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

EFICIÊNCIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO NAS
REGIÕES BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE DE FRONTEIRAS ESTOCÁSTICAS E
CADEIAS ESPACIAIS DE MARKOV

Daniela Carla Decaro Schettini

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Azzoni

SÃO PAULO

2010

Prof. Dr. João Grandino Rodas
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Carlos Roberto Azzoni
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Denisard Cnéio de Oliveira Alves
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Dante Mendes Aldrighi
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

DANIELA CARLA DECARO SCHETTINI

**EFICIÊNCIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO NAS
REGIÕES BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE DE FRONTEIRAS ESTOCÁSTICAS E
CADEIAS ESPACIAIS DE MARKOV**

Tese apresentada ao Departamento de
Economia da Faculdade de Economia,
Administração e Contabilidade da
Universidade de São Paulo como requisito
para a obtenção do título de Doutor em
Economia

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Azzoni

SÃO PAULO

2010

Tese defendida e aprovada no Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – Programa de Pós-Graduação em Economia, pela seguinte banca examinadora:

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Schettini, Daniela Carla Decaro

Eficiência produtiva da indústria de transformação nas regiões brasileiras: uma análise de fronteiras estocásticas e cadeias espaciais de Markov / Daniela Carla Decaro Schettini. -- São Paulo, 2010. 198 p.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2010.
Bibliografia.

1. Economia regional 2. Eficiência industrial 3. Econometria 4. Espaço econômico I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade II. Título.

CDD – 338.09

**Aos meus pais,
Liliana e Hugo
pelo carinho, dedicação e incentivo.**

Agradeço especialmente ao professor e orientador desta tese, Prof. Carlos Roberto Azzoni, pela dedicação e apoio em todos os momentos deste trabalho, por sua sabedoria e seus valiosos ensinamentos, por acreditar na minha capacidade e por despertar minha curiosidade, pela transmissão de seu entusiasmo e pela tranquilidade em meus momentos de desespero.

Agradeço ao professor Danilo Camargo Iglioni, a quem devo o sucesso de minha estadia na *University of Cambridge*. Também por seu entusiasmo e por me estimular a participar das atividades acadêmicas, que contribuíram para enriquecer este trabalho. Nesse sentido, agradeço ao professor Barry Moore, do Departamento de *Land Economy*, da *University of Cambridge*, pela receptividade, por estimular meu espírito crítico e aumentar minha base de conhecimentos. Aos membros da banca de qualificação, os professores Danilo Camargo Iglioni e Adriana Schor pelas valiosas críticas e contribuições, fundamentais para a elaboração deste trabalho. Ao professor Antonio Páez por compartilhar seus conhecimentos e enriquecer os resultados desta tese.

Agradeço o apoio institucional do IPE-USP, em especial às secretárias da Pós-Graduação da FEA Valéria Lourenção e Márcia Bento. Agradeço o apoio financeiro da FINEP, Capes e CNPq. Agradeço ao IPEA e ao IBGE, em especial ao Márcio Duarte Lopes e Augusto Barbosa, pela concessão dos dados e a paciência para tabulá-los. Agradeço ao Núcleo de Estudos Nêmesis, em especial ao Eustáquio Reis, pelas críticas essenciais ao aperfeiçoamento deste trabalho.

Aos meus colegas de pós-graduação, pelas seções de estudo e por tornarem esta jornada mais alegre. Em especial, à amiga Vanessa Nadalin, pela paciência em terras britânicas, às Anas Marias de Paiva Franco e Bonomi Barufi e ao Daniel Silva Junior. Agradeço o carinho e a torcida das amigas Tatiana Vieira, Fabiana Tito e Erica Petruzzello, o apoio computacional do amigo Aílton Oliveira e a assistência da amiga Ana Paula Sanches.

Finalmente, agradeço às pessoas mais importantes da minha jornada, sem a qual, com certeza, eu não teria chegado a lugar nenhum. Aos meus pais, não só pelo investimento em minha educação, mas também pelo amor e confiança. Em especial à minha mãe, por ser meu guia e sempre acreditar em mim. Agradeço o apoio e o carinho do meu querido irmão Hugo Fabián. Agradeço aos meus sogros, em especial à Neuza, pela carinhosa torcida. Por fim, gostaria de agradecer especialmente ao meu marido Rodrigo. Obrigada pelo amor, companheirismo e paciência. Pelo seu apoio, pelo incentivo ao meu doutorado sanduíche. Por me fazer uma pessoa melhor e por ser meu porto-seguro.

*“Raindrops keep falling on my head
But that doesn't mean my eyes will soon
be turning red
Crying is not for me
'Cause I'm never gonna stop the rain by
complaining”*
B. J. Thomas

RESUMO

Este trabalho investiga a eficiência produtiva dos setores industriais nas regiões brasileiras. Para isso, utiliza um painel de dados da Pesquisa Industrial Anual do IBGE para o período de 2000 a 2006, desagregado por mesorregiões, setores da indústria de transformação e por setores de intensidade tecnológica. São estimados modelos de fronteira de produção estocástica para obtenção das estimativas das eficiências produtivas regionais e setoriais. Esses indicadores de eficiência são então analisados com base na literatura de economia espacial e das Cadeias Espaciais de Markov, que visam investigar o efeito da boa e da má vizinhança. Os resultados indicam que as mesorregiões mais eficientes tendem a localizar-se na faixa litorânea do Brasil, mas, na medida em que tratamos de setores mais básicos da economia, há maior dispersão da alta eficiência pelo espaço brasileiro. Além disso, percebe-se um deslocamento, ao longo do tempo, de altos índices de eficiência para as mesorregiões do Centro-Oeste. Em relação à eficiência setorial, observou-se que, em geral, os setores menos intensivos em tecnologia são menos eficientes: constatou-se que o setor de Alta Intensidade Tecnológica é 11% mais eficiente do que o setor de Baixa Intensidade. Os resultados das análises da influência das economias espaciais sobre a eficiência produtiva indicam que a vizinhança afeta o desempenho competitivo da região, constatando-se que o efeito da boa vizinhança em estimular o aumento da eficiência é maior do que o efeito da má vizinhança em retrai-la. Além disso, concluiu-se que as economias espaciais influenciam a eficiência produtiva regional. Em geral, as economias de aglomeração têm influência positiva sobre a eficiência, enquanto que, em relação às economias de urbanização, encontramos a predominância dos efeitos de congestionamento. As economias de localização apresentaram um efeito forte e positivo sobre a eficiência das atividades industriais das mesorregiões, indicando que regiões mais especializadas mostraram-se mais eficientes.

ABSTRACT

This thesis investigates the productive efficiency of the industrial sectors in Brazilian regions. It uses a panel data set from Pesquisa Industrial Anual of IBGE during 2000 to 2006, disaggregated by mesoregions, industrial manufacturing sectors and by technological intensity sectors. It estimates stochastic frontiers of production to obtain regional and sectorial productive efficiency indicators. These efficiency indicators are analyzed based on the spatial economy literature and on Spatial Markov Chains, which investigate the effect of good and bad neighborhoods. The results indicate that the most efficient mesoregions tend to be located on the coast of Brazil, but, as we deal with more basic sectors of the economy, there is a larger dispersion of high efficiency on Brazilian space. Furthermore, we realize, as the time passes, an increasing motion of high efficiency levels to mesoregions of the Center-West. Considering the sectorial efficiency, we observed that, in general, the less technological intensive sectors are less efficient: we verify that the High Technological Intensity sector is 11% more efficient than the Low Intensity sector. The results from analyzing the influence of the spatial economies on the productive efficiency indicate that the neighborhood affects the competitive performance of the region; verifying that the effect of a good neighborhood in stimulating the enhance of the efficiency is higher than the effect of the bad neighborhood on contracting it. We also concluded that the spatial economies influence the regional productive efficiency. In general, the agglomeration economies have positive influence on efficiency, but considering the urbanization economies, the congestion effect predominates. The localization economies present a strong and positive effect on the efficiency of industrial activities of the mesoregions, indicating that more specialized regions are seen as more efficient.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	1
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	3
LISTA DE QUADROS	4
LISTA DE TABELAS.....	5
LISTA DE GRÁFICOS.....	7
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 COMPETITIVIDADE, PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA	15
2.1 Competitividade, produtividade e eficiência.....	15
2.2 Metodologias para quantificar produtividade e eficiência	21
2.2.1 Medida de produtividade proposta por Olley e Pakes (1996)	23
2.2.2 Medida de eficiência - fronteira estocástica	24
2.2.3 Outras medidas –Malmquist e DEA	27
2.2.3.1 Índice de produtividade Malmquist.....	27
2.2.3.2 Índices de eficiência por DEA	28
2.2.4 Intensidade tecnológica da produção	29
2.3 Conclusões.....	31
3 AMOSTRA	33
3.1 Descrição das variáveis	33
3.2 Análise descritiva das variáveis.....	36
3.3 Conclusão	43
Apêndice do Capítulo Três	44
4 FUNÇÃO DE PRODUÇÃO	57
4.1 Metodologia proposta por Olley e Pakes	57
4.2 Modelos.....	61
4.3 Resultados das estimações OP das funções de produção.....	62
4.4 Considerações sobre a análise da produtividade regional e setorial pelo efeito fixo ...	64
4.4.1 Produtividade setorial: 22 setores da CNAE 1.0 e 4 setores de intensidade tecnológica.....	65
4.4.2 Produtividade regional (efeito fixo).....	67
4.5 Conclusão	69
Apêndice do Capítulo Quatro	70
5 FRONTEIRAS ESTOCÁSTICAS DE PRODUÇÃO	77
5.1 Metodologia de fronteira estocástica	79
5.2 Mensuração da eficiência	85
5.2.1 Resultados da amostra geral	86
5.2.1.1 Fronteira de produção.....	86
5.2.1.2 Indicador de eficiência setorial	87
5.2.1.3 Comparando resultados setoriais dos diferentes métodos	98
5.2.1.4 Indicador de eficiência regional.....	99
5.2.2 Resultados da amostra por intensidade tecnológica.....	104
5.2.2.1 Fronteira de produção.....	104
5.2.2.2 Análise da eficiência setorial	105
5.2.2.3 Análise da eficiência regional	109
5.3 Conclusões.....	112
Apêndice do Capítulo Cinco.....	113
6 ECONOMIA ESPACIAL E REGIONAL	127
6.1 Análise temporal por meio de Cadeia Espacial de Markov	127
6.2 Economia espacial	136

6.2.1	Fronteira estocástica e a economia espacial	140
6.2.2	Influência das variáveis de aglomeração.....	146
6.2.2.1	Resultados da amostra geral	146
6.2.3	Resultados por intensidade tecnológica	148
6.2.3.1	Impactos das variáveis de economia espacial e das variáveis socioeconômicas em cada setor.....	150
6.3	Conclusões.....	153
	Apêndice do Capítulo Seis	155
7	CONCLUSÕES	159
	REFERÊNCIAS	167
	APÊNDICE 1	180
	APÊNDICE 2	186
	APÊNDICE 3	189
	APÊNDICE 4.....	190

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI: Alta Intensidade Tecnológica.
BI: Baixa Intensidade Tecnológica.
CNAE: Classificação Nacional de Atividades Econômicas.
CE: Custo-eficiência.
CEMPRE: Cadastro Central de Empresas.
CMP: Consumo de matérias-primas.
COLS: Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos (*Corrected Ordinary Least Squares*, em inglês).
EA: Eficiência alocativa.
EE: Consumo de energia elétrica.
DEA: Análise Envolvória de Dados (*Data Envelopment Analysis*, em inglês).
DMU: Unidades de decisão (*Decision Makers Units*, em inglês).
H: Alto (*High*, em inglês).
HH: Alto-Alto (*High-High*, em inglês).
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IER: Indicador de Eficiência Regional.
INEP: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.
IPA-OG: Índice de Preços ao Atacado – Oferta Global.
K: Estoque de capital.
L: Baixo (*Low*, em inglês).
LISA: Indicador Local de Análise Espacial (*Local Indicator of Spatial Analysis*, em inglês).
LL: Baixo-Baixo (*Low-Low*, em inglês).
MAI: Média Alta Intensidade Tecnológica.
MBI: Média Baixa Intensidade Tecnológica.
MOLS: Mínimos Quadrados Ordinários Modificados (*Modified Ordinary Least Squares*, em inglês).
MQO: Mínimos Quadrados Ordinários.
NaN: Não é número (*not a number*, em inglês).
OCDE: Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento.
PIA: Pesquisa Industrial Anual.
PIB: Produto Interno Bruto.
PO: Pessoal ocupado.
PTF: Produtividade Total dos Fatores.
P&D: Pesquisa e Desenvolvimento.
SFA: Análise de Fronteira Estocástica (*Stochastic Frontier Analysis*, em inglês).
TE: Eficiência técnica (*Technical Efficiency*, em inglês).
UL: Unidade local.
VBP: Valor bruto da produção.
VTI: Valor da transformação industrial.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Participação relativa dos setores na indústria brasileira – 2006 e variação (%) entre 2000 e 2006	44
Quadro 2 – Evolução dos setores na indústria brasileira – 2000 e 2006	47
Quadro 3 – Distribuição regional da produção industrial brasileira – 2006 e variação (%) entre 2000 e 2006	49
Quadro 4 – Evolução dos setores na indústria brasileira por intensidade tecnológica – 2000 e 2006	52
Quadro 5 – Distribuição regional da produção industrial brasileira por intensidade tecnológica – 2006	54
Quadro 6 – Distribuição regional da produtividade por efeito fixo	68
Quadro 7- Distribuição regional da eficiência da indústria de transformação – média anual e variação (%) entre 2000 e 2006.....	101
Quadro 8 – Média anual e variação (%) da eficiência regional entre 2000 e 2006	109
Quadro 9 - Média anual da eficiência regional da indústria de transformação por setor da CNAE	113
Quadro 10 - Evolução da eficiência setorial entre 2000 e 2006	117
Quadro 11 - Distribuição regional da eficiência indústria de transformação	119
Quadro 12 - Evolução da eficiência setorial por intensidade tecnológica– 2000 a 2006.....	120
Quadro 13 – Distribuição regional da média anual da eficiência dos setores por intensidade tecnológica.....	121
Quadro 14 - Distribuição regional da eficiência da indústria de transformação por intensidade tecnológica – 2000 a 2006.....	122
Quadro 15 – Distribuição da média anual de variáveis selecionadas para explicar a eficiência das mesorregiões	144
Quadro 16 - Matrizes de transições espaciais de Markov por setor de intensidade tecnológica.....	155
Quadro 17 - Distribuições do termo de ineficiência u	192

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista das variáveis.....	36
Tabela 2 – Comportamento dos setores entre 2000 e 2006	39
Tabela 3 – Modelos estimados.....	61
Tabela 4 – Resultados das estimações dos modelos Cobb-Douglas – OP	70
Tabela 5 – Resultados das estimações dos modelos translog – OP	71
Tabela 6 – Resultados das estimações dos modelos Cobb-Douglas – MQO	72
Tabela 7 – Resultados das estimações dos modelos Translog – MQO	73
Tabela 8 – Produtividade regional estimada por dummies de efeito fixo – OP	74
Tabela 9 – Resultados da estimação da fronteira de produção da amostra geral.....	86
Tabela 10 - Comportamento dos grupos de acordo com a eficiência setorial	89
Tabela 11 - Distribuição regional da eficiência setorial.....	91
Tabela 12 -Classificação da eficiência das mesorregiões dentro de um setor j	100
Tabela 13 - Matriz de transição – amostra geral	103
Tabela 14 - Coeficiente de correlação de Pearson entre as classificações anuais das mesorregiões – amostra geral	103
Tabela 15 -Resultados da estimação da fronteira de produção da amostra por intensidade tecnológica.....	104
Tabela 16- Histograma da distribuição da eficiência	108
Tabela 17 - Matriz de transição – amostra por intensidade tecnológica	111
Tabela 18 - Coeficiente de correlação de Pearson entre as classificações anuais das mesorregiões – amostra por intensidade tecnológica.....	111
Tabela 19 - Evolução (%) da eficiência por mesorregião no período 2000 a 2006 – amostra geral	124
Tabela 20 - Evolução (%) da eficiência por mesorregião no período 2000 a 2006 – amostra por intensidade tecnológica	125
Tabela 21 - Exemplo da matriz espacial de transições de Markov	130
Tabela 22 - Matriz espacial de transições de Markov – amostra por intensidade tecnológica (empilhada).....	133
Tabela 23 - Probabilidade de permanência da mesorregião na mesma classe de eficiência entre períodos.....	134
Tabela 24 - Resultados das matrizes espaciais de transição de Markov	135
Tabela 25 - Variáveis para explicar eficiência na metodologia de fronteira estocástica.....	143
Tabela 26 - Resultados da estimação da fronteira de produção da amostra geral	147

Tabela 27 - Resultados da estimação da fronteira de produção da amostra por intensidade

tecnológica.....149

Tabela 28 - Resultados do impacto das variáveis “Z” em cada setor de intensidade

tecnológica.....151

Tabela 29 - Observações ajustadas.....182

Tabela 30 - Observações ajustadas.....184

Tabela 31 - Correspondência de setores da PIA – IBGE e IPA - FGV.....185

Tabela 32 - Assimetria dos resíduos da estimação da função de produção Cobb-Douglas

com um termo de tendência.....189

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Eficiência técnica, alocativa e custo eficiência	19
Gráfico 2 - O efeito das economias de escala	20
Gráfico 3 – Evolução das variáveis da indústria brasileira – 2000 a 2006.....	38
Gráfico 4 – Produtividade setorial medida pelos coeficientes das dummies setoriais, em relação ao setor de alimentos	66
Gráfico 5 – Produtividade setorial medida pelos coeficientes das dummies setoriais, em relação ao setor de baixa intensidade	67
Gráfico 6 – Média anual da eficiência setorial no período 2000 a 2006 – amostra geral	88
Gráfico 7 – Evolução (%) da eficiência setorial entre 2000 e 2006 – amostra geral	89
Gráfico 8 - Média anual da eficiência setorial no período 2000 a 2006 – amostra por intensidade tecnológica	105
Gráfico 9 - Evolução (%) da eficiência setorial entre 2000 e 2006 – amostra por intensidade tecnológica	106

1 INTRODUÇÃO

A série de transformações que ocorreu na economia brasileira durante a década de 1990, com a abertura comercial, menor participação estatal e o ajuste microeconômico das firmas, resultou em grandes aumentos da produtividade e competitividade industrial. De acordo com CNI (2002), a produtividade da mão-de-obra da indústria cresceu a uma taxa anual média de 8,1% durante os anos 1990, reduzindo-se para 5,8% em 2000. O mesmo processo ocorreu com a produtividade do capital¹ que, apresentou crescimento anual médio de 3% na primeira metade dos anos 1990, embora tenha passado a taxas negativas na segunda metade da década.

Tendo em conta esse histórico, e principalmente devido aos impactos que o setor industrial pode ter sobre a economia do País e o desenvolvimento regional, é importante analisar a evolução produtiva recente da indústria brasileira. Estudar as tendências do desempenho do setor industrial em diferentes porções do espaço brasileiro significa buscar indicações sobre o crescimento regional futuro no Brasil. Para que determinado espaço receba novos investimentos industriais, deve apresentar níveis de lucratividade esperada superiores à média nacional. Caso contrário, prejudicará suas oportunidades de crescimento futuro. Assim, para continuarem inseridas no crescimento internacional e nacional e serem capazes de enfrentar as novas demandas e condicionantes, as regiões devem ser competitivas e terem a capacidade de se adaptar aos novos cenários. Mais especificamente, cada empresa escolhe, entre as possíveis localizações, aquela capaz de lhe oferecer maior lucro. Dessa forma, o problema das desigualdades torna-se um problema das diferentes oportunidades e níveis de progresso entre as regiões do País.

A maior possibilidade de locomoção geográfica da indústria em relação às atividades primárias e terciárias faz com que o setor industrial seja geralmente alvo das políticas de desenvolvimento que visam amenizar a disparidade regional do País. Além disso, a indústria é o principal setor responsável pela produção e difusão do avanço tecnológico, gerando impactos sobre os demais setores da economia. Neste processo, a tecnologia é um componente essencial no desempenho competitivo, gerando vantagens que se traduzem em

¹ A produtividade do capital pode ser calculada a partir da relação entre uma medida de produto (como o PIB, Produto Interno Bruto) e de estoque de capital.

potencial de crescimento para as firmas, além de aumentar a renda e estimular o desempenho exportador das regiões e do País.

Os diferentes desempenhos econômicos observados entre regiões distintas podem ser explicados, em grande parte, pela concentração espacial das atividades econômicas e, em particular, do setor industrial. Assim, ao estudar as alterações nos padrões competitivos setoriais é importante considerar não somente a distribuição espacial das atividades econômicas como também os problemas e as características específicas da diversidade regional brasileira. Esta é a contribuição que esta tese pretende realizar, por meio de uma análise conjunta dessas questões, investigando o desempenho competitivo dos setores industriais nas regiões brasileiras.

As disparidades regionais podem ser caracterizadas de duas maneiras. Por meio da desigualdade - captada, por exemplo, pelas diferenças espaciais de renda per capita, e da concentração de pessoas e de atividades econômicas, gerando economias ou deseconomias de aglomeração (AZZONI, 2002). Nesse sentido, as políticas econômicas e regionais que visam desenvolver a estrutura setorial interferem com intensidades e velocidades diferentes em cada espaço socioeconômico, dado que a dinâmica regional é influenciada por vários aspectos estruturais ligados à disponibilidade de recursos materiais e humanos, e às condições culturais e políticas específicas de cada localidade (KON, 2002).

No entanto, intervenções governamentais para concentrar incentivos para as indústrias em determinadas regiões nem sempre conseguiram eliminar as disparidades. Estudo do Banco Mundial concluiu que as políticas regionais no Brasil têm sucesso limitado porque, em geral, estão focadas em metas erradas, utilizam instrumentos equivocados ou, ainda, porque não há persistência em sua implementação (WORLD BANK, 2005). Mais importante, afirma que o fracasso ocorre porque as políticas visam ao crescimento industrial ao invés do crescimento da produtividade. As intervenções bem-sucedidas, em geral focadas na esfera estadual ou municipal (pois identificam melhor as vantagens e necessidades da região), promovem o desenvolvimento de microfundamentos para o crescimento da produtividade, com medidas que possibilitam aos espaços criarem suas próprias vantagens comparativas.

O objetivo da tese é analisar a distribuição regional recente (2000 a 2006) da eficiência produtiva da indústria de transformação brasileira. Nesse sentido, propõe-se a investigar três

grandes questões: qual é a competitividade regional e setorial da indústria brasileira? Existe algum efeito decorrente da proximidade da região a regiões mais ou menos competitivas? Qual é a influência das economias espaciais sobre essa competitividade? Cada questão desencadeia outra série de indagações:

“Qual é a competitividade regional e setorial da indústria brasileira?”

- i. Em termos de atividades industriais, quais regiões brasileiras são mais competitivas?
- ii. Quais são os espaços brasileiros mais eficientes para determinada atividade, isto é, onde cada tipo de produção industrial brasileira é competitivo?
- iii. Existe diferença relevante de competitividade entre os setores industriais?
- iv. Os indicadores de competitividade variam segundo a intensidade tecnológica dos setores?

Esta sequência de perguntas leva aos outros dois conjuntos de questões, que visam entender algumas causas dos diferentes desempenhos regionais.

“Existe algum efeito decorrente da proximidade da região a regiões mais ou menos competitivas?”

- i. Qual é o efeito da proximidade de uma região a uma vizinhança competitiva?
- ii. A competitividade dos vizinhos é capaz de influenciar a competitividade de uma região?
- iii. Qual é o efeito de uma boa vizinhança (mais competitiva)? E de uma má vizinhança (menos competitiva)?
- iv. É possível identificar quais desses efeitos são mais fortes?
- v. Existe algum comportamento diferenciado segundo a intensidade tecnológica dos setores?

A relevância da proximidade induz a indagar sobre a influência das questões espaciais no desempenho das regiões.

“Qual é a influência das economias espaciais sobre essa competitividade?”

- i. Qual é o papel das economias espaciais no desempenho competitivo das regiões?
- ii. As economias de aglomeração, localização e urbanização são capazes de influenciar a eficiência produtiva industrial das regiões?

- iii. Em que sentido isso ocorre, ou seja, o efeito é positivo ou negativo?
- iv. Os distintos níveis de intensidade tecnológica são afetados de forma diferente pelas economias espaciais?

Para realizar o objetivo da tese, respondendo a essas questões, é necessário, primeiro, investigar as metodologias que visam obter indicadores de desempenho regional e industrial. Em seguida, definir a amostra baseada em dados da indústria sobre a qual essa metodologia é aplicada, obtendo, em sequência, os indicadores de eficiência produtiva. A análise dessas estimativas é voltada a responder as duas últimas questões sobre a importância da vizinhança no desempenho competitivo e a influência das economias espaciais.

Dessa forma, construímos os capítulos dentro de uma lógica que permitisse explorar essas questões, dividindo a tese em sete capítulos, sendo o primeiro esta introdução. O objetivo do Capítulo Dois (“Competitividade, Produtividade e Eficiência”) é analisar as definições de desempenho econômico e apresentar os métodos existentes na literatura para calculá-lo. Discutimos os conceitos de competitividade, produtividade e eficiência e a relação entre eles, além de sugerir a importância da tecnologia nessas medidas.

Em sequência, é necessário aplicar a metodologia a uma base de dados. O objetivo do Capítulo Três (“Amostra”) é definir a amostra que será utilizada para obter as estimativas. A fim de estudar a competitividade regional, delimitamos, entre as atividades econômicas, a indústria de transformação como alvo de análise. Duas amostras foram formadas com os dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA) do IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em um painel não balanceado com informações setoriais e regionais. Para a primeira amostra, usamos a classificação setorial da CNAE 1.0, Classificação Nacional de Atividades Econômicas, no nível de dois dígitos. Para a segunda, definimos quatro grandes setores agregados de acordo com a intensidade tecnológica. O capítulo descreve também as variáveis utilizadas e realiza uma análise exploratória dos dados regionais e setoriais por meio de mapas e gráficos.

