividade do setor são a escala de produção, o acesso a matéria – prima e a energia, além da eficiência na gestão dos processos.

O setor tornou-se prioritário no processo de privatização, por fugir das funções típicas de governo, e tendo em vista a importância das estatais na produção de aço que, no final da década de 80, era responsável por 70% da produção brasileira. O processo de privatização teve início com a USIMINAS em 1991, seguida da CSN em 1992.

Por se tratar de uma indústria madura e com tecnologia já consolidada, as mudanças técnicas no Brasil se resumiram, na maioria dos casos em aperfeiçoamento de processos, adaptações de tecnologia importada e otimização do rendimento operacional das usinas.

O desenvolvimento tecnológico do setor siderúrgico baseou-se no licenciamento de tecnologia dos países desenvolvidos. Os gastos em P&D pelas empresas eram bastante modestos e não se destinavam à inovação do produto, mas ao aperfeiçoamento de tecnologias já conhecidas.

Dentre as empresas do setor, somente a USIMINAS, a CSN e a ACESITA possuíam centros de pesquisa, exclusivamente voltados para as atividades de P&D. Portanto, as siderúrgicas estatais eram as que mais investiam em inovações, as siderúrgicas privadas investiam menos e as de capital estrangeiro (MANNESMANN e BELGO MINEIRA) dependiam, inteiramente, das suas matrizes no exterior.

Os maiores gastos relativos à pesquisa da siderurgia brasileira ficavam por conta da USIMINAS, atingindo 0,6% do faturamento da empresa e que pode ser considerada uma exceção à regra. Conforme Rinaldo Campos Soares, presidente da empresa, declarou ALVES (1996), “a vocação tecnológica nasceu do acerto que foi a parceria com os japoneses, detentores da melhor tecnologia na área siderúrgica”.

O que pode-se notar na análise dos dados do IBGE, das variáveis selecionadas, apresentados a seguir na Tabela 5, é a queda acentuada de todas elas, especialmente o número de trabalhadores ligados diretamente à produção, que empregava 113.390 pessoas em 1988 e apenas 77.731 em 1995. No entanto, o crescimento da produtividade média da mão de obra diretamente ligada à produção não foi tão grande. Por outro lado, a queda foi ainda mais dramática no pessoal administrativo que de 52.482 pessoas em 1988 passou para 19.745 em 1995, fazendo com que a produtividade média do trabalhador em atividades distintas, ditas administrativas, que exigem melhor qualificação, mais do que dobrassem.

Tendo em vista que o parque industrial permaneceu quase o mesmo no período, pode-se concluir que a Siderurgia passou por um ajuste de redução do efetivo de pessoal sem precedentes na história, principalmente, a partir de 1990, ano em que houve queda acentuada na produção como consequência da retração do consumo pós Plano Collor e, também, pelos ajustes já realizados nas empresas estatais, privatizadas ou em vias de privatização.

Tabela 5 - Siderurgia – variáveis selecionadas e produtividade média (1988-1990-1995)

	1988	1990	1995
1. Valor real da produção de bens finais	7.462.190	6.932.804	6.095.303
2. Pessoal na produção	113.390	114.539	77.731
Produtividade média (1/2)	66	61	78
3. Pessoal administrativo	52.482	42.470	19.745
Produtividade média (1/3)	142	163	309
4. Valor real do consumo de energia	630.885	636.569	489.975
Produtividade média (1/4)	12	11	12

Fonte: PIA-IBGE

Obs: O valor real da produção de bens finais e o valor real do consumo de energia estão em mil reais de 1995. Pessoal na produção e administrativo corresponde ao número de pessoas empregadas no setor.

Em relação a energia elétrica, os dados do IBGE mostram que o valor real do consumo de energia caiu cerca de 22%, no entanto, a produtividade média da energia permaneceu constante no período, apesar da otimização dos processos de produção, como o executado pela USIMINAS, que através de um sistema de gerenciamento e de um programa de racionalização de energia, a médio e longo prazo, implantados no início dos anos 80, apresentou uma queda no consumo global de energia, e uma redução ainda mais drástica do consumo de óleo combustível na usina (OLIVEIRA, 1989).