Definidos a metodologia e os dados, os capítulos seguintes dedicam-se ao cálculo das estimativas de eficiência produtiva e à sua análise. É necessário definir uma função de produção que relacione os produtos e os insumos utilizados. O objetivo do Capítulo Quatro (“Função de Produção”) é propor o modelo de função de produção mais adequado para nossa

análise. O capítulo descreve diferentes modelos de funções a serem estimados de forma não viesada utilizando a metodologia proposta por Olley e Pakes (1996). A definição do modelo mais adequado já permite obter algumas estimativas iniciais de produtividade regional.

Definido o modelo de produção, o objetivo do Capítulo Cinco (“Fronteiras Estocásticas de Produção”) é obter as estimativas das eficiências produtivas regionais e setoriais, utilizando a metodologia de fronteiras estocásticas. O capítulo discute o método e expõe os resultados por meio de indicadores de eficiência setorial e regional e análises das matrizes de transição das mesorregiões.

Por último, obtidos os indicadores de desempenho setorial e regional, seguem-se análises levando em conta efeitos espaciais de proximidade e aglomeração. O objetivo do Capítulo Seis (“Economia Espacial e Regional”) é analisar esses resultados sob a ótica regional. Primeiro exploramos os efeitos da proximidade de uma região a uma boa ou má vizinhança, por meio das Cadeias Espaciais de Markov. Segundo, com base na literatura de economia espacial, verificamos se as economias de aglomeração, localização e urbanização afetam o desempenho competitivo das atividades industriais das regiões brasileiras.

O Capítulo Sete conclui o trabalho. Os mapas, quadros e gráficos de cada capítulo são mostrados no apêndice de cada capítulo e estão indicados ao longo do texto. Há, além disso, quatro apêndices no final da tese, que visam detalhar certas questões, discutindo aspectos mais específicos.

2 COMPETITIVIDADE, PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA

Neste capítulo apresentamos brevemente a literatura referente ao tema da tese. Primeiro, discutimos as definições e relações entre produtividade, competitividade e eficiência da firma. Em seguida, apresentamos brevemente as metodologias mais usadas para quantificar essas medidas, que serão discutidas com mais detalhes nos capítulos Quatro e Cinco. Por último, analisamos a relação entre a competitividade e a intensidade tecnológica das atividades produtivas.

2.1 Competitividade, produtividade e eficiência

A produtividade é a relação, em termos reais, entre a produção de bens e serviços e os insumos utilizados no processo produtivo, como trabalho, capital e recursos naturais. Nas palavras de Bonelli (1996, p. 40):

Produtividade é uma denominação genérica para um indicador capaz de avaliar o rendimento dos recursos utilizados na produção, isto é, a quantidade de produção relacionada à quantidade de insumos e/ou fatores utilizados no processo produtivo. Em certo sentido, trata-se de um conceito próximo ao da eficiência e relaciona-se com questões como competitividade, incorporação de tecnologia e capacitação tecnológica. Modernamente, aceita-se que o crescimento da produtividade reflete tanto o crescimento da produção quanto a eficiência do processo produtivo incorporada ou não em máquinas e equipamentos.

Além de determinante para a prosperidade econômica regional, a produtividade é uma das medidas mais representativas da competitividade. Kaldor (1970), em estudo que visa explicar as desigualdades econômicas regionais de um país, relaciona o aumento da produtividade do trabalho com o da competitividade. Por causa dos rendimentos crescentes de escala, que surgem devido às economias de aglomeração, diferenciação de processos e especialização da mão de obra, o autor aponta uma relação direta entre o crescimento da produtividade do trabalho e o crescimento do produto da região. À medida que a região torna-se mais produtiva, por apresentar menor salário-eficiência², torna-se mais rentável do que as outras e, portanto, maior é sua competitividade.

² Razão entre um índice de crescimento do salário nominal dividido pelo índice de crescimento da produtividade.

Ao supor que os empresários aplicam seus recursos em locais que garantam a rentabilidade, o desenvolvimento regional pode ser visto como um processo de competição das regiões pelos investimentos, em que regiões mais competitivas seriam mais atrativas (AZZONI, 1986). Para Gardiner *et al* (2004), a produtividade e a taxa de emprego são componentes essenciais da prosperidade econômica regional e medem a “competitividade revelada”. Porter e Ketels (2003) também sugerem a produtividade como melhor medida para a competitividade de firmas, indústrias, nações etc. e ainda afirmam que ela depende, além dos valores dos produtos e serviços, de sua eficiência de produção. Os autores afirmam “Produtividade permite que a nação sustente maiores níveis de salários, uma moeda forte e retornos atrativos ao capital, e com eles um maior padrão de vida.”³ (PORTER; KETELS, 2003, p. 7).

Em alguns artigos e textos teóricos, a produtividade tem sido referida como a variação da produção não explicada pela variação dos insumos, ou seja, uma medida do resíduo não explicado pelo volume de insumos utilizados. Esse resíduo pode ser função da maior eficiência organizacional, da eficiência na utilização do insumo, da escala de operação ou de intensidade tecnológica (SCHOR, 2003; FRIED *et al*, 2008). De acordo com Miller (1984), a produtividade é um indicador de sucesso, uma forma pela qual os produtores são avaliados. Através dos índices que medem a produtividade, é possível separar as fontes de mudanças de desempenho entre as controláveis e não controláveis, o que é importante para o desenho de estratégias empresariais e políticas públicas (ZEITSCH *et al*, 1994). Além disso, com esses indicadores, o administrador detém um mecanismo de monitoramento do desempenho de sua produção.

Kendrick (1977) separa o aumento da produtividade entre fatores de curto prazo e as forças seculares. No primeiro grupo, cita mudanças nas taxas de utilização da capacidade individual das firmas, o grau de eficiência do trabalhador e a concentração da produção em firmas mais eficientes. Dentre as forças seculares, destaca o avanço tecnológico, que expande a fronteira de possibilidades de produção, as economias internas e externas de escala, maior especialização do mercado de fatores, mudanças nas práticas institucionais e intervenções governamentais.

³ “*Productivity allows a nation to support high wages, a strong currency and attractive returns to capital, and with them a high standard of living.*”

Carvalho (2001) discute três vertentes teóricas da produtividade: i) a teoria neoclássica, baseada na produtividade total dos fatores, ii) o caráter microeconômico da produtividade, baseado nas teorias evolucionistas, gerenciais e comportamentais da empresa e na organização industrial e iii) o caráter macroeconômico da produtividade, com as teorias neomarxistas, do crescimento endógeno e os modelos Kaldor-Verdoorn. Gardiner *et al* (2004) expõem três explicações para a diversidade regional da produtividade. Na teoria neoclássica, as diferenças regionais na dotação dos fatores, na razão capital-trabalho e na tecnologia provocam diferenciais de produtividade. No entanto, o modelo prevê convergência entre as regiões. Na teoria do crescimento endógeno, as produtividades variam por causa da razão capital-trabalho, da dotação de conhecimento e da proporção dos trabalhadores designados para as indústrias produtoras de conhecimento. Por último, os modelos da literatura de Economia Espacial justificam maior produtividade de algumas regiões pelas externalidades provenientes da aglomeração espacial e especialização que geram retornos crescentes. Nessa linha, Rice *et al* (2006) encontraram que, na Grã-Bretanha, a proximidade a uma área com massa econômica expressiva representa uma influência bastante importante na variação da produtividade. Duplicar a massa econômica (ou diminuir a proximidade, por meio da redução do tempo de transporte) a que determinada região tem acesso resulta em aumento de 3,5% na produtividade.

Nesta tese, mediremos a eficiência e produtividade pela teoria neoclássica, mas também consideraremos os argumentos da Economia Espacial para justificar, pelo menos em partes, a eficiência produtiva das regiões.

Dentro da teoria neoclássica existem duas medidas principais de produtividade quando a tecnologia é multi-insumo e/ou multiproduto. Nas medidas de produtividade parcial apenas um dos insumos é considerado. É uma medida empregada normalmente para o trabalho, de onde se obtém a produtividade parcial do trabalho como uma razão entre o fluxo de produção física e o insumo trabalho. Um exemplo para o Brasil é o estudo de Bonelli (1996). Porém, o cálculo parcial não considera o uso de outros fatores nem mudanças na tecnologia de produção, dado que são possíveis diversas combinações de capital e trabalho. A produtividade total dos fatores (PTF), além de cobrir essa lacuna, pois mede a eficiência da produção de todos os fatores e insumos, pode ser utilizada como medida descritiva da produtividade. A PTF mede melhorias na tecnologia, organização da produção, mudanças na taxa de utilização dos recursos e sua eficiência. Nishimizu e Robinson (1986) estudaram as diferenças setoriais

no crescimento da produtividade para Japão, Coréia, Turquia e Iugoslávia, mostrando que as indústrias pesadas apresentam um crescimento mais rápido da PTF. Rossi e Ferreira (1999), Bonelli (1992) e Schor (2003) estudaram a PTF da indústria brasileira. Schor (2003) concluiu que houve um aumento na PTF entre os períodos de 1986-90 e 1992-98 na indústria de transformação, tanto pela maior produtividade das firmas individuais quanto por maior produção nas firmas de maior produtividade. A autora ainda destaca a grande heterogeneidade entre os setores industriais na evolução da produtividade no período.

A produtividade pode ser quantificada, segundo Balk (2001), a partir de suas diferentes fontes de crescimento. O autor identificou quatro fontes: i) mudança tecnológica: habilidade de produzir mais ao longo do tempo com os mesmos insumos ii) mudança de eficiência técnica: melhora na habilidade da firma em usar a tecnologia disponível iii) mudança na eficiência de escala: melhora na escala de operação das plantas industriais, questão relacionada com retornos constantes ou variáveis iv) efeito da mudança na composição do vetor de produtos ou de insumos na eficiência de escala. A mudança na PTF, segundo o autor, seria então obtida multiplicando-se cada componente. Coelli *et al* (2005) destacam que sem dados de preço dos produtos e insumos, a produtividade pode ser medida apenas pelas eficiências técnica, de escala e a tecnológica.

A eficiência pode ser definida através da comparação de um determinado desempenho observado com relação a um ótimo. Normalmente se diz que esse ótimo pertence a uma fronteira que, em geral, não é observada, precisando de aproximações empíricas para sua identificação.

Farrell (1957) definiu eficiência econômica como o resultado de dois componentes: a eficiência técnica (cujo objetivo é evitar desperdícios, produzindo o máximo de produtos que a tecnologia disponível possibilita) e a eficiência alocativa, que é a habilidade de combinar os produtos e insumos em proporções ótimas de acordo com seus preços. Há ainda o conceito de eficiência-X, um tipo de eficiência “não alocativa”, introduzido por Leibenstein (1966), com origem nas teorias gerenciais e comportamentais, que questiona o pressuposto da maximização dos lucros.

A análise da eficiência é desenvolvida principalmente por duas vertentes teóricas. A primeira pesquisa falhas de mercado, custos de informação e assimetrias, problemas de contrato e

barganha. A segunda é a metodologia de fronteira estocástica, desenvolvida para medir a eficiência e testar hipóteses sobre seus determinantes. Supondo retornos constantes de escala, como é o caso das definições de Farrell (1957), os diferentes conceitos de eficiência são ilustrados no Gráfico 1.

Fonte: COELLI *et al*, 2005, p. 52.

Gráfico 1 - Eficiência técnica, alocativa e custo eficiência

Em que x_1 e x_2 são os insumos e q é o produto.

A isoquanta SS' do Gráfico 1 é o local geométrico das firmas plenamente eficientes. Suponha uma firma não eficiente que se localize inicialmente no ponto P. Sua eficiência técnica (TE) é dada por:

$$1) \quad TE = \frac{OQ}{OP}, \text{ em que } 0 \leq TE \leq 1$$

TE igual a um indica que a firma é tecnicamente eficiente e está sobre a fronteira de produção (ou sobre a isoquanta). Nesse caso, a firma estaria no ponto Q. Se os preços dos insumos forem conhecidos, é possível desenhar a isocusto, representada no Gráfico 1 pela curva AA' . Mesmo sendo tecnicamente eficiente, a firma pode falhar na combinação ótima dos insumos, tendo em vista seus preços, sendo alocativamente ineficiente. No ponto Q a firma não tangencia a isocusto AA' . A eficiência alocativa (EA) ocorre no ponto Q' e é dada por:

$$2) \quad EA = \frac{OR}{OQ}, \text{ em que } 0 \leq EA \leq 1$$

A medida custo-eficiência resume as duas anteriores. Se a firma for plenamente custo-eficiente significa que é tanto alocativa quanto tecnicamente eficiente. A medida de custo-eficiência (CE) é dada por 3).

$$3) \quad CE = TE * EA = \frac{OR}{OP}, \text{ em que } 0 \leq CE \leq 1$$

Mesmo que a firma seja técnica e alocativamente eficiente, pode operar em uma escala que não seja ótima, isto é, a firma é escala-ineficiente. O Gráfico 2 ilustra duas fronteiras de produção: a fronteira reta representa retornos constantes de escala e a curva indica a fronteira com retornos variáveis de escala.

Fonte: COELLI *et al*, 2005, p. 61.

Gráfico 2 - O efeito das economias de escala

Em que x representa o insumo e q é o produto.

Mesmo que as três firmas A, B e C estejam sobre a fronteira de produção, não são igualmente eficientes. A firma A opera em uma região da fronteira de produção com retornos crescentes de escala, pois o aumento do produto é mais que proporcional ao aumento dos insumos. A firma C opera em uma região de retornos decrescentes de escala, enquanto que a firma B opera com a escala ótima, ou seja, no ponto em que a produtividade é máxima. Supondo uma firma que opere em D, para produzir a quantidade de produto G, ela pode reduzir o uso dos insumos até o ponto A, ou seja, a firma remove sua ineficiência técnica ao se deslocar para o

ponto A. Além disso, a firma D ainda reduz sua ineficiência de escala ao se deslocar para o ponto B.

Vários autores estudaram esses tipos de eficiência e a decomposição da mudança da produtividade em mudança de eficiência técnica, eficiência de escala e mudança de tecnologia (FORSUND; HJALMARSSON, 1979; 1987; BANKER; THRAL, 1992; FÄRE *et al*, 1994; BALK, 2001; RAY; DESLI, 1997; WHEELLOCK; WILSON, 1999; ZOFIO; LOVELL, 1999).

Dessa discussão, entende-se que os conceitos de produtividade (PTF) e eficiência são relacionados e é importante esclarecer de que forma isto ocorre. A produtividade é definida por uma relação entre produtos e insumos, que são transformados por algum processo tecnológico. Assim, a medida de produtividade incorpora elementos de eficiência tanto técnica quanto alocativa e de tecnologia. A eficiência técnica, também chamada na literatura de eficiência produtiva, relaciona os insumos e produto observados em referência a um desempenho ótimo. Se os preços dos insumos e produto também são considerados, trata-se, então, da eficiência alocativa. Além disso, existe outra diferença entre produtividade e eficiência relacionada ao método de estimação. A produtividade é derivada de uma função de produção, enquanto que a eficiência é derivada de uma fronteira de produção. A diferença principal está na suposição admitida sobre o componente de erro, como veremos mais adiante.

Assim, conclui-se que é possível estabelecer uma relação direta entre a eficiência econômica (e cada um de seus componentes) com a produtividade (PTF). Mantendo-se os demais fatores constantes, um aumento da eficiência técnica, alocativa ou de escala da firma provoca um aumento de sua produtividade. E também pelo já discutido inicialmente, quanto mais produtiva for a firma ou região, maior é sua competitividade.

2.2 Metodologias para quantificar produtividade e eficiência

A produção é um processo de transformação dos insumos em produtos, sobre a qual a natureza impõe restrições, de modo que somente algumas combinações de insumos são factíveis em um dado momento. O conjunto de possibilidades de produção representa todas as escolhas tecnologicamente possíveis para, a partir dos insumos disponíveis, se obter os

produtos. A função de produção indica a cesta mínima de insumos necessária para produzir certa quantidade de produto, ou o máximo de produto obtido a partir de uma cesta de insumos, dada a tecnologia disponível. A função de produção é uma expressão matemática para o local geométrico de todos os pontos que estão sobre a fronteira do conjunto de produção.⁴ A literatura tem estimado funções de produção, custo e lucro a partir dos trabalhos iniciais de Cobb e Douglas (1928), Arrow *et al* (1961), Berndt e Christensen (1973) e Christensen *et al* (1973). Esses autores supuseram funções flexíveis e erros estatísticos simetricamente distribuídos em torno da média zero. Até os anos de 1950, as funções de produção eram usadas para estudar a divisão funcional de renda entre capital e trabalho no nível macroeconômico. A atenção para níveis mais desagregados ocorreu na década de 1960, com os trabalhos de Hildebrand e Liu (1965) e Zellner e Revankar (1969).

É preciso considerar, entretanto, que, na prática, nem sempre os produtores são bem sucedidos em seu comportamento maximizador. Para levar em conta essa limitação, desenvolveu-se a teoria de fronteiras, em que a motivação, isto é, o comportamento maximizador, permanece, mas o sucesso dos produtores nem sempre ocorre. A fronteira é ajustada em relação às funções de produção, custo e lucro, reconhecendo a restrição de que todas as observações estão aquém de um extremo teórico. A falha do produtor, isto é, a distância em que ele se situa em relação à fronteira, é uma medida empírica de sua ineficiência.

Técnicas econométricas e de programação matemática podem ser utilizadas para obter medidas de produtividade e eficiência. Ambas são baseadas em conceitos de *benchmark*, ou seja, a medida de uma distância em relação a uma função de produção ou fronteira estimadas. No entanto, as metodologias diferem na técnica para envolver os dados, na acomodação do erro estatístico e na flexibilidade da tecnologia de produção. Ambos os métodos consideram um componente de ineficiência produtiva (ou de produtividade das firmas). Mas, além disso, uma das vantagens do método econométrico é considerar também a possibilidade do efeito aleatório. O método de programação matemática, por outro lado, tem a vantagem de evitar más especificações da forma funcional. Esses métodos serão discutidos mais detalhadamente ao longo do trabalho.

⁴ O problema dual à função de produção é a função custo, que representa o custo mínimo de produzir um produto dado o preço dos insumos e a tecnologia. Pode-se definir, também, a função convexa conjugada das funções de produção e custo, ou seja, a função lucro, que indica o máximo de lucro obtido dados os insumos, o produto, seus preços e a tecnologia.

2.2.1 Medida de produtividade proposta por Olley e Pakes (1996)

Os índices de produtividade da firma ou indústria podem ser obtidos através da diferença entre a produção observada da firma e uma produção ótima, estimada por uma função de produção. O método de MQO, Mínimos Quadrados Ordinários, para estimar essa função é criticado na literatura porque suas estimativas podem estar viesadas. Consideremos a tecnologia da firma i no tempo t descrita por uma função de produção do tipo Cobb-Douglas:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 L_{it} + \beta_2 K_{it} + v_{it}$$

$$v_{it} = \omega_{it} + \varepsilon_{it}$$

em que o produto y_{it} e os insumos trabalho e estoque de capital (L_{it} e K_{it} , respectivamente) estão em logaritmo. O termo v_{it} é chamado de resíduo composto e é formado pela produtividade ω_{it} e pelo erro estatístico ε_{it} . No início de cada período, a firma deve tomar duas decisões: primeiro, sobre sua permanência no mercado e, segundo, sobre a combinação de insumos usada na produção. Ambas as decisões estão correlacionadas com o nível de produtividade da firma ω_{it} , fazendo com que o erro composto v_{it} seja correlacionado com as variáveis explicativas. A correlação entre o erro e as variáveis independentes viesas as estimativas obtidas por MQO. Ao tomar essas decisões, a firma conhece seu nível de produtividade, o qual não é conhecido pelo econometrista. Portanto, as decisões da firma provocam dois tipos de vies: o de seleção (se a firma permanece ou sai do mercado) e o da simultaneidade (a firma conhece sua produtividade ao escolher a combinação de insumos).

A fim de estimar funções de produção não viesadas, é possível considerar a produtividade ω_{it} como um efeito fixo ($\omega_{it} = \omega_i$), ou seja, assume-se que a produtividade é específica da firma e constante no tempo. Como esta hipótese é muito forte, a literatura avança nesta questão através da metodologia proposta por Olley e Pakes (1996), que visa resolver o problema por meio de um modelo estrutural dinâmico.⁵

Olley e Pakes (1996)⁶ desenvolveram um estimador semiparamétrico para estudar a produtividade das firmas de equipamentos de telecomunicação nos Estados Unidos, após o processo de reestruturação da indústria resultante dos processos de mudança tecnológica e

⁵ O nível de produtividade e a escolha dos insumos são questões comportamentais que variam ao longo do tempo, justificando, segundo os autores, a necessidade de um modelo dinâmico.

⁶ Doravante, a metodologia proposta por Olley e Pakes (1996) será referido como OP.

liberalização do ambiente regulatório. Os autores concluíram que o ganho de produtividade da indústria ocorreu principalmente pela realocação da produção para as firmas mais produtivas. Para tal, assumiram que havia apenas uma variável de estado não observada, a produtividade, responsável pelas diferenças de comportamento das firmas no tempo. Para controlar o problema da correlação contemporânea entre essa variável e os insumos, utilizaram o investimento como variável auxiliar, pois este, assumem, possui uma relação crescente (monótona) com a produtividade. Modelaram, portanto, o investimento em função do nível de produtividade não observado da firma e do estoque de capital.

Dado o aspecto dinâmico do modelo, e supondo que a firma decida permanecer no mercado, o problema da firma é maximizar o fluxo líquido de lucros presente e futuros, utilizando, para isso, o insumo trabalho como variável de controle.

2.2.2 Medida de eficiência - fronteira estocástica

O desenvolvimento teórico das fronteiras de eficiência ocorreu sob influência da literatura de eficiência produtiva, no início dos anos de 1950. Koopmans (1951) definiu a produção eficiente como aquela em que é impossível produzir mais de qualquer produto sem produzir menos de outro, ou sem usar mais insumo. Mas a literatura de fronteira de produção começou com Debreu (1951), Shephard (1953) e Farrell (1957). Os dois primeiros introduziram a distância radial em relação à origem como forma de medir a distância do produtor à fronteira. Farrell (1957) foi o primeiro a medir a eficiência produtiva empiricamente, chamando a atenção para os desvios da função estimada. Utilizando técnicas não lineares para estudar a agricultura dos Estados Unidos, influenciou o desenvolvimento tanto do método paramétrico quanto do não paramétrico de estimação de fronteira.

De uma forma geral, a fronteira de produção segue a mesma definição da função de produção, apenas considerando que todas as observações (sejam firmas ou regiões) encontram-se aquém de um ótimo teórico.

Definem-se como tecnicamente ineficientes aqueles produtores que não estão sobre a fronteira de produção; como custo ineficientes os que não se encontram sobre a fronteira de custo; e como lucro ineficientes os que não pertencem à fronteira de lucro. Além disso, uma vasta

literatura indica outros motivos pelos quais o produtor não consegue alcançar um ponto na fronteira. São motivos, resumidos sob o nome de “ineficiência X”, como falha na otimização, falta de informação ou monitoramento. (KUMBHAKAR; LOVELL, 2000).

Os modelos de fronteira se dividem entre os determinísticos e os estocásticos e os métodos de estimação são divididos entre paramétrico e não paramétrico. Nas funções determinísticas, os desvios das observações com relação a um máximo teórico são atribuídos somente à ineficiência técnica. Desta forma, o componente estocástico do erro também está contido no termo de ineficiência. Para ilustrar, supomos uma relação funcional da função de produção dada por:

$$y_i = f(x_i, \beta) + \varepsilon_i$$

Em que:

i : i-ésima unidade produtora;

x_i : vetor de insumos utilizados pela i-ésima unidade produtora;

β : vetor de parâmetros a serem estimados;

ε_i : erro composto formado pela somatória do termo aleatório v_i (para o qual se assume, geralmente, uma distribuição normal) e o termo de ineficiência técnica u_i .

Quando se assume $v_i = 0$, a análise se reduz a uma fronteira determinística.

Supondo uma forma funcional linear, o modelo pode ser transformado, a fim de se obter a normalidade dos novos erros:

$$y_i = (\alpha + E(\varepsilon_i)) + x_i\beta + (\varepsilon_i - E(\varepsilon_i)) = \alpha^* + x_i\beta + \varepsilon_i^*$$

Em que:

α : intercepto desconhecido;

x : vetor de variáveis explicativas;

β : vetor de parâmetros desconhecidos.

Reestabelecida a hipótese de normalidade dos resíduos, o modelo pode ser estimado por MQO, obtendo estimadores consistentes e não viesados para os coeficientes de inclinação. No entanto, o intercepto é viesado e subestimado, dificultando o uso de MQO para medir a ineficiência técnica. Para corrigir este viés, Winsten (1957) propôs o método COLS (*Corrected Ordinary Least Squares*) de dois estágios, em que a fronteira determinística de produção estimada é deslocada para cima até que os resíduos, menos um, sejam negativos.⁷ Dessa forma, tanto o intercepto quanto os resíduos são deslocados.

No entanto, ao ajustar todos os resíduos em relação a um ponto, a ineficiência estimada fica dependente deste ponto. Este resultado é bastante fraco, pois os *outliers* podem dificultar a correção dos resultados. Além do COLS, outra solução, nomeada de MOLS (*Modified Ordinary Least Squares*), requer modelar parametricamente a distribuição do termo de ineficiência u_i (AFRIAT, 1972; RICHMOND, 1974; LOVELL, 1993). A fronteira de produção é deslocada por um estimador consistente da esperança da ineficiência $E(u_i)$, obtido através dos momentos da distribuição assumida para u_i .

Farrell (1957) influenciou os trabalhos de Aigner e Chu (1968), Seitz (1971), Timmer (1971), Afriat (1972) e Richmond (1974). Cada um deles estimou uma fronteira de produção determinística usando técnicas de programação linear ou através de modificações no método de MQO, com a restrição de que os resíduos sejam não positivos. Para isso, Aigner e Chu (1968) aplicaram dois métodos, a programação linear e a programação quadrática, em que os resíduos podem ser comparados entre si ou em relação a um padrão de desvio absoluto. Usando uma distribuição assimétrica exponencial ou *half-normal* do erro, os estimadores de máxima verossimilhança são consistentes (SCHMIDT, 1976). Afriat (1972) sugeriu as distribuições beta e gama. Timmer (1971) propôs uma abordagem probabilística, permitindo que alguns resíduos fossem positivos.

O método de estimação não paramétrico de fronteiras de eficiência, denominado na literatura de Análise Envoltória de Dados, baseado em programação linear, domina atualmente a literatura de fronteiras determinísticas. No entanto, como nos modelos de fronteira determinística a única fonte de erro é a ineficiência, qualquer observação discrepante pode ter

⁷ Gabrielsen (1975) e Greene (1980a) apresentam provas de consistência do estimador COLS.

muita influência sobre as estimativas. Esses modelos carecem de um componente de ruído aleatório que capte variações estocásticas na variável dependente.

Visando solucionar o problema da inexistência do erro estatístico, Schmidt (1976) iniciou o estudo da associação entre as distribuições específicas do erro assimétrico e o termo de ineficiência técnica. Aigner *et al* (1976), ao focarem na assimetria da distribuição dos erros como um reflexo da ineficiência técnica, foram os precursores da fronteira estocástica, sendo possível estimar fronteiras de eficiência através do método paramétrico. São as Fronteiras Estocásticas (ou SFA, *Stochastic Frontier Analysis*, como registra a sigla em inglês), nas quais é necessário especificar os parâmetros e a forma funcional da função a ser estimada através de ferramentas econométricas.

2.2.3 Outras medidas –Malmquist e DEA

Existem outras medidas aplicadas na literatura para mensurar a produtividade e eficiência das firmas. Como não as utilizamos na tese, apresentamos, a seguir, apenas a ideia principal de duas metodologias.

2.2.3.1 Índice de produtividade Malmquist

Uma forma de medir a produtividade total dos fatores é através do índice de Malmquist (1953) baseado em dois instantes no tempo e em funções distância, que além de descreverem as tecnologias multiproduto e multi-insumo sem precisar especificar o objetivo comportamental, dependem da orientação utilizada: insumo ou produto (CAVES *et al*, 1982a; 1982b; SHEPHARD, 1953). A PTF produto-orientada representa o máximo de produto que se obtém com um vetor de insumos, dada a tecnologia. A PTF insumo-orientada representa o produto obtido com o mínimo de insumos, dada a tecnologia. Entre outras propriedades, quando há retornos constantes de escala, as medidas do índice de Malmquist insumo-orientada e produto-orientada são iguais. Além disso, a indicação de melhor produtividade pode ser tanto resultado da melhoria na eficiência técnica como de uma mudança tecnológica, sendo possível decompor o índice nos dois efeitos. Quando os retornos de escala são variáveis, há mais duas fontes: melhorias na escala de operação e a possibilidade de explorar economias de escopo (GRIFELL-TATJÉ; LOVELL, 1999; BALK, 2001).

2.2.3.2 Índices de eficiência por DEA

A Análise Envoltória de Dados (ou DEA, de acordo com a sigla em inglês) é um conjunto de técnicas que analisa funções de produção, custo ou lucro, sem parametrizar a tecnologia da firma. A DEA é uma ferramenta de diagnóstico desenvolvida por Charnes *et al* (1978) e estendida por Banker *et al* (1984), utilizada para analisar modelos de produtividade multifator para avaliar a eficiência relativa de um conjunto de DMU (unidades de decisão ou *Decision Makers Units*, em inglês). Trata-se de um exercício de otimização matemática que transforma o problema de maximização em programação linear com restrições. Todas as DMU devem usar os mesmos tipos de insumos para obter determinado produto através de uma tecnologia desconhecida, não sendo necessário supor funções de produção e vetores de preços. Os procedimentos de programação, portanto, não estão baseados em modelos estatísticos explícitos.

O método supõe a existência de uma fronteira ideal de produção restringindo os produtores que se situam a certa distância dela. Através da análise comparativa das DMU, a DEA converte medidas de insumos e produtos em um único índice de eficiência, obtendo um ranking para todas as DMU, por meio da relação com a observação da melhor prática. Cada unidade obtém um escore relativo de eficiência entre zero e um, que é igual à distância entre a DMU observada e a fronteira eficiente, para a qual a referência são as unidades identificadas como eficientes (benchmarks).

A comparação entre DEA e fronteiras paramétricas deterministas revela que os resultados obtidos pelas técnicas são bastante similares. A vantagem em usar a DEA é que a análise não recorre a padrões preestabelecidos de eficiência, uma vez que não se supõe, a priori, quais as ponderações dos insumos e produtos que produziriam maior eficiência. Também não é necessário determinar, a priori, a função de tecnologia. No entanto, como a DEA é um método não paramétrico, está sujeito às mesmas críticas da inexistência do erro estatístico, pois a metodologia da DEA não considera a ocorrência do erro aleatório. Se houver elementos estocásticos no processo produtivo, os resultados da DEA podem ser viesados. Além de que não é possível submeter os resultados a testes estatísticos. Alguns trabalhos mais recentes buscam resolver as críticas desta metodologia (SIMAR; WILSON, 1998; XUE; HARKER, 1999; TSIONAS, 2003).

2.2.4 Intensidade tecnológica da produção

A indústria tem um papel chave no processo de geração e difusão de conhecimento e de inovações tecnológicas para a economia e a sociedade como um todo. De acordo com Viotti *et al* (2005), existe uma suposição de que um dos principais entraves ao crescimento da produtividade e da competitividade da economia brasileira é a pobreza no dinamismo do processo de inovação tecnológica no Brasil. Também é possível analisar a questão em relação às firmas, uma vez que o processo de inovação tem importância estratégica para as empresas na busca de vantagens que melhorem seus desempenhos e de diferenciais competitivos em suas atividades (PIA, 2003).

Em qualquer momento do tempo, o nível de tecnologia determina as técnicas disponíveis para a combinação dos insumos. Dentre as técnicas, a firma escolherá a que maximize os lucros da produção, dados os preços dos fatores. Há tecnologias, por exemplo, que visam utilizar menor quantidade do insumo de produção mais caro. Por isso, a tecnologia é um componente essencial no desempenho competitivo das firmas, pois o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias, na medida em que introduz mudanças nos métodos de trabalho e no uso dos fatores de produção na firma, são essenciais para o crescimento da produção e o aumento de sua produtividade. Segundo De Negri e Salerno (2005), o uso das potencialidades geradas pela inovação das firmas lhes garante melhor posição competitiva.

De acordo com Coombs *et al* (1987), a melhoria da eficiência das firmas como consequência das inovações é um passo intermediário para alcançar o crescimento e desenvolvimento econômico. A inovação tem impactos positivos sobre o crescimento da firma, a geração de renda e o desempenho exportador do país. O esforço inovador, através da transmissão de conhecimento obtido pelas atividades de P&D, produz impactos positivos sobre a competitividade das demais firmas do setor. Para a população como um todo e os trabalhadores, em particular, devido ao círculo virtuoso, a inovação pode contribuir para elevação dos salários e, conseqüentemente, aumento do bem estar social. Ela também aumenta a qualidade dos produtos, amplia a participação no mercado, abre novas oportunidades de negócios, reduz custos e impactos ao meio ambiente, tornando as firmas mais competitivas. Pode-se afirmar, portanto, que as inovações tecnológicas criam um potencial produtivo e competitivo (STONEMAN, 1994; 1996; DE NEGRI; SALERNO, 2005).

A literatura sobre desenvolvimento tecnológico da indústria reconhece que os setores industriais se diferenciam em termos do uso de seus recursos tecnológicos e pelo papel que desempenham nos fluxos intersetoriais de tecnologia (ERBER, 2000; PAVITT, 2003). A composição setorial da economia possui grande influência na demanda do sistema industrial por recursos tecnológicos e, conseqüentemente, tanto o progresso técnico quanto o uso dos ativos tecnológicos tendem a ser mais rápidos quanto maior a proporção de setores que atuam próximos da fronteira científica e de setores produtores de bens de capital. De acordo com Schor (2003), de 1987 a 1998, a taxa média anual de crescimento da produtividade total dos fatores foi de 2,33% para as firmas brasileiras em que a tecnologia é o fator intensivo de produção; entre as firmas cujo fator intensivo é o capital, o crescimento foi de apenas 0,53%; e as firmas intensivas em recursos naturais e trabalho mostraram queda anual de 0,23% e 1,83%, respectivamente. Quadros *et al* (2001) notam a grande concentração das atividades tecnológicas nos setores intensivos em escala. Por outro lado, os setores mais tradicionais têm um grande peso na produção total brasileira, se comparados aos países desenvolvidos, mostrando que a capacidade de inovação da indústria nacional tende a ser menor do que nesses países.

É plausível supor que as firmas com maior conteúdo tecnológico demandem mão de obra mais qualificada. Sem os trabalhadores capacitados, a firma torna-se incapaz de dominar novas tecnologias e minimiza suas possibilidades de geração de inovações. Por isso, em geral, a escolaridade média dos trabalhadores pode ser vista como uma variável *proxy* para o nível tecnológico da firma. Kupfer e Rocha (2005) concluem existir uma relação positiva entre a capacitação técnica da mão de obra e o desempenho exportador, mostrando a importância da tecnologia e do desenvolvimento do capital humano na capacidade competitiva das empresas.

No entanto, apesar da discussão sinalizar que as inovações tecnológicas são capazes de aumentar a eficiência e produtividade das firmas, uma inovação só tem impacto sobre um segmento econômico e, conseqüentemente sobre a produtividade, quando ocorre o processo de difusão do uso dessa inovação (CARVALHO, 2000). As áreas urbanas são conhecidas na literatura como o berço para novas ideias e inovações, justamente pela diversidade de conhecimentos concentrados em um local, sendo também responsáveis pelo aumento da produtividade do trabalho (WORLD BANK, 2005).

Essa discussão aponta a necessidade de considerar a questão da produtividade e da competitividade em contexto dinâmico, dado que a função de produção tende a se mover com o tempo, em função da evolução tecnológica. E aponta também que a competitividade de firmas localizadas em diferentes regiões (e, portanto, com diferentes acessos a economias de aglomeração e de berços de inovações tecnológicas) pode evoluir de forma diferenciada.

Estas considerações balizam a escolha do objeto de estudo desta tese, que é a mensuração da competitividade de plantas industriais em diferentes regiões e a averiguação da importância das economias de aglomeração, da proximidade com outros estabelecimentos e da influência da intensidade tecnológica das atividades econômicas.

2.3 Conclusões

Este capítulo apresentou as definições de competitividade, produtividade e eficiência e mostrou como a literatura relaciona essas três medidas. Para serem competitivas, as firmas ou regiões devem se mostrar mais atrativas do que suas concorrentes. Esta atratividade pode ser medida por meio de conceitos de produtividade e eficiência. Apresentamos, brevemente, duas formas discutidas na literatura para esse fim: a Produtividade Total dos Fatores, pela metodologia proposta por Olley e Pakes (1996), e a eficiência produtiva, pela metodologia de Fronteiras Estocásticas.

Para obter esta medida de desempenho regional da indústria, devemos primeiro definir a base de dados da indústria de transformação que formará a amostra a ser analisada. Isto será feito no próximo capítulo. Tendo os dados, em seguida é necessário definir, por meio de ferramentas econométricas, o modelo mais adequado da função de produção estimada (capítulo Quatro), a partir do qual serão obtidas e analisadas as estimativas de desempenho regional (capítulo Cinco).

3 AMOSTRA

No capítulo anterior apresentamos os conceitos definidos na literatura que visa medir desempenho econômico, seja de uma região, país ou firma. Dado que o objetivo da tese, de uma forma geral, é obter indicações de competitividade regional da indústria de transformação, o capítulo anterior apresentou como a literatura mede o desempenho: seja por indicadores de eficiência ou de produtividade. O passo seguinte é a aplicação destas medidas aos dados da indústria brasileira. O objetivo deste capítulo é descrever e analisar os dados e as variáveis usadas nos modelos desta tese e discutir algumas questões a respeito dos dados utilizados. O capítulo está organizado em duas seções: a primeira define as variáveis utilizadas; a segunda define as amostras e apresenta uma análise descritiva dos dados.

Os quadros, mapas e tabelas apontados ao longo do texto são apresentados no apêndice do final deste capítulo.

3.1 Descrição das variáveis

A amostra é composta de empresas do setor industrial, oriundas da PIA divulgada pelo IBGE⁸, e é formada por um painel não balanceado com três dimensões. A dimensão temporal é definida com observações anuais de 2000 a 2006. As unidades da análise são divididas em duas dimensões: a geográfica, com 137 mesorregiões, e a setorial, com 23 setores da indústria de transformação da CNAE 1.0 (dois dígitos).

Em relação às variáveis, para estimar funções e fronteiras de produção, é necessário definir medidas de produto e de insumos. O produto será medido pela variável Valor da Transformação Industrial (VTI), que é calculada pelo IBGE através da seguinte fórmula:

$$VTI = \text{Valor Bruto da Produção (VBP)} - \text{Custo das Operações Industriais (COI)}$$

⁸ No Apêndice 1, no final da tese, são discutidos alguns detalhes dessa pesquisa. Maiores detalhes podem ser obtidos em PIA (2005).

Serão utilizados dois insumos na função de produção, trabalho e capital. O trabalho é medido pelo Número Médio de Pessoas Ocupadas no Ano, que computa a média anual do total de pessoas ocupadas com ou sem vínculo empregatício e não inclui membros do conselho administrativo, diretor ou fiscal, autônomo e pessoas que, apesar de trabalharem dentro da empresa, são remuneradas por outras firmas.

Sobre o estoque de capital, utilizaremos a *proxy* Valor Total do Ativo na Empresa, incluída na PIA a partir de 2000, que considera o ativo circulante, realizável de longo prazo e permanente.⁹

A variável Compra de Energia Elétrica e Consumo de Combustíveis Usados para Acionar Maquinaria e para Aquecimento também será utilizada de forma auxiliar na metodologia de OP. Além disso, para captar os efeitos de fatores tecnológicos e mudanças organizacionais e regulamentais não observadas, introduziu-se a variável tendência.

É importante notar que, dadas as regras de sigilo de informações do IBGE, foi necessário agregar todas as unidades produtivas de certa região em uma unidade geográfica suficientemente grande para evitar a censura dos dados, e pequena para explorar os detalhes da amostra. Escolheu-se a mesorregião e, a partir disto, foi calculada uma unidade produtiva média ou representativa por mesorregião. Isso foi feito em todos os níveis considerados no estudo (setores industriais de dois dígitos da CNAE 1.0 e grupos de intensidade tecnológica). Isto significa que não temos acesso ao valor das variáveis para a empresa ou firma. Na verdade, nesta pesquisa, cada mesorregião assume o papel de uma firma, ou seja, em cada setor temos uma firma representativa por mesorregião. Assim, de acordo com nosso banco de dados, cada setor industrial pode ter no máximo 137 firmas no Brasil, pois existem 137 mesorregiões. Cada mesorregião em cada setor está composta por certo número de estabelecimentos. Os dados do IBGE nos informam quantos são estes estabelecimentos, mas soma seus valores ao fornecer cada variável, como pessoal ocupado ou valor da produção da mesorregião i no setor j . Por isso, a fim de evitar distorções, o primeiro passo foi calcular os valores médios de cada variável para a mesorregião. Ou seja, os valores dos insumos e

⁹ Em princípio, pensou-se em utilizar toda a série disponível, que se inicia em 1996. Todavia, antes de 2000, a PIA não divulgava nenhuma informação a respeito do estoque de capital ou valor do ativo. Foram realizadas tentativas de estimar esse estoque para os anos anteriores, utilizando o valor conhecido do ano 2000 e os valores de novos investimentos, baixas e depreciação. Os resultados obtidos mostraram-se inconsistentes, pelo que se deu prioridade à manutenção de um painel mais curto, mas com valores mais confiáveis para a variável estoque de capital.

produtos da mesorregião i , que possui k unidades locais (estabelecimentos), foram obtidos através da divisão do valor agregado da mesorregião pelo número de unidades locais. Para esse cálculo, foram consideradas todas as unidades produtivas de cada região, ou seja, sem interferência dos limites de sigilo, já que o cômputo dos valores agregados foi feito pelo IBGE, a pedido. A Figura 1 mostra o Brasil dividido em mesorregiões. As áreas em verde são as mesorregiões que contêm as capitais dos estados.

Fonte: IBGE.

Ilustração 1– Brasil em mesorregiões

Para se obter qualquer variável (insumos e produto) derivada dos dados da PIA foi necessário primeiro trabalhar o banco de dados no sentido de limpar e tratar as observações aberrantes (*outliers*). O tratamento do banco de dados está descrito no Apêndice 1 no final desta tese.

A Tabela 1 identifica as variáveis utilizadas nesta tese para estimação da função de produção, em que os subscritos i e j designam mesorregião e setor, respectivamente. Vale destacar que as variáveis monetárias da PIA são nominais e foram deflacionadas utilizando o IPA-OG setorial, Índice de Preços ao Atacado – Oferta Global, calculado pela Fundação Getúlio

Vargas.¹⁰ As duas pesquisas não têm uma correspondência perfeita na classificação setorial e por isso foi necessário realizar algumas reclassificações. Os detalhes também estão no Apêndice 1, que, além disso, descreve as regras de exclusão das mesorregiões e dos setores aplicadas à amostra (dos 23 setores, passamos a trabalhar com 22, pois o setor de Produção de Fumo, 16, foi excluído da amostra).

Tabela 1 - Lista das variáveis

Objetivo	Variável	Código PIA
Função de Produção	Valor da Transformação Industrial	Variável derivada de VBP e COI
	Número Médio no Ano do Pessoal Ocupado Total	V0008
	Total do Ativo (estoque de capital)	V210
	Tendência	Assume valores de 1 (para 2000) a 7 (para 2006)
Variável Auxiliar	Compra de Energia Elétrica e Consumo de Combustíveis	Variável derivada das contas V0053 e V0054

Fonte: PIA, 2005.

3.2 Análise descritiva das variáveis

Os dados obtidos da PIA estão por setor da CNAE 1.0¹¹, por mesorregião e ao longo do tempo. Assim, usando i para mesorregião, j para setor e t para tempo, temos que cada unidade de observação é descrita por $variável_{ijt}$. A partir disto, construímos duas amostras.

- 1) Amostra geral: todos os dados são empilhados e cada firma é definida pelo setor j na mesorregião i . Por exemplo, a firma um passa a ser a mesorregião 3515 no setor 15, a firma dois é a mesorregião 3515 no setor 17, a firma três é a mesorregião 3306 no setor 15 e assim por diante. Neste caso, cada mesorregião pode ter até 22 setores, o que gera 22 firmas por mesorregião. O número máximo de firmas por período para o Brasil é 3.014, (pois há 137 mesorregiões e 22 setores).

¹⁰ O índice está referido com base 100 em agosto de 1994.

¹¹ Os códigos da CNAE 1.0 e das mesorregiões estão no Apêndice 2. Ao longo da tese, escolhemos formas mais curtas do nome do setor para nos referirmos no texto, mas sempre acompanhado do código, para facilitar a consulta nas tabelas do Apêndice 2.

- 2) Amostra por intensidade tecnológica: são as mesmas variáveis, mas os setores estão agregados de acordo com sua intensidade tecnológica, conforme definido em De Negri e Salerno (2005): alta intensidade (AI), média alta (MAI), média baixa (MBI) e baixa intensidade (BI). A classificação dos setores está descrita no Apêndice 2¹² no final da tese. A amostra também é composta por dados empilhados. No entanto, agora cada mesorregião pode ter até quatro setores ($j = 1$ a 4). Ou seja, cada mesorregião tem até quatro firmas e por isso, o número máximo de firmas por período para o Brasil é 548 (137 mesorregiões e 4 setores).

Com a “Amostra Geral” será possível investigar a produtividade e eficiência da indústria de forma mais detalhada, pois os dados são mais desagregados. A segunda amostra destaca o papel da intensidade tecnológica na análise do desempenho regional. Segundo PIA (2003), os setores são agregados em quatro grupos de intensidade tecnológica, definidos pelos quartis derivados da razão entre o gasto em Pesquisa e Desenvolvimento e a Receita Líquida de Vendas da empresa.¹³ Enquanto que no setor AI as atividades se concentram na produção de bens de capital e de consumo duráveis, o setor BI está caracterizado por atividades tradicionais, que, em geral, incorporam tecnologias desenvolvidas por outros setores. Entre os setores de média intensidade, MAI é mais heterogêneo, produzindo tanto bens intermediários quanto de consumo durável, mas, em geral, intensivos em economias de escala e recursos naturais. MBI busca reduzir seus custos de produção por meio da aquisição de máquinas e equipamentos e melhorias de seu processo produtivo (DE NEGRI; SALERNO, 2005).

O Gráfico 3 mostra a evolução de algumas variáveis da indústria brasileira entre 2000 e 2006.

¹² Para a alocação das unidades produtivas em um desses quatro grupos, foi utilizada uma classificação industrial mais detalhada, ao nível de três dígitos. Os dados obtidos do IBGE já vieram agregados por setor de intensidade tecnológica, de acordo com a classificação no Apêndice 2.

¹³ Esta metodologia faz referência ao modelo proposto pela OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico).

Fonte: Cálculos próprios a partir dos dados da PIA.

Gráfico 3 – Evolução das variáveis da indústria brasileira – 2000 a 2006¹⁴

O número total de firmas da indústria de transformação cresceu tanto quanto o pessoal ocupado: em torno de 30% no período (4,4% ao ano). Em termos reais, a produção cresceu cerca de 130% (14,6% ao ano). O estoque de capital aumentou 115% (13,6% ao ano) e o consumo de energia elétrica quase 200% (20% ao ano). O maior crescimento da indústria ocorreu em 2003.

A fim de analisar a evolução da participação de cada setor na indústria brasileira, o Quadro 1 compara as variáveis por meio do gráfico da variação dos valores e o gráfico de cada variável em 2006. Já o Quadro 2 explora duas séries: a evolução das variáveis da indústria entre 2000 e 2006 e a variação na participação relativa do setor no período (isto é, se o setor aumentou sua participação relativa no total da indústria).¹⁵

A indústria se mantém bastante concentrada em todo o período. Em 2000, 11 setores detêm 80% do Valor da Transformação Industrial, enquanto que em 2006, 10 setores. O maior setor

¹⁴ Valor da Transformação Industrial, Estoque de Capital e Energia Elétrica estão em bilhões de Reais. Número de Unidades Locais e Pessoal Ocupado em unidades e mil pessoas, respectivamente.

¹⁵ O setor de Reciclagem (37) obteve um crescimento bastante expressivo no período, principalmente por partir de uma base pouco expressiva. Excluímos esse setor da análise gráfica para observarmos os demais com maior nível de detalhamento.

industrial é o de Alimentos (15). Em termos de VTI é seguido pelo setor Químico (24) e de Veículos (34), tanto em 2000 quanto em 2006.

O setor de Material Eletrônico e Comunicações (32), em função do crescimento modesto no período, foi quem mais perdeu participação na indústria em termos de valor de produção (VTI). Os setores de Combustíveis (23) e Outros Veículos (35) foram os que mais ganharam participação no estoque de capital da indústria, onde novamente o setor 32 teve menor expressão. O setor Outros Veículos (35) aumentou em quase 170% a quantidade de pessoal ocupado no período, seguido pelo setor 30 (Equipamentos de Informática) com 111%. O setor de Edição (22) foi o único com retração do total de trabalhadores no período (-0,83%) enquanto Material Eletrônico e Comunicação (32) manteve-se praticamente estagnado. Vale notar que esta análise não considerou o comportamento do setor de Reciclagem, pois apesar de ter crescido expressivamente no período, principalmente devido aos baixos valores iniciais, ainda ocupa a última posição na participação de todas as variáveis na indústria brasileira.

Os resultados apontados pelo Quadro 2 entre 2000 e 2006 dividem os setores em três grupos comportamentais para cada variável, resumidos na Tabela 2.

Grupo 1: Retração da Variável X e Queda na Participação Relativa do Setor na Indústria.

Grupo 2: Crescimento da Variável X e Queda na Participação Relativa do Setor na Indústria.

Grupo 3: Crescimento da Variável X e Aumento na Participação Relativa do Setor na Indústria.

Tabela 2 – Comportamento dos setores entre 2000 e 2006

Variável X	Grupo	Setor
Unidade Local	1	Combustíveis (23).
	2	Alimentos (15), Madeira (20), Celulose (21), Edição (22), Químicos (24), Minerais Não-Metálicos (26), Metalurgia (27), Equipamentos de Informática (30), Eletrônicos e Comunicação (32) e Móveis (36).
	3	Têxtil (17), Vestuário (18), Couro (19), Plásticos (25), Produtos de Metal (28), Máquinas (29), Equipamentos Elétricos (31), Instrumentos de Precisão (33), Veículos (34), Outros Veículos (35) e Reciclagem (37).