O contraste era grande entre as empresas estatais, como a CSN, que em 1989 estava em agonia, com monumentais dívidas com fornecedores, linhas de produção paralisadas por falta de matéria-prima e salários com oito meses de atraso, outra, como a USIMINAS, mantinha-se como referência nacional, considerada líder do mercado de planos.

A conclusão que se pode tirar da análise da produtividade é que, apesar dos ajustes de pessoal e de racionalização do uso de energia, só houve crescimento de produtividade dos empregados não ligados diretamente

à produção, o que indica que atividades que exigem um nível de educação mais elevado como P&D - pesquisa e desenvolvimento - e outras podem ser mais produtivas para a empresa.

O índice de produtividade internacional¹⁴ era baixo em 1991. Entre as razões já apontadas anteriormente, como explicação da baixa produtividade da siderurgia brasileira, seria ainda a pouca difusão de automação industrial de base microeletrônica, que mantinha também baixa a produtividade do capital.

3.2 INDÚSTRIA DO ALUMÍNIO

O processo de produção do alumínio primário engloba as atividades de mineração da bauxita, a produção intermediária de alumina e sua redução eletrolítica, para a obtenção do alumínio.

A bauxita, através do processo Bayer desenvolvido em 1889, se transforma em alumina que é o óxido de alumínio. A produção de alumínio é feita a partir de eletrólise da alumina pelo processo Hall-Heroult com uma corrente elétrica contínua, de amperagem cada vez mais alta, desenvolvido em 1886. A intensidade desta corrente, medida em kilo-Amperes (kA), define a quantidade de metal depositada e tem sido continuamente aumentada desde o início do uso do processo, com o objetivo de reduzir custos de produção. Dentre os estágios do ciclo do alumínio (mineração-alumina-alumínio), o último é o mais intensivo em utilização de capital e de energia.

Na produção do alumínio, os principais insumos são a bauxita e a energia elétrica. O principal condicionante tecnológico de competitividade entre os produtores de alumínio, refere-se aos coeficientes de consumo energético e ao preço pago pela energia.

Trata-se de um setor com elevada economia de escala, fator que limita a entrada de novas empresas na produção, devido ao grande investimento inicial. As tecnologias das várias etapas do processo de produção do alumínio são amplamente difundidas e já incorporadas aos equipamentos.

¹⁴ Demorava-se onze horas para a produção de uma tonelada no Brasil, enquanto na Coreia do Sul este valor era de 6,7 e no Japão de 5,3 (COUTINHO, et al, 1993)

As empresas líderes, a nível mundial, são as responsáveis pelas inovações tecnológicas, desenvolvendo pesquisas e determinando o ritmo de sua difusão entre as empresas do setor.

As primeiras reduções de alumínio no Brasil foram instaladas, nas décadas de 40 a 60, utilizando o processo Hall-Heroult¹⁵ com anodos Soderberg, de auto-cozimento. Essa tecnologia, que permite utilizar amperagens de até 120 kA, não é tolerada atualmente para a produção acima de 100.000 t/a em um mesmo local, devido a emissões de resíduos da destilação do piche, considerados cancerígenos.

Por essa razão, os projetos mais recentes da ALBRAS e da ALUMAR, com capacidade superior a 300.000 t/a, foram projetados para usar tecnologia de anodos pré-cozidos de origem franco-nipônica e americana, respectivamente, que evitam o problema.

Também, a VALESUL, que pela sua escala inicial poderia usar a tecnologia da pasta Soderberg, optou, no entanto, pelos pré-cozidos com o objetivo de, no futuro, expandir a sua produção. Essa técnica utilizada pela VALESUL é a mesma usada pela Reynolds e da mesma geração da Pechiney, com pequena diferença na concepção do revestimento das cubas eletrolíticas de redução do alumínio.

A ALBRAS iniciou a produção de alumínio em meados de 1985, com a entrada em operação da primeira de quatro reduções, a Redução I com 240 fornos de 135 kA, semifechados. A escolha de tecnologia ultrapassada¹⁶, feita pelo sócio japonês da ALBRAS, foi resultado da falta de experiência da CVRD, sócio majoritário brasileiro no setor de alumínio.