(cont.) Comportamento dos setores entre 2000 e 2006

Variável X	Grupo	Setor
Valor da Transformação Industrial	1	Nenhum setor.
	2	Têxtil (17), Vestuário (18), Couro (19), Celulose (21), Edição (22), Químicos (24), Plásticos (25), Minerais Não-Metálicos (26), Equipamentos de Informática (30), Equipamentos Elétricos (31), Eletrônicos e Comunicação (32), Instrumentos de Precisão (33), e Móveis (36).
	3	Alimentos (15), Madeira (20), Combustíveis (23), Metalurgia (27), Produtos de Metal (28), Máquinas (29), Veículos (34), Outros Veículos (35) e Reciclagem (37).
Estoque de Capital	1	Nenhum setor.
	2	Alimentos (15), Têxtil (17), Vestuário (18), Celulose (21), Edição (22), Químicos (24), Produtos de Metal (28), Equipamentos de Informática (30), Equipamentos Elétricos (31), Eletrônicos e Comunicação (32), Instrumentos de Precisão (33), Veículos (34) e Móveis (36).
	3	Couro (19), Madeira (20), Combustíveis (23), Plásticos (25), Minerais Não-Metálicos (26), Metalurgia (27), Máquinas (29), Outros Veículos (35) e Reciclagem (37).
Pessoal Ocupado	1	Edição (22).
	2	Têxtil (17), Vestuário (18), Couro (19), Madeira (20), Celulose (21), Químicos (24), Plásticos (25), Minerais Não-Metálicos (26), Equipamentos Elétricos (31), Eletrônicos e Comunicação (32), Instrumentos de Precisão (33) e Móveis (36).
	3	Alimentos (15), Combustíveis (23), Metalurgia (27), Produtos de Metal (28), Máquinas (29) Equipamentos de Informática (30), Veículos (34), Outros Veículos (35) e Reciclagem (37).

O grupo um é formado pelos setores com o pior desempenho, pois perderam representatividade na indústria brasileira durante 2000 a 2006, não só com queda absoluta no Valor da Transformação Industrial, Pessoal Ocupado, Estoque de Capital ou Unidades Locais, mas também perderam participação relativa na indústria total. Enquadram-se nessa situação somente os setores de Edição (22), para o Pessoal Ocupado, e de Combustíveis (23), para Unidades Locais. O grupo dois reúne setores que, apesar de terem crescido no período, não aumentaram sua participação em relação aos demais setores. Grosso modo, pode-se dizer que o setor manteve a média do crescimento geral da indústria, mas sem esforços adicionais para conquistar espaço de destaque. Os setores de Celulose (21), Químico (24), Eletrônicos e

Comunicação (32) e Móveis (36) apresentam sempre este comportamento para todas as variáveis industriais.

O grupo três congrega setores que aumentaram a capacidade industrial não só em termos absolutos, mas também em relação à média, pois ganharam maior participação relativa no total da indústria. Todas as variáveis industriais de Máquinas (29), Outros Veículos (35) e Reciclagem (37) exibiram essa característica. Apenas o número de Unidades Locais não obedeceu a esse comportamento para os setores de Combustíveis (23) e Metalurgia (27), mas pelo crescimento mostrado no Quadro 2, são setores que também merecem destaque nesse comportamento.

O comportamento regional da produção industrial brasileira é descrito pelos mapas do Quadro 3, que mostram a distribuição das variáveis em 2006 e a variação entre 2000 e 2006.¹⁶ Os valores de cada mesorregião foram obtidos pelo somatório de todos os setores presentes. Não há uma mudança abrupta na dispersão espacial da produção e dos insumos entre os anos de 2000 e 2006. Todas as variáveis indicam concentração da indústria em torno do Sudeste e Sul do país, com alguma expansão para o oeste, principalmente através do sul de Goiás. O Centro Amazonense (com a Zona Franca de Manaus) também aparece em destaque. Dentro da região Nordeste, as mesorregiões do estado da Bahia são as de maior expressão, com algum destaque para as demais regiões que contêm as capitais e as zonas metropolitanas.

O Quadro 4 mostra a evolução das variáveis de acordo com a intensidade tecnológica dos setores entre 2000 e 2006. Apesar dos quatro grandes setores crescerem no número de firmas no período, somente os setores AI e BI aumentaram a participação relativa na quantidade de empregados da indústria. Mas enquanto a parcela de AI no estoque de capital cresce, em BI cai. Em termos de VTI, os dois setores de alta intensidade (AI e MAI) perderam participação relativa para os setores mais tradicionais. O pior desempenho foi registrado pelo setor MAI, que apenas conseguiu aumentar o número de firmas no Brasil.

O número de unidades locais nos setores intensivos em tecnologia é um pouco menor do que os setores mais tradicionais: AI e MAI detêm juntos 45% das firmas. Verifica-se a mesma relação para Pessoal Ocupado e Consumo de Energia Elétrica, em que AI e MAI obtêm juntos

¹⁶ Cores mais escuras representam valores maiores.

30% do país. No entanto, mesmo com menor participação em Pessoal Ocupado (PO), os setores mais intensivos participam com aproximadamente 50% da produção industrial e do estoque de capital.¹⁷

Segundo PIA (2003), em 2000 (ano em que a pesquisa da PINTEC¹⁸ foi divulgada), o setor BI gastava 0,21% de seu faturamento em P&D, sendo coque, álcool e elaboração de combustíveis nucleares com 0,03% (menor valor da indústria total) e o setor Têxtil (17), com 0,27%, atingindo o maior valor dentro do setor de BI. Já o setor MBI está limitado inferiormente pelo setor de Couro (19), com 0,29% do faturamento gasto em P&D, e, superiormente por produtos siderúrgicos (pertencente ao setor 27), com 0,44%, acima da média do quartil, que é de 0,36%. O setor MAI, cuja média da relação de gastos em P&D com o faturamento é de 0,63%, está limitado inferiormente por Celulose e outras pastas para a fabricação de papel (pertencente ao setor 21), com 0,49%, e limitado superiormente pelas empresas farmacêuticas, com 0,83% do faturamento. Por último, o setor AI gasta, em média, 1,31% de seu faturamento em P&D e está limitado inferiormente e superiormente pelos setores de refino de petróleo, com 0,96% (pertencente ao setor 23) e Outros Veículos (35), com 2,72% do faturamento, respectivamente.

Os mapas do Quadro 5 mostram a concentração espacial da indústria de transformação em 2006, de acordo com a sua intensidade tecnológica. Os setores intensivos em tecnologia são bastante concentrados em São Paulo, Rio de Janeiro, sul de Minas Gerais, leste de Paraná e Santa Catarina, norte de Rio Grande do Sul e na mesorregião Metropolitana de Salvador. À medida que nos deslocamos para os setores menos intensivos em tecnologia, há uma maior ocupação do espaço brasileiro, principalmente nos estados do Centro-Oeste, do Nordeste (à exceção da zona central) e do Pará, que crescem em importância relativa. Os setores de baixa intensidade tecnológica apresentam forte presença também em algumas mesorregiões dos estados de Goiás e Mato Grosso, sugerindo a expansão da indústria para o Centro-Oeste brasileiro. Aquelas mesorregiões do Nordeste que merecem destaque pela estrutura industrial são, principalmente, as que contêm regiões metropolitanas e as capitais dos estados. A Zona Franca de Manaus tem importante participação na indústria, independente da intensidade tecnológica do setor.

¹⁷ Dados de 2000 e 2006, pois as participações relativas dos setores não se alteraram significativamente no período.

¹⁸ PINTEC: Pesquisa de Inovação Tecnológica, divulgada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

3.3 Conclusão

Analisando os dados foi possível definir regras de exclusão das observações, mantendo a representatividade das amostras e gerando um banco de dados consistente para a estimação de funções e fronteiras de produção. A análise descritiva das duas amostras (geral e por intensidade tecnológica) forneceu as primeiras informações sobre o comportamento da indústria de transformação brasileira e sua distribuição regional, setorial e temporal.

Seguindo nosso objetivo de obter estimativas de eficiência produtiva, a próxima etapa deste trabalho, uma vez apresentados os dados, é estimar as fronteiras de produção. Antes, porém, é necessário estudar os diferentes modelos de funções de produção para escolher o mais adequado a estas amostras. Este estudo é realizado no Capítulo Quatro. Concluído esse capítulo, isto é, definido o modelo, prosseguiremos à estimação das fronteiras estocásticas de produção e à análise da eficiência nos capítulos posteriores (Cinco e Seis).

APÊNDICE - Capítulo Três

Quadro 1 - Participação relativa dos setores na indústria brasileira – 2006 e variação (%) entre 2000 e 2006

(cont.) Participação relativa dos setores na indústria brasileira – 2006 e variação (%) entre 2000 e 2006

(cont.) Participação relativa dos setores na indústria brasileira – 2006 e variação (%) entre 2000 e 2006

Fonte: Cálculos próprios a partir dos dados da PIA.

Quadro 2 – Evolução dos setores na indústria brasileira – 2000 e 2006

◆ Variação entre 2000 e 2006

■ Evolução na Participação Relativa do Setor entre 2000 e 2006

(cont.) Evolução dos setores na indústria brasileira – 2000 e 2006

Fonte: Cálculos próprios a partir dos dados da PIA.

Quadro 3 – Distribuição regional da produção industrial brasileira – 2006 e variação (%) entre 2000 e 2006

(cont.) Distribuição regional da produção industrial brasileira – 2006 e variação (%) entre 2000 e 2006

(cont.) Distribuição regional da produção industrial brasileira – 2006 e variação (%) entre 2000 e 2006

Quadro 4 – Evolução dos setores na indústria brasileira por intensidade tecnológica – 2000 e 2006

(cont.) Evolução dos setores na indústria brasileira por intensidade tecnológica – 2000 e 2006

Fonte: Cálculos próprios a partir dos dados da PIA.

Quadro 5 – Distribuição regional da produção industrial brasileira por intensidade tecnológica – 2006
Número de Unidades Locais

Valor da Transformação Industrial

(cont.) Distribuição regional da produção industrial brasileira por intensidade tecnológica – 2006
Estoque de Capital

Pessoal Ocupado

4 FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

O capítulo anterior apresentou os dados da PIA, do IBGE, utilizados nesta tese e levantou as características das distribuições setoriais e regionais da indústria. Essa etapa é importante na medida em que prepara os dados, trata as informações aberrantes e forma uma amostra representativa sobre a qual será possível aplicar os modelos econométricos que visam atender ao objetivo da tese.

O objetivo deste capítulo é escolher o modelo mais adequado de função de produção para a indústria de transformação brasileira, identificando as relações ente os insumos e o produto. Isto permite selecionar a forma funcional que melhor descreve a relação entre os insumos e produtos, para que, nos capítulos seguintes, analisemos a eficiência da indústria brasileira.

O capítulo divide-se em quatro seções. A primeira apresenta a metodologia proposta para a estimação de funções de produção, a segunda define os modelos de função testados, enquanto que a terceira discute os resultados das estimações. Por fim, a quarta seção mostra os primeiros resultados de produtividade setorial e regional, ainda que considere somente a produtividade que se mantém constante em todo o período da amostra.

As tabelas, quadros e gráficos que não se encontram no meio do texto estão no apêndice do final do capítulo.

4.1 Metodologia proposta por Olley e Pakes

Neste capítulo, a estimação de funções de produção não viesadas seguem a metodologia proposta por Olley e Pakes (1996) e as indicações de Schor (2003). Para estimar funções de produção, essa metodologia considera um modelo estrutural, em que as firmas, em um tempo discreto, decidem maximizar o valor presente dos lucros atuais e futuros. As variáveis-estado, no modelo de OP são o estoque de capital, o nível de produtividade das firmas e a sua idade. Utiliza-se o investimento para controlar a produtividade não observada, que é correlacionada com o insumo trabalho em t . Já o coeficiente do insumo trabalho é identificado pelas decisões

de investimento em t , enquanto o coeficiente do capital é identificado por meio da sequência de decisões tomadas no tempo: o uso de capital é determinado antes da realização da produtividade em t e por isso não importa o fato de que a produtividade não é observada.

Neste trabalho, apenas estoque de capital e o nível de produtividade da firma são considerados variáveis-estado. Não será utilizado o investimento como *proxy* para a variável produtividade não observada, como fazem OP. Isto porque, segundo Levinsohn e Petrin (2003), os coeficientes estimados mudam significativamente quando a amostra possui muitas observações com investimento nulo¹⁹. De acordo com os autores, o viés de simultaneidade, que ocorre pela determinação da produtividade e do nível dos insumos no mesmo instante, também pode ser controlado através dos insumos intermediários. Portanto, como as empresas a serem consideradas em nossas amostras apresentam muitas observações com investimento nulo, utilizamos a variável Consumo de Energia Elétrica como *proxy* para a produtividade não observada.

Além disso, não modelamos o viés de seleção, uma vez que, assim como em Schor (2003), também trabalhamos com um painel não balanceado, o que, segundo Levinsohn e Petrin (2003), minimiza significativamente o viés. Griliches e Mairesse (1998) afirmam que, uma vez aplicado o método de correção do viés de simultaneidade, o critério de seleção das firmas não possui grande importância. No entanto, ao contrário de Schor (2003), consideramos que, dada a frequência anual dos dados da PIA, as firmas são capazes de ajustar a quantidade de trabalho a choques ocorridos durante o ano, não sendo o insumo trabalho classificado como variável-estado. Portanto, as únicas variáveis-estado em nosso modelo são o estoque de capital e a produtividade.

Tendo em conta a definição das variáveis nos capítulos anteriores, consideremos o modelo descrito pela função de produção Cobb-Douglas, com um componente de tendência:

$$1) \quad y_{it} = \beta_0 + \beta_T t + \beta_L L_{it} + \beta_K K_{it} + v_{it}$$

$$2) \quad v_{it} = \omega_{it} + \varepsilon_{it}$$

¹⁹ Além do que, o uso do investimento como *proxy* só é válido para as firmas que possuem investimento não nulo na amostra.

Assume-se que a produtividade ω_{it} segue um processo de Markov de 1ª ordem e, portanto:

$$3) \ \varpi_{it} = \varpi_{it-1} + \xi_{it} \Rightarrow \varpi_{it} = E(\varpi_{it} / \varpi_{it-1}) + \xi_{it}$$

A variável Consumo de Energia Elétrica (EE) é função da produtividade ω_{it} e da variável de estado estoque de capital e é descrita por:

$$4) \ EE_{it} = f_t(\omega_{it}, K_{it})^{20}$$

Supõe-se que esta função seja monotônica, ou seja, dado o mesmo estoque de capital em t para duas firmas, quanto maior a produtividade da firma, maior o Consumo de Energia Elétrica.²¹ Supondo também que EE é positivo, é possível inverter a expressão 4), resultando em 5), que descreve a produtividade não observada em função de variáveis observadas.

$$5) \ \omega_{it} = h_t(EE_{it}, K_{it})$$

Substituindo a equação 5) em 1), temos:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_T t + \beta_L L_{it} + \beta_K K_{it} + h_t(EE_{it}, K_{it}) + \varepsilon_{it}$$

$$6) \ y_{it} = \beta_T t + \beta_L L_{it} + \varphi_t(EE_{it}, K_{it}) + \varepsilon_{it}$$

em que:

$$7) \ \varphi_t(EE_{it}, K_{it}) = \beta_0 + \beta_K K_{it} + h_t(EE_{it}, K_{it})$$

A equação 6) resulta em um modelo semiparamétrico, em que é possível identificar β_T e β_L , mas não β_K e, por isso, o modelo é estimado em dois estágios. Para obter β_K é necessário usar as estimativas de β_L , β_T e $\varphi_t(\cdot)$ resultantes do primeiro estágio da estimação. A função $\varphi_t(\cdot)$ é aproximada por um polinômio de quarto grau, com as respectivas interações entre energia elétrica e estoque de capital (OP, 1996; PAVCNİK, 2000; SCHOR, 2003). OP discutem que,

²⁰ A razão pela qual a função f é indexada pelo tempo t é que variáveis de estrutura do mercado podem mudar no tempo, mas não entre as firmas.

²¹ Quando comparada a outra firma menos produtiva.

para esta aproximação ser válida, é necessário que o mercado de insumos seja o mesmo para todas as firmas e que sua estrutura não se altere ao longo do tempo.²² OP segmentam a amostra em quatro períodos porque houve quatro ambientes regulatórios distintos na indústria de telecomunicações dos Estados Unidos no período por eles estudado. Levinsohn e Petrin (2003) também dividem a amostra devido a vários ajustes macroeconômicos sofridos pela economia chilena durante 1979 e 1986. No nosso caso, o período da amostra (2000 a 2006) é relativamente curto para haver uma mudança na estrutura do mercado de insumos. Assumimos assim, que as firmas já se ajustaram às possíveis mudanças no mercado de insumos decorrentes tanto do efeito da desvalorização do real em 1999 como do fenômeno “apagão” em 2000. Portanto, estimamos somente uma função $\varphi_t(\cdot)$ para todo o período da amostra.

No primeiro estágio estima-se a função 6) por Mínimos Quadrados Ordinários. Como o estoque de capital entra na função $\varphi_t(\cdot)$ duas vezes, para identificar β_K é necessário um modelo mais completo. Do processo de Markov da equação 3):

$$8) \quad \omega_{it} = E(\omega_{it} / \omega_{it-1}) + \xi_{it} = g(\omega_{it-1}) + \xi_{it}$$

Portanto, basta escrever $g(\cdot)$ em função dos valores passados das variáveis que afetam a produtividade ω_{it} , de acordo com 5), 7) e 8).

$$9) \quad \omega_{it-1} = h_{t-1}(EE_{it-1}, K_{it-1}) = \varphi_{t-1}(EE_{it-1}, K_{it-1}) - \beta_0 - \beta_K K_{it-1}$$

$$10) \quad \omega_{it} = g(\omega_{it-1}) + \xi_{it} = g[\varphi_{t-1}(EE_{it-1}, K_{it-1}) - \beta_0 - \beta_K K_{it-1}] + \xi_{it}$$

De acordo com OP e Paul e Yasar (2009), com as estimativas de φ_{t-1} , β_T e β_L obtidas do primeiro estágio pode-se estimar o segundo estágio, a fim de se obter a estimativa do estoque de capital, através do método de Mínimos Quadrados Não Lineares da expressão 11).²³ Como em Pavcnik (2000), usaremos a aproximação polinomial para controlar a função $g(\cdot)$.

²² Posto de outra forma, OP discutem que os resultados de equilíbrio dependem da estrutura de mercado e dos preços dos fatores e por isso a necessidade deles não se alterarem no período da amostra.

²³ A constante β_0 não pode ser identificada separadamente da expansão polinomial de capital e energia elétrica (PAVCNICK 2000; LEVINSOHN; PETRIN, 2003). Por isso, ela é omitida do modelo. Além disso, devido à natureza dinâmica do modelo, trabalhando-se com t e $t-1$ nos dois estágios perde-se um ano da amostra, de forma que o resultado final refere-se aos anos de 2001 a 2006.

$$11) \quad y_{it} - \hat{\beta}_T t - \hat{\beta}_L L_{it} = \hat{\beta}_K K_{it} + g(\hat{\phi}_{t-1} - \hat{\beta}_K K_{it-1}) + \xi_{it} + \varepsilon_{it}$$

Paul e Yasar (2009) estendem este modelo para a forma funcional Translog da função de produção²⁴. A estrutura é a mesma, deixando no lado direito da equação 11) somente a variável de estado estoque de capital, seu termo quadrático, além da função $g(\cdot)$. Isto porque as variáveis da Translog que interagem com o capital (tanto o trabalho como a tendência) já incorporam os ajustes necessários resultantes de um choque de produtividade.

4.2 Modelos

A Tabela 3 descreve todos os modelos estimados. Cada um foi estimado para as duas amostras descritas na seção 3.2. As variáveis de produto (y), trabalho (L) e estoque de capital (K) estão em logaritmo. Partindo da função simples da primeira linha, acrescenta-se, sucessivamente: tendência, interação entre tendência e capital e entre tendência e trabalho; na quarta linha eliminam-se as interações e acrescentam-se dummies setoriais; na última linha substituem-se as dummies setoriais por dummies regionais.

Tabela 3 – Modelos estimados

Modelos para Função de Produção Cobb-Douglas	
CDSimples	$y_{it} = \beta_0 + \beta_L L + \beta_K K + erro$
CDt	$y_{it} = \beta_0 + \beta_L L + \beta_K K + \beta_T t + erro$
CDttt	$y_{it} = \beta_0 + \beta_L L + \beta_K K + \beta_T t + \beta_{TK} tK + \beta_{TL} tL + erro$
CDtds	$y_{it} = \beta_0 + \beta_L L + \beta_K K + \beta_T t + dummies.setoriais + erro$
CDtdr	$y_{it} = \beta_0 + \beta_L L + \beta_K K + \beta_T t + dummies.regionais + erro$
Modelos para Função de Produção Translog	
TRSimples	$y_{it} = \beta_0 + \beta_L L + \beta_K K + \beta_{LL} L^2 + \beta_{KK} K^2 + \beta_{LK} LK + erro$
TRt	$y_{it} = \beta_0 + \beta_L L + \beta_K K + \beta_{LL} L^2 + \beta_{KK} K^2 + \beta_{LK} LK + \beta_T t + \beta_{TT} t^2 + erro$
TRttt	$y_{it} = \beta_0 + \beta_L L + \beta_K K + \beta_{LL} L^2 + \beta_{KK} K^2 + \beta_{LK} LK + \beta_T t + \beta_{TT} t^2 + \beta_{TL} tL + \beta_{TK} tK + erro$
TRtds	$y_{it} = \beta_0 + \beta_L L + \beta_K K + \beta_{LL} L^2 + \beta_{KK} K^2 + \beta_{LK} LK + \beta_T t + \beta_{TT} t^2 + dummies.setorias + erro$
TRtdr	$y_{it} = \beta_0 + \beta_L L + \beta_K K + \beta_{LL} L^2 + \beta_{KK} K^2 + \beta_{LK} LK + \beta_T t + \beta_{TT} t^2 + dummies.regionais + erro$

²⁴ A translog é uma forma mais geral da Cobb-Douglas, pois inclui também os termos quadráticos dos insumos e as interações entre eles.

4.3 Resultados das estimações OP das funções de produção

Inicialmente, é importante destacar que, em toda a análise, os coeficientes estimados são considerados diferentes de zero somente aos níveis de 1% e 5% de significância. Caso contrário, assumimos que o coeficiente é estatisticamente igual a zero.

As Tabelas 4 e 5 mostram os resultados obtidos pelos modelos Cobb-Douglas e Translog, seguindo a metodologia de OP²⁵; as Tabelas 6 e 7 apresentam os resultados obtidos com MQO.²⁶ Todos os modelos Cobb-Douglas estimados por OP (Tabelas 4) forneceram resultados semelhantes:

- Os coeficientes de capital e trabalho são sempre significantes e positivos para todos os modelos do tipo Cobb-Douglas;
- O coeficiente do capital é sempre maior do que o do trabalho;
- Quando significativo, o coeficiente da tendência é sempre positivo. Portanto, a cada ano, a função de produção expande-se para a direita e para cima, implicando que, com a mesma quantidade de insumos utilizados em um período, é possível obter mais produtos no ano seguinte.
- A tendência geralmente não provoca muita alteração nos coeficientes de capital e trabalho estimados. Mesmo assim, as mudanças são no sentido de aumentar o coeficiente de trabalho e de diminuir o de capital (modelos A e B). Isto significa que, à medida que o tempo passa, a função de produção se expande, mas utilizando menos do insumo trabalho e mais do insumo capital, pois o efeito da tendência, analisando separadamente no modelo B, estava embutido nos coeficientes de trabalho e capital do modelo A e, nesse sentido, a tendência diminui o efeito do trabalho e aumenta o do capital, tornando as atividades mais capital-intensivas com o passar do tempo.
- A tendência continua significativa mesmo incluindo-se os componentes de interação com os insumos.

²⁵ As equações são estimadas pela metodologia de OP. No primeiro estágio, realizado por MQO, utilizamos a matriz robusta de White (1980), que corrige os erros-padrão para problemas de heterocedasticidade. Segundo Pavcnik (2000), ao utilizar a aproximação polinomial em ambos os estágios, a distribuição limite dos estimadores não é bem definida. Por isso, usamos o método de bootstrap para computar as estimativas dos desvios-padrão, o que gerou para o nosso modelo, em geral, valores maiores do que os desvios-padrão originais. No segundo estágio, são obtidas as estimativas do estoque de capital.

²⁶ A estimação por MQO foi realizada para fins de comparação, tentando detectar se existem realmente os vieses considerados por OP.

- Os coeficientes da interação da tendência com os insumos (tL e tK) não são significantes nos modelos que seguem OP. Nos modelos estimados por MQO há alguma significância, dependendo do modelo.
- Os coeficientes significantes do modelo de OP são menores do que os obtidos por MQO, resultado também encontrado por Pavcnik (2000) em algumas indústrias²⁷, o que evidencia a importância de tratar os vieses.

Os resultados das estimações seguindo a especificação da Translog não foram satisfatórios. Na “Amostra por Intensidade Tecnológica”, a parcela da influência do insumo trabalho sobre o produto foi significativa, porém negativa para todos os modelos. Como existem termos quadráticos e interações dos insumos, para se obter essa influência é preciso calcular a derivada do produto com relação ao insumo e escolher algum valor para a variável do insumo que permanece no resultado da primeira derivada. Esta parcela do insumo sobre o produto foi calculada atribuindo valores médios e medianos da amostra aos insumos na derivada.

Cada função de produção estimada é capaz de produzir elementos importantes para análises setoriais e regionais. É prudente selecionar, através dos resultados discutidos, apenas um modelo, ou seja, aquele que se mostrou mais adequado aos dados da indústria. Dessa forma, escolhemos o modelo Cobb-Douglas com tendência simples. Tal escolha deve-se a instabilidade dos resultados das estimações pela Translog e à obtenção de alguns coeficientes negativos. Além disso, como os resultados mostraram que as interações da tendência com os insumos são insignificantes, optamos por incluir apenas a tendência simples no modelo. Portanto, todas as análises setoriais e regionais que seguem são referentes a esse modelo. Essa escolha permanece nas análises dos capítulos Cinco e Seis, onde a metodologia de fronteiras estocásticas é aplicada somente à fronteira de produção Cobb-Douglas com tendência simples. O modelo estimado é, portanto:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_L L_{it} + \beta_K K_{it} + \beta_T t + erro_{it}$$

²⁷ De acordo com a autora, os coeficientes do trabalho devem ser superestimados por MQO, enquanto que a direção do viés do coeficiente de capital é ambígua. A autora também sugere que um coeficiente menor de capital obtido pela metodologia de OP pode indicar que o viés de seleção tem importância menor do que o de simultaneidade.

4.4 Considerações sobre a análise da produtividade regional e setorial pelo efeito fixo

Uma primeira aproximação para obter a produtividade da região ou setor é através do modelo de efeitos fixos. Nesta metodologia, obtém-se uma única observação para todo o período. No caso da indústria, a disponibilidade da infraestrutura, de terra e o clima, por exemplo, são características que não mudam ao longo do tempo, sendo considerados, portanto, efeitos fixos. Os índices de produtividade são obtidos dos coeficientes estimados das *dummies* incluídas na regressão. Para a produtividade setorial, incluem-se *dummies* que assumem o valor um se a observação pertence ao setor representado pela *dummy*, e zero, caso contrário. O mesmo raciocínio se aplica para a produtividade regional. É uma primeira aproximação que podemos realizar no estudo do desempenho setorial e regional da indústria.²⁸

A fim de evitar o problema de multicolinearidade, é necessário excluir uma *dummy* regional e uma *dummy* setorial, em suas respectivas análises. O critério de exclusão baseou-se no setor ou na região com maior presença na amostra. Assim, excluímos a *dummy* do setor de Alimentos (15), na “Amostra Geral”, que representa um setor mais básico e tradicional da economia e, portanto, com maior facilidade de interpretação dos demais resultados. Seguindo o mesmo raciocínio, excluímos a *dummy* do setor de Baixa Intensidade Tecnológica (BI) na “Amostra por Intensidade Tecnológica”. Para as regiões, excluímos a *dummy* mesorregião Metropolitana de São Paulo (3515). Coeficientes significantes e positivos indicam produtividade superior à mesorregião 3515 na análise da produtividade regional ou superior ao setor 15 (ou BI) na análise setorial. Coeficientes insignificantes apontam que a (o) região (setor) é tão produtiva (o) quanto a Metropolitana de São Paulo (Alimentos). Coeficientes significantes e negativos informam regiões (setores) com produtividade inferior a da região 3515 (do setor 15).

Assumir que a produtividade é dada pelo efeito fixo implica impor sua invariabilidade no tempo. Por isso, de certa forma, aqui obtemos apenas uma parcela da produtividade: a que se mantém constante no período da amostra (2000 a 2006).

²⁸ Tanto neste modelo (OP) como nas fronteiras estocásticas, as *dummies* de efeito fixo podem ser estimadas na função de produção, não havendo, nesse sentido, nenhuma diferença teórica entre as metodologias. Por isso, consideramos o estudo por meio dos efeitos fixos já neste capítulo de função de produção.

4.4.1 Produtividade setorial: 22 setores da CNAE 1.0 e 4 setores de intensidade tecnológica

Os resultados da estimação da função de produção Cobb-Douglas com efeito fixo que considera, por meio de *dummies*, os 22 setores da indústria de transformação pela CNAE 1.0 (dois dígitos) estão apresentados no modelo D da Tabela 4, no apêndice deste capítulo. Como era esperado, uma vez incluídas mais variáveis explicativas (as *dummies* setoriais), os coeficientes dos termos da função de produção são um pouco menores, porém ainda bastante significantes. O modelo I da Tabela 4 apresenta a mesma estimação considerando a produtividade setorial por meio dos coeficientes das *dummies* dos quatro setores de intensidade tecnológica.

Vale lembrar que as *dummies* alteram o intercepto da função de produção. Portanto, ao pensar em setores mais produtivos nos referimos a setores com funções de produção deslocadas positivamente (para a direita e para cima) em relação ao setor de Alimentos (15). Isto implica que, com o mesmo nível de insumos é possível produzir mais produto. O mesmo ocorre para a análise por intensidade tecnológica, em que o setor de referência é o de Baixa Intensidade.

Os Gráficos 4 e 5 apresentam a produtividade estimada, correspondente aos coeficientes das *dummies* setoriais. Enquanto o Gráfico 4 detalha a produtividade relativa por setor da indústria de transformação da CNAE 1.0, o Gráfico 5 mostra a produtividade relativa dos setores por intensidade tecnológica. Em ambos os gráficos, os coeficientes não significantes a 5% (isto é, possuem produtividade semelhante ao setor de Alimentos, 15 ou ao setor de Baixa Intensidade, BI) foram representados por zero.

Fonte: Cálculos próprios a partir dos dados da PIA.

Gráfico 4 – Produtividade setorial medida pelos coeficientes das *dummies* setoriais, em relação ao setor de alimentos

Os setores menos produtivos que o de Alimentos (15) no período 2001 a 2006 como um todo são, em geral, os menos intensivos em tecnologia: Têxtil (17), Madeira (20), Celulose (21), Plástico (25) e Minerais Não Metálicos (26). Os setores que se mostraram tão produtivos quanto o de Alimentos foram Vestuário (18), Couro (19), Combustíveis (23), Metalurgia (27), Outros Veículos (35), Móveis (36) e Reciclagem (37). Por último, os setores mais produtivos da indústria de transformação coincidem, em geral, com os de maior intensidade tecnológica. São os de Edição (22), Químicos (24), Produtos de Metal (28), Máquinas (29), Equipamentos de Informática (30), Equipamentos Elétricos (31), Eletrônicos e Comunicação (32), Instrumentos de Precisão (33) e Veículos (34). Dentre os setores mais produtivos, destaca-se o de Equipamentos de Informática (30), enquanto que o de menor produtividade é o Têxtil (17).

Fonte: Cálculos próprios a partir dos dados da PIA.

Gráfico 5 – Produtividade setorial medida pelos coeficientes das *dummies* setoriais, em relação ao setor de baixa intensidade

Na mesma análise que a anterior, mas aplicada aos setores agrupados por intensidades tecnológicas, os resultados são bastante intuitivos, pois além de todos os coeficientes significantes serem positivos, o setor mais intensivo em tecnologia possui maior coeficiente de produtividade, seguido pelo setor de Média Alta Intensidade Tecnológica. O setor de Média Baixa é tão produtivo quanto o de Baixa Intensidade Tecnológica. Há uma distância grande entre a produtividade dos setores, pois a produtividade de MAI é cerca de 50% menor que a de AI e ambos são muito superiores a MBI e BI.

4.4.2 Produtividade regional (efeito fixo)

As produtividades regionais constantes no tempo foram obtidas pelos coeficientes de efeitos fixos da função de produção Cobb-Douglas estimada por OP por meio de *dummies* regionais. Os resultados constam da Tabela 4 (modelo E). Os resultados das estimativas das funções de produção mostram-se semelhantes aos já comentados. Como a análise da produtividade regional refere-se às mesmas regiões, seja a amostra geral ou por intensidade tecnológica, não há necessidade de repetir a análise dos mapas para cada amostra. Sendo assim, foram utilizados os dados empilhados da Amostra Geral. As estimativas de produtividade para cada mesorregião estão apresentadas na Tabela 8, no apêndice, e nos mapas do Quadro 6. O mapa

leva em conta as diferenças de produtividade que podem existir inclusive pela diversidade da composição setorial das regiões. Isto é, se uma região concentra setores mais produtivos, provavelmente terá algum destaque positivo no mapa.²⁹ São apresentados três mapas no Quadro 6, em que as mesorregiões estão classificadas de acordo com sua produtividade em relação à mesorregião Metropolitana de São Paulo.

Quadro 6 – Distribuição regional da produtividade por efeito fixo

²⁹ Isto porque o modelo não controlou por *dummies* setoriais.

Conforme o primeiro mapa, apenas a mesorregião Extremo Oeste Baiano se mostra mais produtiva do que a Metropolitana de São Paulo. No segundo mapa estão as mesorregiões tão produtivas quanto a Metropolitana de São Paulo, as quais se localizam em Goiás, Mato Grosso, Pará, São Paulo e Rio de Janeiro, principalmente. Apesar disso, apenas em São Paulo e Rio de Janeiro pode-se considerar a estrutura industrial tão diversificada quanto a mesorregião Metropolitana de São Paulo, de modo que é provável que as demais mesorregiões sejam produtivas por serem especializadas em determinados setores, como é o caso de Alimentos (15) no Centro-Oeste e Extremo Oeste Baiano e Madeira (20) no Pará. Por último, o terceiro mapa representa as mesorregiões com menor produtividade do que a Metropolitana de São Paulo. Mesmo entre estas, as regiões Sul, Sudeste, o sul do Centro-Oeste são mais produtivas que as do Nordeste brasileiro.

4.5 Conclusão

O objetivo deste capítulo é estabelecer o modelo mais apropriado para definir uma função de produção representativa da indústria de transformação brasileira. Nos próximos capítulos, utilizando esta função, analisaremos quais regiões e setores apresentam um desempenho, em termos de eficiência, superior aos demais.

Pelos resultados das estimativas das funções de produção obtidas por meio da metodologia de OP, definimos a função de produção do tipo Cobb-Douglas com um termo de tendência. Os resultados obtidos estão de acordo com a literatura, tanto em relação aos coeficientes estimados da função de produção, quanto em relação ao viés tratado. Os coeficientes estimados das *dummies* setoriais e regionais são também bastante intuitivos, apesar de ainda refletirem somente a parcela da produtividade constante no tempo.

APÊNDICE - Capítulo Quatro

Tabela 4 – Resultados das estimações dos modelos Cobb-Douglas – OP (estatística t abaixo do coeficiente estimado)

	Amostra Geral					Amostra por Intensidade Tecnológica			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
LnL	0,3698 24,21***	0,3826 24,82***	0,3968 11,91***	0,336 19,66***	0,396 28,4***	0,3448 11,12***	0,3589 11,46***	0,3895 5,50***	0,3401 12,07***
LnK	0,4427 19,25***	0,4325 17,82***	0,4223 15,95***	0,411 16,88***	0,4260 18,68***	0,4286 13,23***	0,4132 12,99***	0,4283 12,96***	0,433 13,01***
t		0,035 11,55***	0,0854 2,98***	0,0212 7,25***	0,0367 13,54***		0,0325 6,76***	0,1042 1,66*	0,0217 4,68***
t x LnL			-0,0034 -0,46					-0,007 -0,45	
t x LnK			-0,0022 -0,8					-0,0024 -0,41	
Dummy Alta Int Tec									0,4937 16,67***
D Média Alta Int Tec									0,2189 7,95***
D Média Baixa Int Tec									-0,0271 -1,08
Dummies 22 Setores				SIM					
Dummies 137 Mesos					SIM				
N		6035					2352		
I		904					337		
T		7					7		

Graus de significância: * 10%, ** 5%, *** 1%.

Tabela 5 – Resultados das estimações dos modelos translog – OP (estatística t abaixo do coeficiente estimado)

	Amostra Geral				Amostra por Intensidade Tecnológica			
	A	B	C	D	F	G	H	I
Ln L	1,4756 10,53***	1,5543 10,98***	1,5652 11,03***	1,3630 9,26***	1,1099 3,18***	1,3875 3,90***	1,4385 4,06***	1,1978 0,33***
Ln K	-0,2852 -2,59***	-0,2685 -2,19**	-0,2611 -2,21**	-0,5040 -6,40**	-0,5702 -2,08**	-0,5533 -2,06**	-0,5616 -2,20**	-0,2084 -0,74
Ln L2	-0,0757 -4,18***	-0,0766 -4,21***	-0,0757 -4,14***	-0,0343 -1,98**	-0,1870 -5,14***	-0,1844 -5,02***	-0,1850 -5,07***	-0,1560 -4,77***
Ln K2	0,0238 61,54***	0,0228 5,47***	0,0224 5,49***	0,0394 14,91***	0,0397 4,01***	0,0365 3,82***	0,0356 4,07***	0,0239 2,38**
Ln L x Ln K	-0,0233 -1,52	-0,0267 -1,72*	-0,0281 -1,81*	-0,0418 -2,75***	0,0617 1,84*	0,0443 1,29	0,0433 1,29	0,0385 1,22
T		0,0826 5,88***	0,1324 4,48***	0,0639 4,98***		0,1171 5,36***	0,1931 3,07***	0,1003 4,90***
t2		-0,0058 -3,43***	-0,0055 -3,23***	-0,0049 -3,24***		-0,0103 -3,95***	-0,1000 -37,43***	-0,0095 -3,89***
t x lnL			0,0008 0,12				-0,0067 -0,47	
t x lnK			-0,0035 -1,30				-0,0029 -0,50	
Dummy Alta Int Tec								0,4751 16,66***
D Média Alta Int Tec								0,2283 8,22***
D Média Baixa Int Tec								-0,0447 -1,78*
Dummies 22 Setores				SIM				
N		6035				2352		
I		904				337		
T		7				7		

Graus de significância: * 10%, ** 5%, *** 1%.

Tabela 6 – Resultados das estimações dos modelos Cobb-Douglas – MQO (estatística t abaixo do coeficiente estimado)

	Amostra Geral					Amostra por Intensidade Tecnológica				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Constante	2,9019	2,8172	3,0119	3,3522	3,4048	2,4148	2,3931	2,6137	2,4168	3,6129
	37,67***	37,00**	17,09***	33,61***	39,20***	16,31***	16,48***	8,10***	16,77***	20,94**
LnL	0,4240	0,4384	0,4718	0,4740	0,4512	0,3693	0,3845	0,4442	0,4069	0,4493
	26,63***	27,32***	12,79***	24,5***	30,03***	11,83***	12,27***	6,05***	13,16***	15,1***
LnK	0,6452	0,6365	0,6144	0,5901	0,6119	0,6881	0,6758	0,6453	0,6596	0,5994
	84,53***	82,79***	35,33***	61,65***	77,34***	51,58***	50,27***	23,01***	47,17***	42,24**
t		0,0388	-0,0104	0,0431	0,0404		0,0375	-0,0231	0,0388	0,0450
		12,30***	-0,26	14,36***	14,12***		7,61***	-0,32	8,27***	11,01**
t x LnL			-0,0082					-0,0153		
			-1,01					-0,95		
t x LnK			0,0055					0,0080		
			1,41					1,25		
Dummy Alta Int Tec									0,3643	
									14,82***	
D Média Alta Int Tec									0,2734	
									9,91***	
D Média Baixa Int Tec									0,0622	
									2,59***	
Dummies 22 Setores				SIM						
Dummies 137 Mesos					SIM					SIM
R2	0,8829	0,8859	0,886	0,8995	0,9092	0,8397	0,8436	0,8438	0,8582	0,9075
N			6035					2352		
I			904					337		
T			7					7		

Graus de significância: * 10%, ** 5%, *** 1%.

Tabela 7 – Resultados das estimações dos modelos Translog – MQO (estatística t abaixo do coeficiente estimado)

	Amostra Geral					Amostra por Intensidade Tecnológica				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Constante	8,9145 27,07***	8,586291 26,24***	8,406545 25,76***	9,546558 26,98***	8,995444 27,15***	11,76853 16,03***	11,41057 15,38***	11,3115 15,22***	9,8637 14,2***	13,68508 15,87***
Ln L	1,6719 14,00***	1,7325 14,62***	1,7455 14,71***	1,7936 14,75***	1,7343 16,37***	1,0202 3,62***	1,1850 4,17***	1,2216 4,33***	1,4497 5,37***	1,2360 4,41***
Ln K	-0,5121 -12,4***	-0,5119 -12,6***	-0,5106 -12,5***	-0,6235 -14,5***	-0,5104 -13,1***	-0,6842 -8,78***	-0,7144 -9,12***	-0,7338 -9,17***	-0,5995 -7,89***	-0,9095 -9,00***
Ln L2	-0,0591 -3,34***	-0,0615 -3,46***	-0,0602 -3,38***	-0,0320 -1,75*	0,0019 0,120	-0,1856 -5,20***	-0,1832 -5,17***	-0,1845 -5,21***	-0,1809 -5,23***	-0,0766 -2,31**
Ln K2	0,0440 16,99***	0,0439 17,04***	0,0448 17,33***	0,0490 18,25***	0,0482 21,6***	0,0335 6,73***	0,0355 7,08***	0,0360 7,12***	0,0337 6,65***	0,0478 8,90***
Ln L x Ln K	-0,0450 -3,29***	-0,0464 -3,39***	-0,0484 -3,51***	-0,0656 -4,64***	-0,0825 -6,86***	0,0669 2,29***	0,0564 1,92*	0,0584 2,00**	0,0403 1,40	-0,0046 -0,17
t		0,0829 5,89***	0,1504 5,07***	0,0822 6,26***	0,0826 6,51***		0,1254 5,72***	0,2087 3,47***	0,1250 5,99***	0,1258 7,34***
t2		-0,0056 -3,34***	-0,0052 -3,06***	-0,0051 -3,29***	-0,0053 -3,52***		-0,0109 -4,16***	-0,0108 -4,00***	-0,0107 -4,27***	-0,0099 -4,80***
t x lnL			0,0017 0,23					-0,0141 -0,97		
t x lnK			-0,0050 -1,82*					-0,0012 -0,21		
Dummy Alta Int Tec									0,3320 13,95***	
D Média Alta Int Tec									0,2460 8,96***	
D Média Baixa Int Tec									0,0395 1,69*	
Dummies 22 Setores				SIM						
D 137 Mesorreg,					SIM					SIM
R2	0,8965	0,8995	0,8996	0,9129	0,9206	0,8542	0,8593	0,8595	0,8716	0,9177
N			6035					2352		

(cont.) Resultados das estimações dos modelos Translog – MQO (estatística t abaixo do coeficiente estimado)										
	Amostra Geral					Amostra por Intensidade Tecnológica				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
I			904					337		
T			7					7		

Graus de significância: * 10%, ** 5%, *** 1%.

Tabela 8 – Produtividade regional estimada por *dummies* de efeito fixo – OP (estatística t abaixo do coeficiente estimado)

Mesorregião	Coefic.	Estat. t	Sign.	Mesorregião	Coefic.	Estat. t	Sign.	Mesorregião	Coefic.	Estat. t	Sign.
Madeira-Guaporé	0,0000	0,380		Vale São-Franc, da BA	-1,01426	-6,410	***	Vale do Paraíba Pta	0,00000	-1,390	
L Rondoniense	-0,2547	-2,730	***	C N Baiano	-0,36343	-5,500	***	Litoral S Pta	0,00000	-1,610	
Vale do Acre	-0,6925	-3,670	***	NE Baiano	-0,56489	-6,210	***	NO PR	-0,54164	-12,140	***
C Amazonense	0,0000	1,120		Metrop, de Salvador	-0,17643	-4,200	***	C Ocidental PR	-0,31779	-4,360	***
Baixo Amazonas	0,0000	1,320		C S Baiano	-0,29062	-4,910	***	N Central PR	-0,26911	-7,720	***
Marajó	0,0000	-0,520		S Baiano	-0,41268	-2,970	***	N Pioneiro PR	-0,34139	-6,100	***
Metrop, de Belém	-0,4026	-8,250	***	NO de Minas	-0,59443	-5,470	***	C Oriental PR	-0,21767	-4,980	***
NE Paraense	-0,8165	-8,020	***	N de Minas	-0,54715	-7,140	***	O PR	-0,48578	-9,110	***
SO Paraense	0,0000	0,890		Jequitinhonha	-0,53949	-3,720	***	SO PR	-0,34073	-6,970	***
SE Paraense	-0,3057	-3,190	***	Vale do Mucuri	-0,81949	-4,270	***	C-S PR	-0,76649	-6,740	***
Ocidental do TO	-0,4549	-2,800	***	Triân, Min./Alto Paran,	-0,28303	-5,120	***	SE PR	-0,39173	-7,400	***
Oriental do TO	-0,6676	-3,280	***	Central Mineira	-0,58830	-9,390	***	Metrop, de Curitiba	-0,07192	-2,040	**
N MA	-0,3570	-4,360	***	Metrop, de BH	-0,20046	-6,470	***	O Catarinense	-0,29700	-7,550	***
O MA	-0,2830	-3,950	***	Vale do Rio Doce	-0,28791	-5,600	***	N Catarinense	-0,17881	-4,700	***
C MA	0,0000	0,750		O de Minas	-0,28519	-6,790	***	Serrana	-0,20889	-3,790	***
L MA	-1,2629	-8,660	***	S/SO de Minas	-0,28807	-6,910	***	Vale do Itajaí	-0,19625	-5,320	***
C-N Piauiense	-0,7690	-9,160	***	Campo das Vertentes	-0,41136	-3,660	***	Grande Florian,	-0,40314	-8,890	***
NO Cearense	-0,2764	-3,410	***	Zona da Mata	-0,26851	-6,740	***	S Catarinense	-0,29975	-8,000	***
N Cearense	-0,6292	-7,990	***	NO ES	-0,46356	-7,220	***	NO RS	-0,25845	-6,460	***
Metrop, de Fort,	-0,4958	-9,740	***	Litoral N ES	-0,20851	-2,540	***	NE RS	-0,16649	-5,070	***
Jaguaribe	-0,6891	-6,630	***	Central ES	-0,15297	-2,680	***	C Ocidental RS	-0,65526	-5,160	***
C-S Cearense	-1,0140	-5,340	***	S ES	-0,42356	-4,440	***	C Oriental RS	-0,23696	-5,870	***
S Cearense	-0,9238	-8,560	***	NO Fluminense	-0,56185	-3,690	***	Metrop, de PA	-0,07571	-2,530	**
O Potiguar	-0,5559	-4,830	***	N Fluminense	-0,21064	-2,400	**	SO RS	-0,33656	-3,420	***
Central Potiguar	-0,7012	-7,430	***	C Fluminense	0,00000	-1,590		SE RS	-0,22222	-2,780	***
L Potiguar	-0,4531	-5,630	***	Baixadas	0,00000	0,600		C N de MS	-0,16077	-2,220	**

(cont.) Produtividade regional estimada por dummies de efeito fixo – OP (estatística t abaixo do coeficiente estimado)

Mesorregião	Coefic.	Estat. t	Sign.	Mesorregião	Coefic.	Estat. t	Sign.	Mesorregião	Coefic.	Estat. t	Sign.
Sertão Paraibano	-0,6312	-6,940	***	S Fluminense	0,00000	-1,760	*	L de MS	-0,25770	-3,100	***
Borborema	-0,9529	-5,860	***	Metrop, do RJ	0,00000	-1,590		SO de MS	-0,24362	-2,270	**
Agreste Paraibano	-0,6622	-7,640	***	São José do R, Preto	0,00000	-1,510		N MT	-0,34941	-3,510	***
Mata Paraibana	-0,8252	-9,050	***	Ribeirão Preto	-0,09555	-2,200	**	NE MT	0,00000	0,350	
Sertão Pernam,	-1,8825	-12,190	***	Araçatuba	-0,22875	-4,780	***	SO MT	-0,40681	-2,830	***
São Franc, Pernam,	-0,7570	-5,050	***	Bauru	-0,25430	-5,920	***	C-S MT	0,00000	-1,560	
Agreste Pernam,	-0,6640	-11,130	***	Araraquara	-0,26538	-5,220	***	SE MT	0,00000	1,740	*
Mata Pernam,	-0,8204	-18,410	***	Piracicaba	0,00000	-1,150		NO Goiano	0,00000	-1,260	
Metrop, de Recife	-0,4006	-7,630	***	Campinas	0,00000	-0,210		N Goiano	-0,43945	-2,970	***
Agreste Alagoano	-0,5307	-2,960	***	Presidente Prudente	-0,29762	-5,490	***	C Goiano	-0,25586	-6,720	***
L Alagoano	-0,2516	-2,670	***	Marília	0,00000	1,040		L Goiano	0,00000	-1,840	*
Agreste Sergipano	-1,3990	-2,380	***	Assis	-0,25352	-6,060	***	S Goiano	-0,17290	-2,300	**
L Sergipano	0,0000	-1,480		Itapetininga	0,00000	-1,240		Distrito Federal	-0,24007	-3,260	***
Extremo O Baiano	0,7860	8,800	***	Macro Metrop, Pta	-0,13955	-3,850	***				

Graus de significância: * 10%, ** 5%, *** 1%.

5 FRONTEIRAS ESTOCÁSTICAS DE PRODUÇÃO

O método proposto por OP é uma estimação robusta da função de produção mesmo quando existe o problema de endogeneidade com algum insumo e viés de seleção. Sua principal vantagem é produzir estimativas não viesadas e consistentes dos insumos e por isso foi utilizado neste trabalho.

No entanto, o método possui algumas limitações. Primeiro, o modelo assume uma relação monotônica entre a variável de decisão da firma (no caso dos autores, o investimento) e a variável de estado não observada (produtividade). Na realidade, para “eliminar” a endogeneidade, a variável auxiliar (investimento) precisa guiar perfeitamente os movimentos da variável não observada (produtividade). Segundo, a decisão de saída das firmas do mercado pode estar condicionada à produtividade não observada. Terceiro, ao contrário da metodologia de fronteira estocástica, OP assumem que a produtividade segue um processo de Markov de primeira ordem, no qual a produtividade em t só depende da produtividade do período anterior, mais um componente de erro estatístico. Visto de outra forma, esta hipótese assume que a produtividade futura das firmas é determinada apenas pela produtividade presente mais um termo de choque. E, quarto, apesar das firmas possuírem produtividades idiossincráticas, elas devem se deparar com a mesma estrutura de mercado de insumos e preço de fatores. Assim, em uma série relativamente longa no tempo, como o modelo requer que essa estrutura se mantenha constante no tempo, pode ser necessário quebrar a estimação do primeiro estágio em subamostras, cada período definido pela decisão do analista, sendo sujeita a erros.