¹⁵ As cubas dos fornos de redução revestidos de material carbonoso para recolher o metal produzido têm os blocos de eletrodos também de carbono cobertos ou não por uma superestrutura de aço para recolher os gases de redução. Os primeiros fornos eram abertos e os efluentes eram emitidos diretamente para o ambiente. À medida que o produção aumentou, os gases foram sendo recolhidos em fornos semi-fechados e, atualmente, os fornos são inteiramente fechados.

¹⁶ A ALUMAR da ALCOA já utilizava desde 1984 fornos fechados da melhor tecnologia disponível no mercado, com fornos de 180 kA.

A tecnologia utilizada na Redução I da ALBRAS foi modificada nas Reduções II, III e IV. Essa mudança no projeto original da tecnologia Pechiney-Mitsui, originalmente francesa dos anos 60 e transferida aos japoneses, permitiu a mudança de amperagem de 135 kA para 150 kA, o que aumentou a eficiência de corrente de 88% para 92%. A adaptação dos fornos da Redução I, sem paralisar a operação, foi demorada e ocorreu de 1988 a 1992.

Não existem gastos com P&D no setor de alumínio no Brasil, pois as empresas multinacionais utilizam resultados das pesquisas de suas matrizes no exterior. As empresas de capital nacional licenciam ou se associam a multinacionais. As indústrias de alumínio no Brasil sempre tiveram, como estratégia de inovação tecnológica, a transferência de tecnologia importada.

Os dados apresentados nesse estudo para alumínio estão incluídos na classificação de Metalurgia dos Não-Ferrosos, do IBGE, onde também se inserem outros produtos como o cobre, silício e zinco. Considerando que a indústria do alumínio é a de maior produção deste setor¹⁷, ao analisar-se os dados (Tabela 6) pode-se obter tendências da Indústria do alumínio.

Tabela 6 - Metalurgia dos Não-Ferrosos – variáveis selecionadas e produtividade média (1988-1990-1995)

	1988	1990	1995
1. Valor real da produção de bens finais	4.510.936	3.609.736	2.245.107
2. Pessoal na produção	58.321	53.289	31.455
Produtividade média (1/2)	77	68	71
3. Pessoal administrativo	22.490	20.250	11.825
Produtividade média (1/3)	201	178	190
4. Valor real do consumo de energia	461.107	414.471	445.657
Produtividade média (1/4)	10	9	5

Fonte: PIA-IBGE

Obs.: O valor real da produção de bens finais e o valor real do consumo de energia estão em mil reais de 1995. Pessoal na produção e administrativo correspondem ao número de pessoas empregadas no setor.

¹⁷ A produção foi de 1.184.600 toneladas no total de 1.706.000 toneladas da produção total de metais Não-Ferrosos primários (Anuário Estatístico-Sector Metalúrgico- MME, 1999)

Todas as variáveis selecionadas tiveram queda no período, somente o valor real do consumo de energia não apresentou quase nenhuma alteração. A queda no valor real da produção de bens finais ainda foi maior que a queda apresentada no setor siderúrgico. Observa-se que o número de pessoas trabalhando diretamente na produção e o de pessoas na administração caiu quase pela metade. O número de trabalhadores ligados à produção passou de 58 mil em 1988 para 31 mil em 1995, e de 22 mil para 12 mil, entre os trabalhadores não ligados diretamente à produção. No entanto, não houve crescimento de produtividade da mão de obra e sim uma discreta queda, tanto do pessoal ligado à produção quanto a do pessoal administrativo.

Apesar dos parâmetros técnicos da indústria do alumínio apontarem na direção de maiores ganhos de produtividade, decorrente de maior eficiência no uso de energia, houve uma queda significativa da produtividade média do valor do consumo de energia.

3.3 INDÚSTRIA DO CIMENTO

O cimento, ou cimento portland, é feito a partir da mistura proporcionada de calcário e argila, que calcinada em forno rotativo produz o clínquer. O clínquer, por sua vez, é misturado com uma pequena proporção de gesso ou outros aditivos que produz o cimento.