A principal vantagem do modelo de fronteira estocástica é que permite investigar quais fatores determinam a eficiência das firmas em apenas um estágio de estimação. Caso esta análise fosse realizada a partir da metodologia de OP, seria necessário estimá-la em dois estágios: o primeiro, para obter a produtividade a partir da função de produção estimada e o segundo, para regredi-las em função das variáveis explicativas. No entanto, há perda de eficiência quando são realizadas estimações em dois estágios.

Dada esta discussão, preferimos manter o estudo da função de produção não viesada pela metodologia de OP, como fizemos no capítulo anterior, a fim de definirmos o modelo mais adequado dentre os propostos. Uma vez determinado o modelo, prosseguimos ao estudo da eficiência produtiva, utilizando a metodologia de fronteiras estocásticas.

Dessa forma, a proposta deste capítulo é investigar a eficiência produtiva dos setores e das regiões sem considerar ainda seus fatores explicativos, isto é, ainda sem controlar a eficiência por variáveis que a literatura indica como relevantes. Tentaremos obter, assim, uma medida “bruta” da eficiência, ou seja, qual a eficiência relativa dos setores e das regiões, independentemente se a causa são vantagens locacionais, questões legais e administrativas, incentivos ou impedimentos governamentais, infraestrutura etc.

O capítulo está dividido em duas seções principais. Discutiremos na primeira a metodologia de fronteiras estocásticas. Na segunda, aplicaremos esta metodologia ao modelo definido no capítulo anterior (Cobb-Douglas com um termo de tendência) às duas amostras obtidas a partir dos dados da indústria brasileira, analisando os resultados das eficiências setoriais e regionais.

Dentre os modelos de fronteira estocástica discutidos, trabalharemos com o apresentado em Battese e Coelli (1995), no qual é possível considerar variáveis para explicar a ineficiência das firmas. Com isso, seremos capazes de responder a perguntas sobre a eficiência regional e setorial relativa na indústria de transformação brasileira e sua evolução no período de 2000 a 2006. Neste caso, definimos que a ineficiência da indústria varia apenas em função de uma tendência, isto é, captamos se a indústria se torna mais eficiente ao longo do tempo.³⁰

³⁰ O capítulo anterior concluiu que é importante considerar os insumos capital e trabalho, além da tendência, para explicar o produto realizado pelas regiões. Os três componentes serão usados neste primeiro modelo de fronteiras, mas enquanto capital e trabalho permanecem na função de produção, a tendência é considerada um componente que altera a eficiência das regiões, isto é, ela identifica como a eficiência da indústria brasileira muda ao longo do tempo. Este ajuste foi necessário para adaptar o modelo com a metodologia de fronteiras estocásticas.

5.1 Metodologia de fronteira estocástica

A Análise de Fronteiras Estocástica originou-se de dois artigos publicados quase simultaneamente: Meeusen e van den Broeck, em junho de 1977 e Aigner, Lovell e Schmidt, em julho de 1977. Nesta metodologia, o ajuste de uma função de produção para uma fronteira de produção baseia-se principalmente na substituição da hipótese da distribuição simétrica dos erros estatísticos em torno da média zero. Além do elemento aleatório e simetricamente distribuído em torno do zero, inclui-se um elemento assimétrico, tendo-se como resultado um erro composto (assimétrico e com média diferente de zero).³¹ Assim, os desvios da fronteira de produção têm duas fontes. Primeiro, a ineficiência produtiva, cujo componente entra negativamente na expressão, pois o valor observado do produto de qualquer firma deve estar abaixo da fronteira. Segundo, o termo de erro aleatório, que pode assumir qualquer sinal, indicando que alguns desvios da fronteira fogem ao controle das firmas.

É necessário supor uma distribuição para o termo de ineficiência u . Meeusen e van den Broeck (1977) consideraram a distribuição exponencial, enquanto que Battese e Corra (1977) optaram pela distribuição half-normal. Aigner *et al* (1977) estudaram ambas as distribuições. No entanto, qualquer distribuição considerada implica que o erro composto é negativamente assimétrico, justamente pela presença da ineficiência técnica.

De forma geral, a fronteira estocástica de produção pode ser escrita da seguinte forma:

$$y = f(x, \beta) \exp(v - u)$$

Em que:

y : produto;

x : insumos;

β : parâmetros de tecnologia;

v : ruído estatístico, com distribuição normal de média zero e variância σ_v^2 ;

u : termo não negativo que captura efeitos da ineficiência técnica, com variância σ_u^2 .

³¹ Ao considerarmos uma fronteira de produção ou lucro, o erro composto é negativamente assimétrico, enquanto que, para a fronteira de custo, o erro é positivamente assimétrico.

Os parâmetros a serem estimados são β , σ_v^2 e σ_u^2 . Considera-se que u e v são independentes, ou seja, o erro aleatório não tem poder explicativo na ineficiência u , e que ambos os termos não são correlacionados com as variáveis explicativas.

Se a ineficiência for positiva ($u > 0$), o produtor opera abaixo da fronteira; caso a ineficiência seja nula ($u = 0$), o produtor está sobre a fronteira. Ao supor que os termos u e v são homocedásticos, têm média constante não nula e zero respectivamente, e que cada termo não é autocorrelacionado, os estimadores de Mínimos Quadrados Ordinários são consistentes para os coeficientes de inclinação, mas o intercepto é viesado e subestimado. Porém, se a distribuição dos resíduos for conhecida, todos os parâmetros podem ser estimados mais eficientemente por Máxima Verossimilhança. Apesar disso, os programas computacionais desenvolvidos para estimar fronteiras estocásticas utilizam as estimativas de MQO para obter os valores iniciais do processo de iteração.

Nesta primeira estimação por MQO, Waldman (1982) mostrou a importância de, em uma função de produção, checar a assimetria dos resíduos de MQO que é causada totalmente pelo termo de ineficiência u . A assimetria dos resíduos é um indicador importante da presença de ineficiência técnica e é uma forma de verificar se as firmas se ajustam a um modelo de fronteira estocástica. O coeficiente de assimetria dos resíduos é calculado pelo terceiro momento amostral e a existência de assimetria foi averiguada previamente a todas as estimações de fronteira realizadas neste trabalho. Os resultados desta checagem estão no Apêndice 3. Considerando uma fronteira estocástica de produção, como o termo de ineficiência é estritamente positivo ($u_i > 0$), o erro composto é negativo ($\varepsilon_i < 0$), pois $\varepsilon_i = v_i - u_i$, em que v_i é o erro estatístico com média zero. Portanto, espera-se que os resíduos de MQO (ε_i) apresentem assimetria negativa. Se a condição de assimetria positiva aparecer, Greene (2008) argumentam que ou o modelo não é bem especificado ou os dados são inconsistentes com o modelo de fronteira estocástica.

Aigner *et al* (1977) derivaram os estimadores de Máxima Verossimilhança para a fronteira de produção estocástica supondo uma distribuição half-normal do termo de ineficiência u . Meeusen e van den Broeck (1977) e Aigner *et al* (1977) utilizaram a distribuição exponencial que, comparando com a half-normal, possui maior concentração de valores ao redor do zero, gerando uma diferença marginal na ineficiência estimada (as firmas tendem a ser menos

ineficientes). Em contraposição às distribuições exponencial e half-normal, que têm apenas um parâmetro a ser estimado, Stevenson (1980) e Greene (1980a; 1980b; 1990) propuseram formas mais flexíveis para o termo de ineficiência, como a distribuição gama, com dois parâmetros a serem estimados, o que permite diferentes distribuições para a ineficiência. A distribuição normal truncada relaxa a restrição da média zero da half-normal, apesar de utilizá-la para os valores iniciais das iterações. A grande vantagem da distribuição normal truncada é a possibilidade de introduzir heterogeneidade na distribuição da ineficiência técnica, como veremos mais adiante. As funções de verossimilhança das diferentes distribuições para a ineficiência estão descritas no Apêndice 4.

As distribuições exponencial e half-normal têm moda zero, implicando que os efeitos de ineficiência estão ao redor do zero. Já a normal truncada e a gama, apesar de maior variabilidade nas formas de distribuição, possuem mais parâmetros para estimação. Em qualquer caso, se as funções densidade de probabilidade de u e v são similares, torna-se difícil a diferenciação dos efeitos de ineficiência dos do ruído estatístico. Apesar disso, os trabalhos empíricos têm mostrado que o *ranking* de eficiência (a ordem dos indivíduos segundo seus valores de eficiência técnica) é robusto às diferentes escolhas de distribuições (COELLI *et al*, 2005; GREENE, 2008).³²

Da estimação do modelo de fronteira estocástica obtém-se como resíduo o termo composto. No entanto, o interesse recai sobre a ineficiência técnica da firma. Jondrow *et al* (1982) propuseram um procedimento para separar o termo composto, obtendo estimativas da ineficiência técnica de cada firma a partir da distribuição condicional do termo u , calculando $E[u_i | (\varepsilon_i)]$. É possível construir intervalos de confiança para a previsão de $\hat{u}$ (HORRACE; SCHMIDT, 1996; 2000).³³ Para o modelo half-normal³⁴, a estimativa de ineficiência técnica é dada por:

$$E[u_i | \varepsilon_i] = \left[\frac{\sigma\lambda}{1+\lambda^2} \right] * \left[\tilde{\mu}_i + \frac{\phi(\tilde{\mu}_i)}{\Phi(\tilde{\mu}_i)} \right], \quad \tilde{\mu}_i = \frac{-\lambda\varepsilon_i}{\sigma}$$

³² No entanto, como os resultados dos modelos são específicos à amostra do pesquisador, não há resposta analítica para essa questão da robustez.

³³ Lembrando que estes intervalos de confiança estão centrados no estimador da média condicional e não no estimador de u_i .

³⁴ As derivações dos demais modelos de distribuição de u estão em Greene (2008).

Em que:

$\Phi(x)$: função distribuição acumulada da normal avaliada em x .

$\phi(x)$: função densidade de probabilidade da normal avaliada em x .

Obtido $\hat{u}_i$, chega-se ao principal objetivo dos modelos de fronteira estocástica: a obtenção da eficiência técnica do produtor. Se a fronteira de produção estiver especificada em logaritmo, como usual, a eficiência técnica é obtida pela razão do produto observado sobre o produto devido ao termo puramente estocástico:

$$TE_i = \frac{y_i}{f(x_i; \beta) \exp(v_i)} = \frac{f(x_i; \beta) \exp(v_i) \exp(-u_i)}{f(x_i; \beta) \exp(v_i)} = \exp(-u_i)$$

Em que:

TE_i : medida de eficiência técnica, com $0 < TE \leq 1$

A aplicação da fronteira estocástica a dados em painel revela evidências mais confiáveis na medida em que indica o desempenho da mesma firma em vários períodos no tempo. Além de obter parâmetros e previsores mais eficientes e estimadores consistentes para TE, os dados em painel permitem relaxar algumas hipóteses a respeito da distribuição dos termos do erro composto e da correlação entre as variáveis independentes e o termo de ineficiência. O modelo geral de fronteira estocástica para dados em painel é representado por:

$$\ln y_{it} = \beta_o + x_{it}\beta + v_{it} - u_{it}$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2]$$

$$u_{it} \sim N^+[0, \sigma_u^2]$$

$$i = 1, \dots, N$$

$$t = 1, \dots, T$$

Schmidt e Sickles (1984) basearam seu estimador na hipótese de que a eficiência do produtor é invariante ao tempo, ou seja, $u_{it} = u_i$. Esta especificação é conhecida na literatura por modelo de fronteira estocástica com efeitos fixos, em que se permite que o efeito seja correlacionado com os regressores. A ineficiência técnica captura qualquer heterogeneidade não observada que seja constante no tempo. São utilizadas *dummies* para as firmas e a medida de ineficiência técnica é dada pelos seus coeficientes estimados em relação à firma mais

eficiente. Pitt e Lee (1981), Battese e Coelli (1988) e Koop *et al* (2000) apresentaram o modelo de efeitos aleatórios, modificando a hipótese de que a ineficiência técnica e a heterogeneidade dos produtores não são correlacionadas com as variáveis independentes.

Em painéis muito longos, entretanto, torna-se difícil sustentar a hipótese de que a ineficiência do produtor permanece constante, sendo interessante investigar suas mudanças no tempo. Vários autores permitiram que a ineficiência variasse no tempo, adicionando um efeito de tempo ao modelo ou especificando alguma forma funcional para a ineficiência em função do tempo (CORNWELL *et al*, 1990; BATTESE; COELLI, 1992; 1995; LEE; SCHMIDT, 1993; KUMBHAKAR; HJALMARSON, 1995; KUMBHAKAR, 2000; CUESTA, 2000; TSIONAS, 2006).

Tratado o efeito do tempo, falta discutir a heterogeneidade das firmas.³⁵ Greene (2008) cita quatro tipos de heterogeneidade. Primeiro, a observada, refletida nas variáveis independentes, representando deslocamentos que afetam a função de produção ou a distribuição da ineficiência. Segundo, a não observada, considerada no modelo geralmente com um efeito fixo. Greene (2004b) ressalta a importância de considerar a heterogeneidade não observada como um componente diferente da ineficiência técnica. Terceiro, a heterogeneidade do parâmetro, em que é possível modelar a variação das firmas nos parâmetros estruturais do modelo. Por último, incluir heterogeneidade tanto na função de produção quanto na modelagem da ineficiência.

Para acomodar a heterogeneidade, o ponto de partida adotado pela literatura foi introduzir variáveis afetando a média da distribuição do termo de ineficiência e estimar o modelo por Máxima Verossimilhança, utilizando a distribuição normal truncada para o termo de ineficiência u (BATTESE; COELLI, 1995).

³⁵ Apesar de nos referirmos às firmas, a unidade de observação também pode ser regiões, como no nosso caso.

$$\ln y_{it} = x_{it}\beta + v_{it} - u_{it}$$

$$v_{it} \sim N[0, \sigma_v^2]$$

$$u_i = U_r$$

$$U_i \sim N[\mu_i, \sigma_u^2]$$

$$\mu_i = \mu_0 + z_i\mu_1$$

$$i = 1, \dots, N$$

$$t = 1, \dots, T$$

Em que:

z_i : variáveis que afetam a média da ineficiência da firma.

No entanto, preocupado com o segundo e quarto tipos de heterogeneidade, Greene (2004a; 2004b; 2005) introduziu dois tipos de modelos para fronteiras estocásticas, em que os termos invariantes no tempo são tratados como heterogeneidade não observada e não como ineficiência. No modelo de efeitos fixos, a heterogeneidade seria medida inapropriadamente como ineficiência do produtor. Os estudos empíricos confirmam esta hipótese, pois modelos que consideram heterogeneidade incluída no termo de ineficiência tendem a apresentar maiores estimativas de ineficiência (KIM; SCHMIDT, 2000). O modelo introduzido por Greene, estimado por Máxima Verossimilhança, é conhecido por *True Fixed Effect*, em que o componente não observado e a ineficiência são dois termos distintos:

$$\ln y_{it} = a_i + x_{it}\beta + v_{it} - u_{it}$$

Em que:

a_i : efeito fixo, considerado através da inclusão de *dummies*.

Greene também introduziu o *True Random Effect*, estimado por Máxima Verossimilhança Simulada. Se o modelo comportar variáveis exógenas para explicar a heterogeneidade observada, duas metodologias podem ser adotadas. Os primeiros estudos usaram a abordagem de dois estágios, em que a ineficiência é obtida como subproduto da regressão de uma função de produção ou custo no primeiro estágio, e regredida contra seus determinantes em um segundo estágio. No entanto, ao não considerar essas influências no primeiro estágio, os estimadores da fronteira de produção e de eficiência técnica são viesados e o viés persiste no segundo estágio (WANG; SCHMIDT, 2002; CAUDILL; FORD, 1993; CAUDILL *et al*,

1995). Ganhos de eficiência são obtidos quando a estimação é realizada em apenas um estágio, em que as variáveis independentes que explicam a ineficiência da firma são incorporadas diretamente no erro composto. (KUMBHAKAR *et al* 1991; REIFSCHNEIDER; STEVENSON, 1991; HUANG; LIU, 1994; BATTESE; COELLI, 1992; 1995).³⁶

A metodologia de fronteira estocástica calcula uma eficiência por ano e para cada unidade de observação. Neste nosso estudo, a unidade de observação é a mesorregião i no setor j . Reportar todos os resultados tornaria a análise muito cansativa, pois teríamos o desempenho de cada uma das 137 mesorregiões em cada um dos 22 setores durante sete anos. A agregação dos resultados, apesar de basear-se em certas suposições, é um modo de tornar a análise viável. Assim, as eficiências serão analisadas de duas maneiras. Para se obter um índice de eficiência regional é preciso agregar, de alguma forma, a eficiência dos setores de cada mesorregião. E para se obter um índice de eficiência setorial é preciso agregar a eficiência das mesorregiões que compõem cada setor. Apresentaremos, a seguir, os resultados obtidos da estimação da fronteira estocástica de produção.

5.2 Mensuração da eficiência

Estima-se aqui o modelo especificado na expressão 12, que considera uma fronteira de produção do tipo Cobb-Douglas, com os insumos capital e trabalho, além de considerar a tendência na explicação da média da ineficiência das firmas.³⁷

$$\begin{aligned}
 12) \quad y_{it} &= \beta_0 + \beta_L L + \beta_K K + (v_{it} - u_{it}) \\
 U_{it} &\sim N(\mu_{it}, \sigma_u^2) \\
 \mu_{it} &= \delta_0 + \delta_1 t
 \end{aligned}$$

³⁶ Vale ressaltar que existem várias distribuições que podem ser assumidas para o termo de ineficiência do erro composto, como foi discutido previamente. No entanto, e como é o caso dos modelos aqui estimados, se são introduzidas variáveis para explicar a ineficiência das firmas, apenas é possível assumir a distribuição Normal Truncada para o termo de ineficiência.

³⁷ As variáveis já foram definidas no Capítulo Três.

5.2.1 Resultados da amostra geral

5.2.1.1 Fronteira de produção³⁸

A Tabela 9 mostra o resultado da estimação do modelo. Os insumos trabalho e capital têm coeficientes positivos e estatisticamente significantes a 1%, e o coeficiente do capital é 60% maior que o do trabalho.³⁹ O coeficiente negativo da tendência, que está sendo usada como uma variável para incorporar os fatores que variam ao longo do tempo e que afetam a todas as regiões igualmente, implica que as mesorregiões estão diminuindo a ineficiência ao longo do tempo. O resultado da tendência indica que, em geral, há um efeito positivo da passagem do tempo sobre a eficiência dos setores, que reflete em um aumento de 0,74% no produto.

Tabela 9 – Resultados da estimação da fronteira de produção da amostra geral

		Coeficiente	Estat. t	Significância
Fronteira de Produção	Constante	3,1566	60.48	***
	LnL	0,4040	34.14	***
	LnK	0,6516	150.64	***
Variável Z	Constante	-6,0331	-8.98	***
	Tendência	-1,1010	-9.93	***
	σ^2	2,9453	10.23	***
	γ	0,9500	179.89	***
	Número iterações	31		
	Teste LR (3)	379,08		
	N	6035		
	I	904		
	T	7		

Graus de significância: * 10%, ** 5%, *** 1%.

³⁸ A metodologia de Battese e Coelli (1995) para estimação de fronteiras estocásticas reporta três parâmetros adicionais. σ^2 é a variância do erro composto e é dada pela soma das variâncias do erro estatístico e do termo de ineficiência. γ é resultado de uma parametrização do modelo proposta por Battese e Corra (1977) em que

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2} = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}. \text{ Se } \gamma \text{ for estatisticamente diferente de zero significa que } \sigma_u^2 \text{ também é estatisticamente}$$

diferente de zero e, portanto, as ineficiências das firmas são relevantes e o modelo de fronteira estocástica é adequado. Além disso, se γ for alto (no máximo um), significa que grande parte da variação do erro composto se deve ao componente de ineficiência. O teste LR compara dois modelos em que no restrito assume-se que não há ineficiência (hipótese nula). A estatística do teste segue uma distribuição χ^2 mista. Em geral, valores altos (em módulo) da estatística rejeitam a hipótese nula. Os modelos de fronteira estocástica foram estimados utilizando o *software* Frontier.

³⁹ Realizamos o teste de Wald para verificar a hipótese de retornos constantes. É possível rejeitar essa hipótese a 1%. Como vimos no capítulo anterior, na metodologia de OP obtemos o coeficiente do insumo capital no segundo estágio, de modo que este teste não é computado diretamente. Por isso, optamos por realizar o teste na fronteira de produção.

A metodologia de fronteiras estocásticas de Battese e Coelli (1995) calcula uma ineficiência por mesorregião e setor no tempo, de modo que utilizamos os procedimentos de agregações setoriais e regionais descritos nas seções seguintes.

5.2.1.2 Indicador de eficiência setorial

Seguindo a fórmula de agregação 13 a seguir, é possível analisar o desempenho dos setores entre 2000 e 2006. A eficiência setorial em cada ano é dada pela média das eficiências regionais no setor ponderada pela parcela do produto de cada mesorregião no total do setor:

$$13) \text{ eficiência}_{jt} = \sum_{i=1}^N s_{ijt} ef_{ijt}$$

Em que ef_{ijt} é o resultado obtido da estimação da fronteira estocástica (obtem-se uma eficiência para cada mesorregião i , setor j e tempo t). Dessa forma, calculamos, por exemplo, a parcela do VTI na mesorregião 3515 (Metropolitana de São Paulo) no setor de Alimentos (15) em relação ao total nacional de VTI do setor 15 em determinado ano. Chamamos esta parcela de s_{ijt} . Ela é multiplicada pela eficiência resultante da fronteira estocástica estimada e, aplicando-se o somatório entre todas as mesorregiões do setor j , obtém-se a eficiência do setor j no ano t .

O Gráfico 6 mostra a média anual da eficiência de cada setor da indústria de transformação brasileira.⁴⁰

⁴⁰ Para mostrar melhor as diferenças setoriais, o valor mínimo da escala da ordenada do Gráfico 6 é 0.75 ao invés de zero.

Fonte: Cálculos próprios a partir dos dados da PIA.

Gráfico 6 – Média anual da eficiência setorial no período 2000 a 2006 – amostra geral

Como já observado na análise das funções de produção estimadas no capítulo anterior, entre os setores mais eficientes está a maioria classificados como altamente intensivos em tecnologia, como Equipamentos de Informática (30), Eletrônicos e Comunicação (32) e Veículos (34). O setor mais eficiente do Brasil é o de Combustíveis (23) e o de menor eficiência é o Têxtil (17). Já o Gráfico 7 mostra a evolução da eficiência setorial entre 2000 e 2006.

Fonte: Cálculos próprios a partir dos dados da PIA.

Gráfico 7 – Evolução (%) da eficiência setorial entre 2000 e 2006 – amostra geral

A Tabela 10 resume conjuntamente os resultados classificando os setores em seis grupos, de acordo com a média anual da eficiência e sua evolução no tempo⁴¹.

Tabela 10 - Comportamento dos grupos de acordo com a eficiência setorial

Grupo	Média Anual da Eficiência do Setor	Variação da Eficiência Média	Setores
1	Grande	↑	Nenhum setor.
2		↓	Outros Veículos (35) e Reciclagem (37).
3		↔	Celulose (21), Edição (22), Combustíveis (23), Químicos (24), Máquinas (29), Equipamentos de Informática (30), Eletrônicos e Comunicação (32), Instrumentos de Precisão (33) e Veículos (34).
4	Pequena	↑	Alimentos (15), Têxtil (17), Vestuário (18), Couro (19), Madeira (20), Plástico (25), Minerais Não Metálicos (26), Metalurgia (27), Produtos de Metal (28) e Equipamentos Elétricos (31).
5		↓	Nenhum setor.
6		↔	Móveis (36).

⁴¹ A evolução da eficiência do setor foi classificada em positiva (↑), negativa (↓) e nula (↔). Esta última se refere aos casos em que a variação da eficiência no período foi menor que 10%, implicando variação de 1,6% por ano. A classificação grande e pequena da média anual da eficiência do setor simplesmente divide o intervalo de eficiência do Gráfico 6 em dois grupos.

Enquanto a grande maioria dos setores que possuem elevada eficiência permaneceu na mesma situação entre 2000 e 2006, a maioria dos setores com baixa eficiência evoluiu positivamente no período. Referimo-nos aos grupos três e quatro, respectivamente. No primeiro caso (grupo três), predominam setores de alta e média alta intensidade tecnológica. Há um cenário positivo para os setores do quarto grupo, que, de certa forma, aproximam-se da fronteira de produção com o passar do tempo. Com exceção do setor de Equipamentos Elétricos (31), todos os setores do grupo quatro são menos intensivos em tecnologia.

Os grupos três e seis são formados por setores que mantiveram a eficiência praticamente estável entre 2000 e 2006, de modo que não conseguiram traduzir seus esforços produtivos de sete anos em ganhos de eficiência em relação aos demais setores. O caso torna-se mais preocupante para os setores do grupo dois (Outros Veículos, 35 e Reciclagem, 37) que, apesar de elevada eficiência, perderam posições relativas no período. Ou seja, enquanto todos os setores permanecem no mesmo lugar ou crescem em direção à fronteira, Outros Veículos e Reciclagem são os únicos que vão em sentido oposto.