A indústria do cimento envolve desde as atividades de extração e beneficiamento do calcário e gipsita até a produção final do cimento e, nesse estudo, inclui a fabricação de peças e estruturas de cimento, concreto e fibrocimento (conforme classificação do IBGE).

O aumento da escala de produção exige investimentos iniciais cada vez mais elevados, tanto que levou a concentração na estrutura da indústria mundial de cimento. Cada vez mais as empresas maiores detêm e obtêm vantagens econômicas em relação às menores como consequência de maior eficiência e do seu maior porte. A tendência de concentração industrial pode ser observada através da venda de instalações e da fusão das empresas pequenas.

Segundo COUTINHO et al (1993), desde 1981, foram desativadas 37 fornos (cerca de 12% da capacidade total) em função da queda do consumo e da defasagem tecnológica. A concentração industrial do setor tam-

bém pode ser considerada como um dos fatores para a desativação dos fornos.

Ao se analisar a demanda por cimento, deve-se estudar a evolução da construção civil, que tem no cimento o seu principal insumo. Desde o final dos anos 60 até o início da década de 80, o Brasil viveu o chamado milagre econômico, quando houve grande incentivo à construção através do BNH - Banco Nacional de Habitação e à construção pesada, especialmente estradas, barragens, saneamento e edificações urbanas.

A queda do consumo interno aconteceu na década de 80 e causou um período de estagnação da produção de cimento no país. É importante notar que o comércio internacional do cimento é pequeno, tendo em vista o baixo valor unitário da tonelada do cimento e o alto custo do seu transporte. No período de 1968/1980, o consumo de cimento cresceu a uma taxa média de 12%. A recessão do início dos anos 80 fez com que a construção civil se retraísse e o consumo de cimento voltasse a crescer somente, em 1986, com a implementação do Plano Cruzado.

Em 1995, o consumo de cimento apresentava níveis inferiores àqueles relativos a 1980. A ausência de investimentos em infra-estrutura, grandes consumidores de cimento, assim como falta de financiamentos oficiais para a construção de habitações refletiam a prolongada recessão econômica.

A tecnologia para a produção do cimento é amplamente difundida no mundo, no entanto, houve nas últimas décadas a substituição da tecnologia de produção por via úmida para o um novo processo por via seca¹⁸. Segundo PROCHNIK (1998), as empresas produtoras de máquinas e equipamentos são as principais geradoras de progresso técnico, visto que a tecnologia está incorporada aos equipamentos produzidos por grandes empresas de engenharia e bens de capital. Os fornecedores desses insumos não possuem contratos de exclusividade com as firmas de cimento, o que possibilita o acesso de todos os produtores aos avanços tecnológicos, incorporados às máquinas e equipamentos.

¹⁸ Em 1994, a empresa de Cimento Mauá (unidade de Arcos) ainda estava em processo de modernização do processo de produção, substituindo o processo via úmida – em extinção no mundo inteiro- por um novo forno via seca (MARQUES,M.; ALVES,F.,1993).

A maior capacitação tecnológica é uma arma de competição entre as empresas produtoras de cimento, em todas as fases do projeto da empresa, na medida em que um maior conhecimento técnico melhora as condições para negociar com os fornecedores de equipamentos.

Entre as principais modificações na economia das empresas de cimento, que se intensificou no período estudado, foi a diminuição do número de empresas nacionais de administração familiar e o aumento das empresas de capital estrangeiro. Em relação à gestão das empresas, observa-se no período uma preocupação com a adoção de novas estratégias organizacionais, visando a obtenção de condições competitivas pela elevação da qualidade e produtividade. No entanto, na prática, verificava-se ainda uma atuação empresarial, através de métodos e técnicas gerenciais ainda bastante ultrapassados.

Tabela 7 - Cimento – variáveis selecionadas e produtividade média (1988-1990-1995)

	1988	1990	1995
1. Valor real da produção de bens finais	1.885.388	1.763.882	1.885.434
2. Pessoal na produção	36.994	31.446	20.065
Produtividade média (1/2)	51	56	94
3. Pessoal administrativo	19.107	16.350	11.365
Produtividade média (1/3)	99	108	166
4. Valor real do consumo de energia	210.230	144.396	153.344
Produtividade média (1/4)	9	12	12

Fonte: PIA-IBGE

Obs.: O valor real da produção de bens finais e o valor real do consumo de energia estão em mil reais de 1995. Pessoal na produção e administrativo correspondem ao número de pessoas empregadas no setor.

A análise sobre a demanda de cimento pela construção civil, que permaneceu relativamente estável após o Plano Cruzado e antes do Plano Real, corresponde aos dados da tabela apresentada acima (Tabela 7) que representam a oferta de cimento através do valor real da produção de bens finais, no período de 1989 a 1995.

A mão de obra, tanto do pessoal ligado diretamente à produção quanto ao administrativo, apresentava a mesma tendência de queda acentuada

das indústrias já analisadas, chegando a quase metade do nível de emprego de 1988, no ano de 1995. A indústria de cimento apresentou um comportamento igual ao das indústrias Siderúrgicas e do Alumínio no tocante as variáveis de mão de obra. No entanto, de maneira distintas das demais indústrias analisadas, a produtividade média desses fatores quase dobrou entre os anos de 1988 a 1995.

Esse aumento de produtividade está ligado à inovação tecnológica, embutida na utilização de máquinas e equipamentos, assim como a inovação tecnológica representada pela passagem do processo de via úmida para o processo via seca.

3.4 EXTRAÇÃO DE MINERAIS METÁLICOS

Trata-se, basicamente, da extração e do beneficiamento de minério de ferro e da bauxita. A PMB - Produção Mineral Brasileira - apresentou, para o ano de 1995, a produção de 248.571 mil toneladas de minério de ferro e 15.039 mil toneladas de bauxita para a produção de alumínio.

Tanto a extração de minério de ferro, quanto a extração da bauxita são indústrias intensivas em capital. O sistema de operação convencional caracteriza-se em: mina, usina de beneficiamento, transporte (ferrovia ou mineroduto) e instalações portuárias.

Outra característica do setor é o longo período de maturação dos projetos, que requerem prospeção geológica e pesquisa tecnológica, atividades de alto risco, assim como a instalação da infra-estrutura, que pode, além de dispendiosa, implicar em longa espera para o início de operação.

Segundo o COUTINHO et al (1993), as principais barreiras à entrada neste setor, além do caráter institucional relativo aos direitos de lavra, são: a escala de produção, o volume de capital necessário para a implementação do projeto e o escoamento da produção.

A produção brasileira não apresenta defasagem em relação à adoção de novas tecnologias. A tecnologia utilizada na atividade de mineração, em geral, é bastante disseminada entre os produtores e no caso da mineração de minerais metálicos, tendo em vista a escala de produção, envolve tecnologia embutida de alto nível nas máquinas e equipamentos.

A extração de minério de ferro foi beneficiada por uma conjuntura favorável no mercado externo no início da década de 90, num momento de situação econômica difícil para o país.

A tabela seguinte apresenta as variáveis selecionadas para análise nesse estudo. Em relação ao valor da produção de bens finais, houve uma mudança de patamar no ano de 1990, que significou um aumento de 46% em relação ao ano de 1988.

Tabela 8 - Extração de Minerais Metálicos variáveis selecionadas e produtividade média (1988-1990-1995).

	1988	1990	1995
1. Valor real da produção de bens finais	1.548.232	2.266.933	2.575.789
2. Pessoal na produção	28.655	24.907	19.261
Produtividade média (1/2)	54	91	134
3. Pessoal administrativo	12.592	12.272	6.479
Produtividade média (1/3)	123	185	398
4 Valor real do consumo de energia	103.396	128.407	153.734
Produtividade média (1/4)	15	18	17

Fonte: PIA-IBGE

Obs.: O valor da produção de bens finais e o valor do consumo de energia estão em mil reais de 1995. Pessoal na produção e administrativo correspondem ao número de pessoas empregadas no setor.

A mesma tendência das demais indústrias foi a de queda na força de trabalho. O pessoal, ligado diretamente à produção, diminuiu em 33%, entre o ano de 1988 a 1995, e o pessoal administrativo em 49%. No entanto, houve um aumento de produtividade excepcional tanto da mão de obra qualificada, quanto da ligada diretamente à produção. Basicamente, as mudanças na produtividade podem ser atribuídas ao aumento de eficiência das máquinas e equipamentos empregados nas grandes minerações. O valor real do consumo de energia teve um aumento gradativo, enquanto a produtividade média da energia permaneceu estável no período.