Os casos de melhor desempenho do período (alta eficiência, com ganhos no período) e de pior (baixa eficiência, com perdas no período) são designados aos grupos um e cinco, respectivamente, nos quais não houve classificação por nenhum setor.⁴²

O Quadro 9 contém um conjunto de mapas setoriais que revelam a distribuição regional da eficiência para cada setor da indústria.⁴³ A Tabela 11 resume as principais conclusões do quadro.

⁴² É importante notar, entretanto que as conclusões devem ser tomadas com cautela, pois nos modelos de fronteira estocástica, setores localizados perto da fronteira têm pouco espaço para crescer, isto é, deslocar-se em direção à fronteira. Para verificar esta hipótese, estimamos outro modelo, em que o componente de tendência foi inserido tanto na fronteira de produção (permitindo seu deslocamento no tempo), quanto na função de ineficiência média das mesorregiões (modelo 2T). Concluímos que, apesar da evolução entre 2000 e 2006 da eficiência setorial dos dois modelos (o estimado nesta seção e o modelo 2T) apontar que alguns dos setores mais próximos da fronteira em 2000 mostraram um crescimento um pouco maior no modelo 2T até 2006, este resultado nem sempre se manteve válido e não alterou, em geral, o *ranking* da média anual da eficiência dos setores. Além disso, como a ineficiência é calculada considerando a distância à fronteira, realizamos a análise da evolução da eficiência mantendo a fronteira fixa no tempo.

⁴³ Não há mapa para o setor de Reciclagem (37) devido à sua baixa representatividade nacional.

Tabela 11⁴⁴ - Distribuição regional da eficiência setorial

Setor	Conclusões
Alimentos (15)	<ul style="list-style-type: none"> • Não há uma concentração clara de unidades mais eficientes. Por ser um setor de baixa intensidade tecnológica e que atende em geral a demanda local, está bastante distribuído pelo território nacional. • As mesorregiões mais eficientes do setor estão concentradas no Centro-Oeste. Em Goiás situa-se o Frigorífico Minerva, além de fábricas da Cargill e Parmalat. No leste do Mato-Grosso, há elevada eficiência das indústrias de Alimentos, tanto em grãos (Camil e Bunge), como em carnes (Minerva, Sadia, Grupo Bertim e várias unidades da Friboi). • Duas mesorregiões do leste do Paraná são mais eficientes do que a média do setor: a Metropolitana de Curitiba e o Centro Oriental Paranaense. A Metropolitana de Curitiba possui grandes empresas como Sadia, Kraft Foods, Batávia, Pepsico, Bunge e Cargill. • A maioria das mesorregiões de Santa Catarina apresenta eficiência superior à média do setor, assim como o Noroeste do Rio Grande do Sul. • O sul do Rio de Janeiro e o estado de São Paulo também têm mesorregiões bastante eficientes. • É baixa a eficiência na maioria das mesorregiões do Nordeste. A exceção ocorre na Bahia, com algumas mesorregiões bastante eficientes: o Extremo Oeste Baiano, que abriga fábricas da Cargill e Bunge Alimentos, o Sul Baiano, com importantes frigoríficos das empresas Frisa e Multicarnes, além da Cargill em Ilhéus. • O Centro Amazonense aparece com alto valor de eficiência e, dentre outras, abriga fábricas da Coca-Cola e da Pepsico. O leste do Pará apresenta elevada eficiência e concentra produção de carnes (Friboi, Bertim e Minerva), assim como o estado de Rondônia, com a Friboi em Porto Velho, Cacoal e Pimenta Bueno, entre outros municípios.
Têxtil (17)	<ul style="list-style-type: none"> • Alta produtividade concentrada principalmente nas mesorregiões que contêm as zonas metropolitanas das regiões Sul, Nordeste e Sudeste. • Destaque para a mesorregião Norte de Minas (com a empresa Coteminas) e o Vale dos Sinos, na Metropolitana de Porto Alegre (com as empresas Lansul e Pingouin). Embora possua elevada eficiência, o Vale do Itajaí, outro polo têxtil em Santa Catarina (nas cidades de Blumenau e Brusque, com grandes empresas como Altenburg, Coteminas, Karsten, Teka, Dudalina e Büettner), não está entre as dez mesorregiões mais eficientes do setor. • Baixa produtividade nas mesorregiões do Centro-Oeste, com exceção da Centro Goiano.

⁴⁴ As fontes sobre a localização das empresas são bastante diversas, mas priorizaram os sites das próprias empresas, suas respectivas associações, a Revistas Exame (2002), Gazeta Mercantil (2005) e Valor Econômico (2005a; 2005b).

(cont.) Distribuição regional da eficiência setorial

Setor	Conclusões
Vestuário (18)	<ul style="list-style-type: none"> • Mesorregiões mais eficientes no oeste de São Paulo, no Rio de Janeiro, em Santa Catarina (Vale do Itajaí), Rio Grande do Sul (Vale dos Sinos) e sul do Mato Grosso do Sul. • Baixa eficiência no centro sul de Minas Gerais, no Paraná e no Nordeste, onde apenas duas mesorregiões (Centro Sul Baiano e Central Potiguar) possuem destaque.
Couro (19)	<ul style="list-style-type: none"> • O oeste do estado de São Paulo se destaca em elevada eficiência nas mesorregiões de Ribeirão Preto (Franca), São José do Rio Preto, Araçatuba e Assis. • O leste do Mato Grosso do Sul também mostra elevada eficiência, sendo possível a produção de produtos de couro derivados da atividade agropecuária. • Vale dos Sinos, na mesorregião Metropolitana de Porto Alegre mantém um importante destaque, participando com as cidades de Igrejinha, Nova Hartz, Nova Petrópolis, Novo Hamburgo, Osório, Parobé etc., que abrigam grandes empresas de calçados (Beira Rio, Via Marte, Usaflex, Dakota, Via Uno etc.). Junto com a mesorregião Nordeste Rio-grandense, são as mais eficientes do que a média do setor na produção de calçados e couros do estado. • Alta eficiência entre mesorregiões do Nordeste, principalmente no Ceará e Paraíba. No Ceará, o setor é bastante eficiente na mesorregião Noroeste do Ceará, que possui fábricas da Greendene, no município de Sobral e Democrata, em Santa Quitéria e Camocim. A mesorregião eficiente da Paraíba (Agreste Paraibano) sedia a fábrica da Alpargatas.
Madeira (20)	<ul style="list-style-type: none"> • Maior eficiência concentrada no estado do Pará, nas mesorregiões Baixo Amazonas e Sudoeste Paraense, com empresas Vale Fértil, Amazônia Florestal, Orsa Florestal, Forex, Madesa, entre outras. • O estado de Rondônia também possui alta eficiência em ambas as mesorregiões, sede da Amazon Woods, Lano da Amazônia, entre outras várias madeireiras. • Altos valores também são vistos em algumas mesorregiões de São Paulo, como São José do Rio Preto, Piracicaba, Campinas, Assis e Metropolitana de São Paulo, com uma série de empresas produtoras de pisos, portões, painéis, chapas, compensados etc. • Várias mesorregiões do Centro-Oeste estão classificadas como as mais eficientes do Brasil no setor. São o Nordeste Mato-grossense, o Centro Goiano (com várias madeireiras em Goiânia e Anápolis), Centro Norte e Leste de Mato Grosso do Sul. • Centro Amazonense não se mostra tão produtivo.

(cont.) Distribuição regional da eficiência setorial

Setor	Conclusões
Celulose (21)	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria com baixa representatividade espacial. • As mesorregiões mais eficientes estão em São Paulo, Minas Gerais e na região Sul. • Em São Paulo destacam-se as mesorregiões de Campinas (com fábricas da Rigesa, em Valinhos, Fibria (pertencente ao grupo da Aracruz e VCP) em Americana, International Paper em Mogi-Guaçu e Suzano e Nittow em Campinas), Macro Metropolitana Paulista (que abrange empresas da Klabin em Jundiaí, Unipel em Bom Jesus dos Perdões, Santher em Bragança Paulista e Porto Feliz, na própria cidade de Porto Feliz) e Sul de Minas Gerais. • A mesorregião Centro Oriental Paranaense é o destaque da região Sul. Santa Catarina possui elevada eficiência em duas mesorregiões: Vale do Itajaí (com a Rigesa em Blumenau, Klabin em Itajaí e Himasa em Taió) e Oeste Catarinense (Adami em Caçador e Sopasta em Tangará). A mesorregião Metropolitana de Porto Alegre também tem eficiência elevada e concentra grandes fábricas, como a Aracruz e VCP (Fibria), e Santher em Guaíba, Klabin em São Leopoldo e Otomit em Novo Hamburgo.
Edição (22)	<ul style="list-style-type: none"> • A natureza do setor privilegia maior eficiência nas capitais dos estados. • A Zona Franca de Manaus (com instalações da Sony e do Grupo Saraiva) possui maior eficiência do que as mesorregiões do Rio Grande do Sul (com algumas gráficas e editoras, Lorigraf, como a Atlas e Saraiva) • O destaque da região Centro-Oeste é a mesorregião Centro Norte de Mato Grosso do Sul, que abriga a capital do estado, onde está instalada outra unidade do Grupo Saraiva. • O Nordeste concentra elevada eficiência nas mesorregiões Leste Potiguar e Metropolitana de Salvador. Nesta, há muitas gráficas e grandes editoras instaladas (como Atlas, Saraiva e Moderna). • No estado de São Paulo, além da Metropolitana de São Paulo, a mesorregião Ribeirão Preto também possui alta eficiência, onde se localizam as editoras Saraiva e Atlas.
Combustíveis (23)	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria com baixa dispersão espacial. • Rio de Janeiro e São Paulo possuem as mesorregiões mais eficientes. A Petrobras e a Refinaria de Manguinhos têm sede na mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro. Nas mesorregiões Campinas e Metropolitana de São Paulo, a empresa tem refinarias em Cubatão, Mauá, São José dos Campos e Paulínia. • Mesorregiões do oeste do estado de São Paulo, que possuem várias usinas de álcool, são menos eficientes relativamente.

(cont.) Distribuição regional da eficiência setorial

Setor	Conclusões
Químico (24)	<ul style="list-style-type: none"> • Destaque para Rio Grande do Sul (polo de Triunfo e Novo Hamburgo - Braskem, Oxiten, Brascola, Basf etc.). • Elevada eficiência também em São Paulo, nas mesorregiões Metropolitana de São Paulo (destaque para as empresas em Cubatão e a região do ABCD), Campinas (White Martins em Americana e a Basf em Indaiatuba, Braskem e Rhodia em Paulínia), Piracicaba (Corn Products em Conchal), Macro Metropolitana Paulista (White Martins em Jundiaí, Cargill e 3M em Mairinque) e Vale do Paraíba Paulista (Rhodia, Basf, Alquibras etc.). No Rio de Janeiro, os municípios Resende e Volta Redonda, pertencentes à mesorregião Sul Fluminense, têm alta eficiência. • Em geral, os estados do Nordeste possuem eficiência menor, assim como o norte de Minas Gerais e Santa Catarina. No entanto, Bahia (polo petroquímico de Camaçari, na mesorregião Metropolitana de Salvador, com as principais empresas químicas do país), Sergipe (White Martins), Alagoas (Maceió conta com a Braskem, Linde Gás e White Martins), e Maranhão (Centro Maranhense) são os destaques de maior eficiência do Nordeste. • Eficiência elevada na Zona Franca de Manaus, onde há grandes fábricas instaladas como a 3M, a Engenpack e a White Martins. • Sul de Goiás merece destaque pela indústria de fertilizantes e abriga, no município de Catalão, a empresa Fosfertil, que também está presente no Triângulo Mineiro.
Plástico (25)	<ul style="list-style-type: none"> • Alta eficiência concentrada no estado de São Paulo, com mesorregiões de São José do Rio Preto e Ribeirão Preto, no norte do estado. Além disso, destacam-se as mesorregiões do Vale do Paraíba Paulista, a Metropolitana de São Paulo (com as empresas HD tubos em Cajamar e Caieiras, Odebrecht em Embu, Firestone e Pirelli em Santo André), a mesorregião de Campinas (Goodyear e Milcam em Americana, Aval e Pirelli em Campinas, Tigre em Indaiatuba, Pirelli em Sumaré, entre outras) e as mesorregiões de Itapetininga e Piracicaba (com fábricas da Tigre em Sumaré e da Goodyear em Santa Bárbara d'Oeste). • Na região Sul, o destaque é para o estado do Rio Grande do Sul (nas mesorregiões Centro-Oriental Rio-grandense e Metropolitana de Porto Alegre, onde se localiza o polo de Triunfo, com empresas da Feroli, Pirelli e Portoflex). • O Centro Amazonense também tem elevada eficiência e concentra importantes empresas como a BIC e Faber-Castell, além da Videolar. • Baixa eficiência nas mesorregiões do Nordeste, Paraná e Santa Catarina.

(cont.) Distribuição regional da eficiência setorial

Setor	Conclusões
Minerais Não Metálicos (26)	<ul style="list-style-type: none"> • Maior dispersão das mesorregiões eficientes pelo espaço brasileiro, pois cimento, um dos principais itens do setor, é considerado produto perecível e enfrenta elevado custo de transporte. Portanto, sua produção deve estar próxima ao mercado consumidor final. • Há alguma concentração de elevada eficiência nas mesorregiões da faixa litorânea do país, que engloba importantes fábricas de vidros, como empresas do grupo Saint-Gobain, e de cimentos, produtos cerâmicos e cal, como a Incepa, Supermix e Votorantim. • Na região Sul, o destaque fica por conta das mesorregiões do litoral do Rio Grande do Sul, onde se localizam fábricas da Fortaleza, Saint-Gobain e porcelanas Del Porto. • Regiões Nordeste, Norte e oeste dos estados da região Sul e Sudeste são menos eficientes, apesar de que Central Potiguar e Noroeste Cearense são bastante eficientes (abrigam fábricas da Votorantin e Cimpor). • As mesorregiões do Mato Grosso e o Norte Goiano são os destaques do Centro-Oeste, com fábricas da Votorantin em Nobres, Supermix e Fortaleza, em Cuiabá e Supermix, em Rondonópolis.
Metalurgia (27)	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria com baixa dispersão espacial. • Alta eficiência é concentrada principalmente nas mesorregiões do Rio de Janeiro, com a Vale do Rio Doce e Votorantin, na mesorregião metropolitana. Em São Paulo, localizam-se a Aços Villares e a Confab na mesorregião Vale do Paraíba Paulista, a Schedule, em Campinas e Paulínia e a Ipiranga, na mesorregião de Ribeirão Preto. • A mesorregião Metropolitana de Porto Alegre tem elevada eficiência na região Sul e abriga fábrica da Gerdau. • Maranhão (empresas da Vale do Rio Doce e do grupo Alcoa e com projetos para implementação do polo siderúrgico de São Luís) também merece destaque.
Produtos de Metal (28)	<ul style="list-style-type: none"> • Apesar de a indústria concentrar-se no Sudeste e Sul, as mesorregiões do Nordeste têm, em geral, altos índices de eficiência, como na Bahia (Centro Norte Baiano), Sergipe (Leste Sergipano), Alagoas (Leste Alagoano) e Rio Grande do Norte (Oeste Potiguar).

(cont.) Distribuição regional da eficiência setorial

Setor	Conclusões
Máquinas (29)	<ul style="list-style-type: none"> • A indústria está concentrada nas regiões Sudeste e Sul. • Em São Paulo, a maior eficiência está concentrada no centro do estado, entre as mesorregiões de Marília, Bauru, Piracicaba e Itapetininga. • Já no Rio de Janeiro merecem destaque o Sul e o Norte Fluminense. No Espírito Santo, as mesorregiões Litoral-Norte e Central Espírito-santense, que abriga a fábrica Arcelor-Mittal, possuem elevada eficiência. • As mesorregiões Serrana, Vale do Itajaí e Norte Catarinense, em Santa Catarina, são exemplos de elevada eficiência no estado. Abrigam importantes empresas como a Embraco e Schulz, em Joinville (Norte Catarinense) e Netzsche e Jung, em Pomerode e Blumenau (Vale do Itajaí). • Na região Norte, o Centro Amazonense é bastante eficiente, por conta de Manaus, com grandes empresas como a Brastemp, Electrolux, Weg etc. • Apesar de poucos estados possuírem este setor no Nordeste, várias mesorregiões têm eficiência elevada, como é o caso do Sul Baiano, a Metropolitana de Salvador (no polo de Camaçari), o Leste Sergipano e Alagoano.
Equipamentos de Informática (30)	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria com baixa dispersão espacial. • Destaque para a elevada eficiência do Centro Amazonense, onde, em Manaus, estão as fábricas da CCE e Semp Toshiba, por exemplo. • Também se destaca a mesorregião de Campinas, com grandes empresas como Asga, Lenovo e IBM. • Alta eficiência também é observada na mesorregião Sul Baiano, que abriga fábricas de equipamentos de informática (Bitway, Leadership e Leader Tech).
Equipamentos Elétricos (31)	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria concentrada em São Paulo e Rio de Janeiro, que possuem mesorregiões com maior eficiência. Em São Paulo, há elevada eficiência nas mesorregiões de São José do Rio Preto, Campinas, Piracicaba e Metropolitana de São Paulo, onde possuem fábricas da Bosch (Campinas), Schneider Electric (Guararema e Sumaré), Philips (Mauá), Trafo (Hortolândia) entre outras. • Destaque isolado, no Nordeste, para a mesorregião Metropolitana de Salvador, que possui uma série de fábricas na região de Camaçari, além da Bosch em Simões Filho. • O destaque na região Sul ocorre em Santa Catarina, na mesorregião Norte Catarinense, que abriga, entre outras, fábricas da Weg (Jaraguá do Sul), Wetzel (Joinville). Já as mesorregiões Metropolitana de Porto Alegre e Norte Central Paranaense, apesar de ainda serem destaque, possuem eficiência menor do que a Norte Catarinense.
Eletrônico e Comunicação (32)	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria com baixa dispersão espacial. • Destaque para o Centro Amazonense (Zona Franca de Manaus), com importante produção de aparelhos celulares e que conta com a presença da Nokia, LG, Samsung, 3M etc., e para a mesorregião de Campinas, em Jaguariúna, com a Motorola.

(cont.) Distribuição regional da eficiência setorial

Setor	Conclusões
Instrumentos de Precisão (33)	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria com baixa dispersão espacial. • Concentração da indústria no Sudeste. • As mesorregiões mais eficientes são Ribeirão Preto, em São Paulo, (com várias empresas produtoras de equipamentos médicos, hospitalares e odontológicos, como Deltronix, Odontomedics, X Dent, Dent Cler entre outras), e Centro Amazonense (Zona Franca de Manaus). • O Rio Grande do Sul, apesar de possuir várias empresas do setor, apresenta baixa eficiência.
Veículos (34)	<ul style="list-style-type: none"> • Mesorregiões mais eficientes concentradas em São Paulo (nas mesorregiões de Araraquara, Vale do Paraíba Paulista e Macro Metropolitana Paulista, com fábricas da Volkswagen, GM e Ford), Minas Gerais (Fiat, Mercedes-Benz e Iveco, nas mesorregiões Metropolitana de Belo Horizonte e Zona da Mata) e Sul Fluminense (Peugeot e Volkswagen em Porto Real e Resende). • Merecem destaque também as mesorregiões metropolitanas dos estados do Rio Grande do Sul (GM e Valeo, ambas em Gravataí) e Bahia (Ford Bahia e Valeo, em Camaçari). • No Rio Grande do Sul, além disso, destacam-se as mesorregiões Nordeste e Noroeste Rio-grandense, com grandes empresas em Caxias do Sul (Agrale, por exemplo), Horizontina (John Deere) e Ibirubá (Agco do Brasil). • Centro Amazonense (Zona Franca de Manaus) tem eficiência moderada. • Oeste da região Sudeste tem menores índices de eficiência.
Outros Veículos (35)	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria com baixa dispersão espacial. • Destaque para Centro Amazonense (Zona Franca de Manaus) e Macro Metropolitana Paulista. Na primeira, localizam-se várias unidades fabris de motos e bicicletas (Honda, Suzuki, Yamaha, Prince Bike e Caloi). Na segunda, localiza-se uma das fábricas de materiais ferroviários da empresa ALL. • Elevada eficiência na mesorregião Norte Fluminense, no Rio de Janeiro, onde se desenvolve a indústria naval, com a instalação de estaleiros.
Móveis (36)	<ul style="list-style-type: none"> • Concentração de elevada eficiência principalmente nas mesorregiões da faixa litorânea do Rio Grande do Sul até São Paulo. • Há algumas mesorregiões isoladas que apresentaram alta eficiência também, como nos estados do Mato Grosso e Pernambuco (Centro-Sul Mato-grossense e Agreste Pernambucano). • Mesorregiões menos eficientes no Nordeste.

Concluimos do Quadro 9 e da Tabela 11 que existe grande concentração da indústria de transformação nas regiões Sudeste e Sul do país. No entanto, na medida em que tratamos de setores mais básicos da economia, com menos requisitos tecnológicos ou que necessitam

proximidade com o seu mercado consumidor, há maior dispersão no espaço brasileiro. Além disso, há um aumento da participação dos estados da Região Centro-Oeste, tanto em setores mais tradicionais como Alimentos (15), com grande expansão da produção agropecuária e Vestuário (18), como nos de moderada intensidade tecnológica (Químico, 24, e Minerais Não Metálicos, 26).

Em determinados setores, as mesorregiões mais eficientes tendem a se localizar na faixa litorânea do Brasil, principalmente nos estados das regiões Sul, Sudeste e Bahia, com algum deslocamento para os estados do Centro-Oeste. O Nordeste, geralmente com poucas mesorregiões participantes da amostra, é classificado por baixos índices de eficiência, salvo em suas mesorregiões metropolitanas, que, dependendo do setor, ainda conseguem algum destaque e quando há recursos naturais que atraem grandes empresas. Os polos industriais consolidados no espaço nacional aparecem, na maioria das vezes, entre as mesorregiões mais eficientes. E sempre dentre estas foi possível identificar a presença de grandes empresas.

O Quadro 10 detalha a evolução anual da eficiência de cada setor.⁴⁵ Os anos de 2001 e 2002 foram os mais turbulentos para a eficiência em alguns setores, mas estes conseguem recuperar seus níveis até o final do período (2006).

5.2.1.3 Comparando resultados setoriais dos diferentes métodos

Apesar das duas medidas de desempenho setorial obtidas até agora (produtividade por efeitos fixos estimados pela metodologia propostas por OP no capítulo Quatro e indicadores de eficiência estimados pela fronteira estocástica) gerarem versões diferentes, é possível analisar o grau de associação entre elas. Enquanto a primeira considera a produtividade total dos fatores que é constante no tempo, a segunda avalia a eficiência técnica dos fatores sem suposições sobre sua variabilidade no tempo. O efeito fixo, entretanto, como medida de produtividade, não é desejável se avaliamos que a produtividade pode ter variado ao longo do tempo. Considerá-la constante no tempo significa supor que as firmas não incorporaram conhecimento no processo de produção ou não cometeram erros, ou que esses dois fatores tenham ocorrido igualmente em todas as regiões. Na medida em que esta metodologia só considera uma face da produtividade, é incompleta.

⁴⁵ Adicionamos uma linha de tendência em cada gráfico, em vermelho.

O coeficiente de correlação por postos de Spearman é uma medida de relação entre duas classificações e serve para indicar quão parecidos dois *rankings* podem ser. O coeficiente de Spearman é um caso especial do coeficiente de Pearson, uma vez que os dados já são convertidos em valores ordenados (*rankings*). Ambas as medidas assumem valores entre um e menos um. Quanto mais próximo de um ou menos um obtivermos o resultado, maior é a semelhança entre as duas classificações. O coeficiente de correlação entre os *rankings* setoriais obtidos pelas duas metodologias diferentes, mas ambas medindo o desempenho da indústria, resultou em 0,6831.⁴⁶

Isso indica que há uma grande associação em termos de produtividade total dos fatores constantes no tempo e a eficiência técnica. Era de se esperar um resultado elevado do coeficiente de correlação, se consideramos que a medida de eficiência engloba a de produtividade, pois esta só mede os fatores que são constantes no tempo. Se, por um lado, torna os resultados setoriais mais robustos, por outro, aponta a importância de avaliarmos medidas de desempenho que considerem também fatores variantes no tempo.

5.2.1.4 Indicador de eficiência regional

O indicador síntese de eficiência regional baseia-se em um sistema de notas em que as regiões mais eficientes recebem notas maiores. No primeiro passo, para cada setor j cria-se uma lista das mesorregiões ordenadas de forma decrescente pela sua eficiência. É feita uma lista por ano e para cada lista anual (ordenada), calculam-se os quintis, atribuindo-se uma nota, variando de um a cinco, para cada quintil, como mostra a Tabela 12. Assim, são classificadas como de “alta eficiência” em um determinado setor as regiões situadas entre as 20% mais eficientes naquele setor, recebendo, cada uma delas, a nota 5. No outro extremo, as regiões situadas entre os 20% de menor eficiência recebem a nota 1. Dessa forma, cada região apresentará um número máximo possível de 22 notas por ano, uma para cada setor.

⁴⁶ Na metodologia de Fronteira Estocástica, como temos mais de um ranking por ano, classificou-se a média anual da eficiência setorial.