CONCLUSÕES

A inovação tecnológica é fator importante para se explicar as diferenças entre os diversos setores da indústria brasileira. Essa afirmativa pode ser constatada através da análise feita nesse estudo, quando se apresenta o nível de progresso técnico de cada setor da indústria brasileira e quando se analisa a dinâmica da inovação em alguns deles.

A variável patente, utilizada como aproximação (proxy) para inovação tecnológica é significativa no modelo desenvolvido, quando se considera as patentes de americanos no Brasil e não as patentes de domiciliados brasileiros. O que confirma a literatura e os estudos desenvolvidos para os países em desenvolvimento, onde existe pouca geração de inovação no próprio país, mas onde a transferência de tecnologia é fator importante para o progresso técnico.

Utilizando o instrumental teórico neoclássico do crescimento econômico, o nível tecnológico foi calculado através da estimativa do modelo de função de produção para os diversos setores da indústria brasileira.

Dentre as indústrias extrativas e de transformação mineral, que apresentaram níveis elevados, destacam-se a Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibrocimento (0,16) e a Extração de Minerais Metálicos (0,26). Por outro lado, indústrias que apresentaram níveis baixos foram a Siderurgia (0,05) e a Metalurgia dos Não Ferrosos (-0,01).

A indústria extrativa mineral, assim como a de transformação mineral são consideradas maduras, possuindo tecnologias já dominadas por muitos anos e, em muitos casos, utilizadas desde o século XIX¹⁹. As inovações tecnológicas nessas indústrias foram introduzidas, na maioria dos casos, com o objetivo principal de reduzir custos de produção e não com outros objetivos, como o de desenvolver novos produtos e abrir novos mercados.

As indústrias de insumo básico, como Siderurgia e Metalurgia dos Não-Ferrosos, são intensivas no uso do fator capital, o que não significa que apresentam maior nível de progresso técnico. O desenvolvimento

¹⁹ Por exemplo, o processo Bayer na produção de alumina.

tecnológico destas indústrias no Brasil baseou-se no licenciamento de tecnologia dos países desenvolvidos, numa estratégia tecnológica de imitação e de adaptação, assim como na procura de maior eficiência dos processos produtivos, mas com pouco ou quase nenhum gasto com inovação e P&D²⁰. Por outro lado, as empresas multinacionais sempre dependeram da tecnologia das suas matrizes no exterior e nunca investiram em P&D no país.

No entanto, o processo de reestruturação, iniciado com a privatização do setor siderúrgico, a abertura comercial brasileira e o acirramento da competição internacional vêm contribuindo para o aumento das atividades tecnológicas das empresas. As empresas enfrentam, atualmente, um mercado de commodities, que cada vez mais, exige o enobrecimento do conjunto de produtos ofertados no mercado mundial.

O temor que a privatização desativasse os centros de pesquisas das estatais não se efetivou. Segundo TIGRE et al (2000), a percentagem do faturamento das empresas aplicada em tecnologia permaneceu estável desde então, variando de 0,15% a 0,5%, houve crescimento do número de patentes registradas e aumento da qualificação dos funcionários alocados à área de P&D.

O alto nível de progresso técnico apresentado pela Indústria do Cimento, no período estudado, pode ser explicado pelo fato de que existia uma capacitação técnica das empresas produtoras de cimento para negociar com os fornecedores de máquinas e equipamentos, os principais geradores de inovação tecnológica do setor.

Além disto, existia um mercado bastante competitivo, onde os fornecedores não tinham contratos de exclusividade, possibilitando acesso, em igualdade de condições, dos produtores aos novos equipamentos. Ao mesmo tempo, ou seja, nos anos 80, estava em andamento um processo de substituição da tecnologia mais antiga de produção do cimento, por via úmida, para o processo por via seca.

As mudanças na economia brasileira apresentadas desde o início dos anos 90, seguem o modelo de globalização e da liberalização da eco-

²⁰ A exceção sendo a USIMINAS, que, após anos de absorção e adaptação, atualmente, transfere tecnologia para outros países

nomia. As empresas, de maneira geral, têm procurado se ajustar à competição internacional através de uma estratégia de especialização e de maior volume de importação, o que modernizou o parque produtivo nacional.

Para TIGRE et al (2000), “ *O processo de especialização produtiva brasileira tornou mais competitivos os setores intensivos em escala e mão-de-obra e com baixos custos de produção. A facilidade de importação de bens de capitais e insumos críticos terminaram por estimular a modernização produtiva de setores de menor valor agregado e baixo dinamismo tecnológico.*”

MATESCO (1993) também defende a tese de que a concentração dos dispêndios em atividades tecnológicas se deu nos setores produtores de bens mais intensivos, em matérias-primas de menor conteúdo tecnológico e de menor valor agregado.

Ambos estudos confirmam o presente trabalho que classificou a indústria Extrativa Mineral Metálica como o nível mais elevado de inovação tecnológica. A entrada em operação de Carajás e também o aumento de produção da Mineração Rio do Norte podem ser explicações para o alto nível de progresso técnico detectado pelo modelo. A inovação tecnológica incorporada às novas máquinas e equipamentos nestas duas grandes empresas podem ser considerados como fatores que explicam esta diferença.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi baseado na tese de doutorado elaborada no Economic Growth Center da Universidade de Yale, como pesquisadora-visitante e defendida no Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica de São Paulo.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - pela bolsa de doutorado sanduíche que viabilizou a pesquisa e a permanência durante um ano na Universidade de Yale nos Estados Unidos.

Agradeço aos meus orientadores Prof. Robert Evenson do Economic Growth Center e ao Prof. Eduardo Camilher Damasceno do Departamento de Engenharia de Minas pelos inestimáveis conselhos e recomendações e principalmente pela atenção que me dispensaram.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, F. Usiminas é líder em venda de tecnologia na AL. In: Brasil Mineral, v. 139, p.24-9, 1996
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO-SETOR METALÚRGICO –1991/1995, 1992/1996, 1999, Brasília: MME.
- BARRO, R. Determinants of economic growth: a cross-country empirical study. Massachusetts: MIT, 1997.
- BAUMANN, R. (coord.) Brasil uma década em transição. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- COUTINHO, L. , coord. Estudos da competitividade da indústria brasileira. Campinas: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1993.
- DAMASCENO, E. C. Introdução ao suprimento de matérias primas minerais para a metalúrgia. São Paulo, 1995 (mimeo).
- GRILICHES, Z. Patent statistics as economic indicators: a survey part I. In: NBER Working Paper Series. n.3301. Cambridge, 1990.
- JOHNSON, D.; EVENSON, R. Invention in less-developed countries. Washington: World Bank/ Economic Growth Center at Yale University/ Wellesley College, March 1998. (mimeo).
- KORTUM, S.; PUTNAM, J. Assigning patents to industries: tests of the Yale Technology Concordance. In: Economic Systems Research, v.9, n. 2, p.161-76, 1997.
- MARQUES, M.: ALVES. F. Cimento - Mauá terá nova unidade em Arcos. In: Brasil Mineral, v. 112, p. 23-28, 1993.
- MATESCO, V. R. Inovação tecnológica das empresas brasileiras: A diferenciação competitiva e a motivação para inovar. Rio de Janeiro, 1993. Tese de doutoramento - Instituto de Economia Industrial, UFRJ
- OLIVEIRA, M. Usiminas continua investindo em tecnologia. In: Brasil Mineral, v.72, p.76-81,1989.
- PROCHNIK, V. ; PEREZ, A.; SOUZA E SILVA, C. M. A Globalização na indústria de cimento. victorp@openlink. com, outubro 1998.
- TIGRE, P. B; CASSIOLATO, J.E.; SZAPIRO, M. H.S; FERRAZ, J. C. Mudanças institucionais e tecnologia: impactos da liberalização sobre o sistema nacional de inovações.In: Brasil uma década em transição. Rio de Janeiro: Campus, 2000.