Tabela 12 -Classificação da eficiência das mesorregiões dentro de um setor j

Classificação	Corte das mesorregiões	Nota Classificatória
Alta Eficiência	20%	5
Média Alta	20%	4
Média	20%	3
Média Baixa	20%	2
Baixa Eficiência	20%	1

A nota global da região é dada pela média das notas de seus setores, ponderada pela participação de cada setor na sua estrutura produtiva. Assim, uma região que tenha obtido nota alta em setor de pequena importância dentro da sua produção, e, ao mesmo tempo, notas baixas nos setores quantitativamente mais importantes na sua composição produtiva, acabará recebendo uma nota global baixa. Ou seja, o sistema de notas considera a performance setorial da região e o papel de cada setor na sua produção global. Para obter nota alta, é preciso ser eficiente nos setores com grande importância na mesorregião. Cada mesorregião terá assim, uma nota global para cada ano. A sua nota final será dada pela média aritmética de todas as suas notas entre os anos de 2000 a 2006.

As análises de eficiência regional serão realizadas, principalmente, por meio de mapas que ilustram sua distribuição no espaço brasileiro. Os mapas apresentados sempre dividem a eficiência estimada das regiões em oito categorias, com o mesmo número de mesorregiões em cada uma, que são representadas por cores diferentes (quanto mais escura, maior a eficiência).⁴⁷ No entanto, deve-se observar que, quando comparamos dois mapas da distribuição regional da eficiência da indústria, dado que o número de mesorregiões no Brasil é sempre o mesmo, o ganho de eficiência de uma mesorregião deve ser compensado pela perda de eficiência em uma ou mais regiões. Isto não significa necessariamente que essas mesorregiões perderam eficiência em valores absolutos. Mas de forma relativa, isto de fato ocorre. Portanto, as análises dos mapas ocorrem de forma comparativa, considerando o desempenho eficiente da região em relação às demais regiões, buscando saber quais mesorregiões se tornaram mais atrativas, em termos de eficiência, em relação às demais. É neste sentido comparativo que nossa análise se aproxima do conceito de competitividade.

Usando o Indicador de Eficiência Regional (IER), o Quadro 11, no apêndice do capítulo, apresenta para cada ano a distribuição da eficiência regional da indústria no espaço brasileiro.

⁴⁷ A rigor, não há sempre o mesmo número de mesorregiões em cada categoria de cor. Isto ocorre quando o número total de mesorregiões que contém o setor j (ou participantes da análise) não tem uma divisão inteira por oito.

Mostramos no Quadro 7 um resumo dessas informações: a média anual do IER entre 2000 a 2006 e a evolução da eficiência de cada mesorregião nesse período.

Quadro 7- Distribuição regional da eficiência da indústria de transformação – média anual e variação (%) entre 2000 e 2006

Considerando os mapas do Quadro 11, percebe-se um deslocamento, ao longo do tempo, de altos índices de eficiência para as mesorregiões do Centro-Oeste e Norte. Na região Sudeste há uma concentração de mesorregiões mais eficientes na faixa litorânea do país. Já o oeste de São Paulo e a maioria das mesorregiões de Minas Gerais apresentam índices mais modestos de eficiência, que também caracterizam a região Sul. De qualquer forma, mesmo assim, são índices mais elevados do que a maioria dos apresentados pelas mesorregiões do Nordeste, com algumas exceções na Bahia e Ceará, principalmente. Apesar da alta eficiência média em algumas das mesorregiões do Centro Oeste, Norte, Bahia, Ceará e Maranhão, suas produções industriais ainda são bastante concentradas em alguns setores, como o de Alimentos (15) no Centro-Oeste e Madeira (20) no Norte. É uma evidência de que as mesorregiões mais especializadas conseguem, em geral, bons níveis de eficiência.

O segundo mapa do Quadro 7 mostra a evolução da eficiência das mesorregiões entre 2000 e 2006. O Nordeste ganha um pouco mais de destaque, principalmente os estados da Bahia e do Rio Grande do Norte. O norte de Minas Gerais também mostra um desempenho positivo no período. Chama a atenção, entretanto, que a evolução no Nordeste é caracterizada por cenários extremos: suas mesorregiões ou cresceram muito em eficiência ou apresentaram uma

queda bastante significativa. Em comparação, por exemplo, no Sudeste, Sul e Centro-Oeste, apesar dos comportamentos positivos e negativos das mesorregiões, os desempenhos são mais graduais dentro dos estados.⁴⁸

Outra ferramenta que pode ser utilizada para analisar a evolução da eficiência ao longo do período é por meio da matriz de transição. Para isso, os indicadores de eficiência das mesorregiões são ordenados crescentemente para cada ano, calculando-se os quintis da distribuição. Assim, as regiões são classificadas desde as 20% menos eficientes até as 20% mais eficientes. Para se obter a matriz, basta verificar quantas mesorregiões que no ano inicial foram classificadas, por exemplo, entre as 20% menos eficientes, permaneceram assim em 2006 ou mudaram de posição, subindo na escala de eficiência. A diagonal principal dessa matriz indica os casos de permanência na mesma situação relativa ao longo do período. Números à direita da diagonal principal indicam casos de melhora relativa de competitividade, enquanto casos à esquerda da diagonal principal indicam casos de perda relativa de competitividade.

A matriz de transição da eficiência das mesorregiões é apresentada pela Tabela 13. Há elevada mobilidade das mesorregiões entre as categorias de eficiência, pois 68% delas mudam de posição. Dentre estas, 33% das mesorregiões melhoraram e 27% pioraram. Os destaques ficam por conta de cinco mesorregiões que conseguiram subir pelo menos três categorias de 2000 para 2006 (Vale do Acre, Agreste Sergipano, Leste Goiano, Norte Espírito-santense e Norte Fluminense). Por outro lado, sete mesorregiões perderam, em 2006, pelo menos três categorias que haviam conquistado em 2000 (Campo das Vertentes em Minas Gerais, Madeira-Guaporé em Rondônia, Jaguaribe no Ceará, Borborema na Paraíba, Litoral Sul Paulista, Norte Maranhense e Sudoeste de Mato Grosso do Sul). Com exceção das mesorregiões classificadas entre as 20% menos eficientes e 20% mais eficientes, a maioria muda somente uma categoria (para melhor ou pior). Isto indica que a transição ocorre, em geral, gradualmente.

⁴⁸ Considerando a discussão da nota 42, em relação à eficiência regional, verificamos que a diferença existente entre as estimativas geradas pelos dois modelos (o especificado nesta seção e o modelo 2T, com um termo de tendência na fronteira de produção e outro na função de ineficiência) é pequena, pois os mapas da variação da eficiência das mesorregiões entre 2000 e 2006 gerados pelos dois modelos são praticamente idênticos.

Tabela 13 - Matriz de transição – amostra geral

2006 2000	Cat. 1- 20% menos eficientes	Cat. 2- 20%	Cat. 3- 20%	Cat. 4- 20%	Cat. 5- 20% mais eficientes
Cat. 1- 20% menos eficientes	13	4	3	1	2
Cat. 2- 20%	1	11	6	3	2
Cat. 3- 20%	3	6	5	8	1
Cat. 4- 20%	1	1	7	6	7
Cat. 5- 20% mais eficientes	4	2	2	4	10

A Tabela 14 mostra o coeficiente de correlação de Pearson calculado para as classificações das mesorregiões de acordo com o IER.⁴⁹ O coeficiente de correlação é calculado entre dois anos consecutivos. Quanto maior o coeficiente de Pearson, menor a diferença entre os *rankings* e, portanto, menor a mobilidade das mesorregiões. É outra forma de identificar o grau de mobilidade das mesorregiões nos *rankings* classificatórios. A tabela mostra, por exemplo, que a correlação entre os *rankings* estimados nos anos de 2000 e 2001 é de 0,58. Conclui-se que a maior variação de eficiência relativa entre as mesorregiões ocorreu principalmente entre 2000 e 2002, e que entre 2003 e 2004 houve variação menor da eficiência regional da indústria brasileira.

Tabela 14 - Coeficiente de correlação de Pearson entre as classificações anuais das mesorregiões – amostra geral

<i>Rankings</i>	Coef. Pearson
Ano 2000 com 2001	0,5866
Ano 2001 com 2002	0,5692
Ano 2002 com 2003	0,6388
Ano 2003 com 2004	0,6647
Ano 2004 com 2005	0,5965
Ano 2006 com 2006	0,5806
Média	0,6061

A Tabela 19, no apêndice do capítulo, apresenta a posição de cada mesorregião no ranking de eficiência em 2000 e 2006, ordenada por 2006. Entre as 20 mesorregiões mais eficientes aparecem metade das mesorregiões dos estados do Pará, Sergipe, Rio de Janeiro e Rondônia, além do Distrito Federal e o Centro Amazonense.⁵⁰ A Bahia e o Mato Grosso possuem cerca de 40% de suas mesorregiões dentre as 20 mais eficientes. Da região Sul, apenas o Paraná aparece com somente uma mesorregião, enquanto que no Sudeste, somente Minas Gerais não

⁴⁹ Quando há repetição na classificação das mesorregiões, isto é, duas ou mais ocupam a mesma posição, é necessário utilizar a metodologia de Pearson.

⁵⁰ Porcentagens calculadas considerando o *ranking* de 2006.

aparece entre as 20 mais eficientes. Por outro lado, a região Nordeste possui maior frequência entre as 20 mesorregiões menos eficientes, dentre as quais 67% do estado do Rio Grande do Norte, metade da Paraíba e do Ceará e 40% das mesorregiões de Pernambuco.

5.2.2 Resultados da amostra por intensidade tecnológica

Os resultados desta seção consideram a intensidade tecnológica da indústria de transformação, pois trabalham com os setores agregados em quatro categorias de intensidade tecnológica.

5.2.2.1 Fronteira de produção

A Tabela 15 apresenta os resultados das estimações da fronteira de produção estocástica. Os coeficientes dos insumos trabalho e capital são positivos e significantes e o coeficiente do capital é quase duas vezes maior que o do trabalho. O coeficiente da tendência mostra que, de modo geral, as mesorregiões tornam-se mais eficientes com o passar do tempo: a cada ano, a média da ineficiência das mesorregiões diminui em 1,26 pontos, provocando um crescimento de 0,82% no produto.⁵¹

Tabela 15 - Resultados da estimação da fronteira de produção da amostra por intensidade tecnológica

Fronteira de Produção	Constante	Coefficiente	Estat. t	Significância
	LnL	0,3303	15.87	***
	LnK	0,6981	90.463	***
Variável Z	Constante	-8,5300	-2.53	**
	Tendência	-1,2632	-2.66	***
	σ^2	4,7057	2.83	***
	γ	0,9771	109.08	***
	Número iterações	35		
	Teste LR (3)	236,21		
	N	2352		
	I	337		
	T	7		

Graus de significância: * 10%, ** 5%, *** 1%.

⁵¹ É possível rejeitar a 10% a hipótese nula de retornos constantes da função de produção, segundo o teste de Wald.

5.2.2.2 Análise da eficiência setorial

O Gráfico 8 reporta a média anual da eficiência dos setores de intensidade tecnológica no período 2000-2006.⁵² Apesar de a diferença da média anual entre eles ser pequena, a interpretação é bastante intuitiva: os setores mais intensivos em tecnologia alcançam uma eficiência maior do que os menos intensivos. O setor AI é 3,65% mais eficiente do que MAI, 11,70% mais eficiente que MBI e 11,88% mais do que BI. Por sua vez, MAI é 7,77% mais eficiente do que MBI e 7,95% do que BI. Por último, os setores MBI e BI possuem quase a mesma eficiência, pois MBI é somente 0,16% mais eficiente do que BI.

Fonte: Cálculos próprios a partir dos dados da PIA.

Gráfico 8 - Média anual da eficiência setorial no período 2000 a 2006 – amostra por intensidade tecnológica

Já o Gráfico 9 mostra a variação da eficiência entre 2000 e 2006. Conclui-se que todos aumentaram a eficiência no período. Na seção 5.2.1.2., quando consideramos os setores desagregados em suas CNAE 1.0, apenas os setores Têxtil (17) e Outros Veículos (35) mostraram evolução negativa da eficiência. Isso mostra que a evolução negativa de ambos os setores, dentro de suas categorias de intensidade tecnológica (BI e AI, respectivamente) é

⁵² Para mostrar melhor as diferenças setoriais, o valor mínimo da escala do eixo ordenada do Gráfico 8 é 0,70 ao invés de zero.

compensada por evoluções positivas de alguns setores que compõem a mesma categoria de intensidade tecnológica.

Apesar de mais moderado, o crescimento da eficiência também ocorreu com os setores mais intensivos que não sustentaram, relativamente, um forte crescimento ao longo do período. Tanto o setor MBI quanto o BI destacam-se, com um crescimento de eficiência no período em torno de 17%, enquanto AI e MAI cresceram a 4,5% e 7,3%, respectivamente.

Fonte: Cálculos próprios a partir dos dados da PIA.

Gráfico 9 - Evolução (%) da eficiência setorial entre 2000 e 2006 – amostra por intensidade tecnológica

Os gráficos do Quadro 12, no apêndice do final do capítulo, ilustram a evolução da eficiência de cada setor entre 2000 e 2006. Os setores MBI e BI, que começam o período com os menores níveis de eficiência da indústria, melhoram bastante seus desempenhos até 2003. No entanto, enquanto o setor MBI não mantém o ganho de eficiência conquistado entre 2003 e 2004, o setor BI continua aumentando sua eficiência, ainda que de forma mais gradual.⁵³

⁵³ Seguindo a discussão da nota 42, no caso dos setores agregados de acordo com suas intensidades tecnológicas, verificamos que não existe nenhuma diferença entre os modelos estimados (nesta seção e o modelo 2T, com um componente de tendência na fronteira de produção e na função de ineficiência) em relação à evolução da eficiência setorial. Os setores de maior intensidade tecnológica continuaram apresentando menor crescimento da eficiência no período, comparados aos setores menos intensos. Isto corrobora nossa conclusão anterior de que não são encontrados sinais tão fortes de menor crescimento dos setores já próximos à fronteira em 2000.

Já os mapas do Quadro 13 mostram a distribuição regional da média anual da eficiência de cada setor de intensidade tecnológica durante o período 2000-2006. O Centro Amazonense sempre aparece entre as mesorregiões mais eficientes, independente do setor de tecnologia considerado. Nota-se também que, na medida em que a exigência tecnológica diminui, há um aumento do uso do espaço brasileiro entre os setores da indústria. Quanto maior a exigência de tecnologia, entretanto, maior é a concentração da atividade industrial em torno das regiões Sudeste e Sul do país. No setor de Alta Intensidade Tecnológica, em São Paulo, destacam-se as mesorregiões de Marília e Campinas, enquanto que, no Rio de Janeiro, as mesorregiões Sul Fluminense e a Metropolitana do Rio de Janeiro são bastante eficientes. Os destaques da região Nordeste estão concentrados na Bahia, com as mesorregiões Metropolitana de Salvador e Sul Baiano. Por outro lado, salvo as mesorregiões que contêm as capitais dos estados, a região Sul possui eficiência moderada, comparada às mesorregiões do Nordeste e Centro-Oeste que, por sua vez, mostra uma eficiência elevada na mesorregião Centro-Sul Mato-grossense, onde está a capital do estado, Cuiabá.

À diferença do setor de Alta Intensidade, no de Média Alta Intensidade o Centro-Oeste ganha maior expressão, especialmente pelas mesorregiões Sul Goiano e Leste de Mato Grosso do Sul, vizinhas das mesorregiões mais eficientes do oeste de São Paulo e Minas Gerais. É provável que a eficiência elevada esteja relacionada à presença do setor químico no uso de produtos agropecuários. E o mesmo motivo justificaria o destaque do norte do estado do Rio Grande do Sul, nas mesorregiões Noroeste, Nordeste e Centro-Oriental Rio-grandense.

As mesorregiões mais eficientes já aparecem mais espalhadas pelo espaço brasileiro no setor de Média Baixa Intensidade Tecnológica, dado o menor nível de exigência tecnológica. Além disso, dentre os setores que compõem o MBI, Metalurgia (27) e Produtos de Metal (28) tendem a deslocar as indústrias para perto das fontes de recursos naturais. Por isso, o setor já se mostra um pouco mais disperso. Destacam-se as mesorregiões do Centro-Oeste do país. Já o oeste da região Sul apresenta baixa eficiência, assim como a maioria das mesorregiões do interior do Nordeste.

Por último, no setor de Baixa Intensidade Tecnológica destaca-se a região Norte pela produção eficiente de produtos de madeira (setor 20), principalmente. O Nordeste, onde era de se esperar maior eficiência das mesorregiões, dada a menor exigência de nível tecnológico,

não apresenta nenhuma mesorregião no quartil mais eficiente da amostra, à exceção das mesorregiões Oeste Maranhense e Extremo Oeste Baiano.

A Tabela 16 mostra, para cada setor de intensidade tecnológica, a distribuição da frequência da eficiência das regiões, por meio de um histograma. Na abscissa de cada gráfico são computados os valores da eficiência produtiva das mesorregiões do setor. A ordenada do gráfico mostra a quantidade de mesorregiões que assumem o valor de eficiência da abscissa. Quanto menor a intensidade tecnológica, menores são a média e a mediana da eficiência técnica das mesorregiões, o que indica que a tecnologia é um fator importante para o sucesso do desempenho da indústria. Os dois setores menos intensivos em tecnologia possuem maior variabilidade nos resultados de eficiência produtiva, se comparados com os dois setores mais intensivos, indicando que estes tendem a apresentar um desempenho um pouco mais homogêneo, concentrando seus valores em torno da média.

Tabela 16 - Histograma da distribuição da eficiência

(cont.) Histograma da distribuição da eficiência

5.2.2.3 Análise da eficiência regional

Os mapas do Quadro 14, no apêndice do final do capítulo, mostram a distribuição espacial da eficiência da indústria entre 2000 e 2006. O Quadro 8 resume as informações, com os mapas da média anual da eficiência regional no período e a sua variação entre 2000 e 2006.

Quadro 8 – Média anual e variação (%) da eficiência regional entre 2000 e 2006

A região Sul tem variação negativa no período, apesar de que as mesorregiões Metropolitana de Curitiba, Centro Oriental Paranaense e Vale do Itajaí apresentam valores médios anuais elevados. São Paulo teve um crescimento modesto da eficiência no período. As mesorregiões mais eficientes concentram-se no leste do seu estado, com destaque para Vale do Paraíba Paulista, Marília, Campinas e Piracicaba. É possível que o elevado índice de eficiência do Rio de Janeiro se deva à presença do setor de Combustíveis (23), o mais eficiente da indústria brasileira. O norte de Minas Gerais tem sempre apresentado índices modestos de eficiência, apesar de que as mesorregiões Noroeste de Minas, Central de Minas e Jequitinhonha conseguiram aumentar a eficiência no período.

Apesar de manterem elevado o nível de eficiência no período, em geral, os estados de Mato Grosso e Goiás perderam eficiência. Já no Nordeste, ainda que a região apresente baixos níveis de eficiência em vários anos, várias mesorregiões aparecem em destaque quando se trata da evolução no período, principalmente os estados da Bahia e do Maranhão. Na realidade, o mapa da evolução mostra, em geral, que o sul do país perdeu eficiência no período enquanto que mesorregiões do Norte, Nordeste e leste do Centro-Oeste ganharam eficiência, o que indica uma tendência à convergência da eficiência regional. Deve-se notar que as mesorregiões Extremo Oeste Baiano e Metropolitana de Salvador sempre se mantêm bastante eficientes. Ganha destaque na região Norte o estado do Pará, que não só possui elevada eficiência anual, como também apresentou variação positiva da mesma na maioria de suas mesorregiões.

A matriz de transição apresentada pela Tabela 17 mostra o movimento das mesorregiões entre 2000 e 2006 dentre as cinco categorias de eficiência. Há bastante mobilidade no período, dado que apenas 46 das 119 mesorregiões (39%) permaneceram na mesma categoria nos dois anos. Dentre as que mudaram, 30% subiram de categoria e 31% caíram. Sete mesorregiões subiram pelo menos três categorias de eficiência desde 2000 para 2006 (a Leste Rondoniense, Leste Maranhense, Leste do Mato Grosso do Sul, Leste Goiano, Metropolitana de Belém, Norte Fluminense e Piracicaba). Por outro lado, sete mesorregiões perderam, em 2006, pelo menos três categorias que haviam conquistado em 2000 (Noroeste e Norte Cearenses, Jaguaribe, no Ceará, Litoral Sul Paulista, Sudeste do Mato Grosso do Sul, Agreste Potiguar e Presidente Prudente).

Tabela 17 - Matriz de transição – amostra por intensidade tecnológica

2006 2000	Cat. 1- 20% menos eficientes	Cat. 2- 20%	Cat. 3- 20%	Cat. 4- 20%	Cat. 5- 20% mais eficientes
Cat. 1- 20% menos eficientes	10	6	4	0	4
Cat. 2- 20%	3	8	5	5	3
Cat. 3- 20%	4	6	8	3	3
Cat. 4- 20%	5	3	4	9	3
Cat. 5- 20%	1	1	3	7	11

Para completar estes resultados, a Tabela 18 calcula, ano a ano, o coeficiente de correlação de Pearson, que mostra a associação entre a classificação das mesorregiões em dois momentos distintos. Considerando os anos consecutivos, os resultados indicam que a menor mobilidade das mesorregiões, segundo suas classificações, ocorreu entre os anos 2000 e 2001. A partir de então há um aumento gradual da variação da eficiência das mesorregiões até 2003, quando novamente diminui a mobilidade das regiões nos rankings de eficiência da indústria de transformação brasileira.

Tabela 18 - Coeficiente de correlação de Pearson entre as classificações anuais das mesorregiões – amostra por intensidade tecnológica

	Coef. Pearson
Ano 2000 com 2001	0,5961
Ano 2001 com 2002	0,6617
Ano 2002 com 2003	0,7491
Ano 2003 com 2004	0,6757
Ano 2004 com 2005	0,6144
Ano 2006 com 2006	0,6195
Média	0,6528

Na Tabela 20 estão listadas as colocações das mesorregiões nos rankings de 2000 e 2006, além da variação da eficiência no período. Dentre as 20 mesorregiões mais eficientes, há a predominância da região Centro-Oeste, com 40% do estado de Mato Grosso e de Goiás. No entanto, é estado do Rio de Janeiro que tem maior participação, com 67% de suas mesorregiões dentre as 20 mais eficientes. Na outra ponta, Paraná surpreende ao colocar 50% de suas mesorregiões dentre as 20 menos eficientes da indústria brasileira em 2006, mesma parcela obtida pelo Rio Grande do Norte e Sergipe.⁵⁴

⁵⁴ Porcentagens calculadas considerando o *ranking* de 2006.

5.3 Conclusões

Este capítulo tratou de medir a eficiência setorial e regional da indústria de transformação brasileira entre 2000 e 2006. Utilizou-se a metodologia de fronteiras estocásticas aplicada ao modelo Cobb-Douglas, definido no Capítulo Quatro, com modificação para permitir que a eficiência varie no tempo. Estudou-se a eficiência em ambas as amostras, possibilitando identificar alguns padrões de comportamento segundo a intensidade tecnológica do setor. Também foi possível indicar algumas características espaciais da eficiência das indústrias nas mesorregiões.

Obtida a medida de eficiência, duas perguntas se seguem. Primeiro, existe, para determinada região, uma influência em sua eficiência sentida pela proximidade de outras mesorregiões mais eficientes? Ou seja, qual a probabilidade de uma mesorregião aumentar sua eficiência pelo fato de estar cercada por uma vizinhança mais eficiente do que ela (e vice-versa)? Segundo, as economias espaciais (a saber, as economias de aglomeração, de localização e urbanização) são capazes de explicar a eficiência das mesorregiões? Em caso positivo, elas se comportam como economias ou deseconomias espaciais?

O próximo capítulo trata de analisar essas questões e sugerir as respostas. A primeira pergunta será considerada por meio das Cadeias Espaciais de Markov, que analisam a transição das mesorregiões entre níveis de eficiência, considerando o nível de eficiência de sua vizinhança. A segunda pergunta será analisada por meio da metodologia desenvolvida por Battese e Coelli (1995), que permite considerar variáveis independentes para explicar a eficiência das regiões.

APÊNDICE - Capítulo Cinco

I. Quadros

Quadro 9 - Média anual da eficiência regional da indústria de transformação por setor da CNAE⁵⁵

⁵⁵ O setor de Reciclagem (37) não foi incluído nos mapas devido ao baixo número de mesorregiões em que ele está presente.

(cont.) Média anual da eficiência regional da indústria de transformação por setor da CNAE

(cont.) Média anual da eficiência regional da indústria de transformação por setor da CNAE

(cont.) Média anual da eficiência regional da indústria de transformação por setor da CNAE

Quadro 10 - Evolução da eficiência setorial entre 2000 e 2006

(cont.) Evolução da eficiência setorial entre 2000 e 2006

Fonte: Cálculos próprios a partir dos dados da PIA.

Quadro 11 - Distribuição regional da eficiência indústria de transformação

(cont.) Distribuição regional da eficiência indústria de transformação

Quadro 12 - Evolução da eficiência setorial por intensidade tecnológica– 2000 a 2006

Fonte: Cálculos próprios a partir dos dados da PIA.

Quadro 13 – Distribuição regional da média anual da eficiência dos setores por intensidade tecnológica

Quadro 14 - Distribuição regional da eficiência da indústria de transformação por intensidade tecnológica – 2000 a 2006

(cont.) Distribuição regional da eficiência da indústria de transformação por intensidade tecnológica – 2000 a 2006

II. Tabelas

Tabela 19 - Evolução (%) da eficiência por mesorregião no período 2000 a 2006 – amostra geral

Mesorregião	Posição 2001	Posição 2006	Evolução (%) da Eficiência	Mesorregião	Posição 2001	Posição 2006	Evolução (%) da Eficiência	Mesorregião	Posição 2001	Posição 2006	Evolução (%) da Eficiência
PA 1505	1	1	0,00	SP 3513	6	36	-27,24	RS 4301	46	74	-25,37
BA 2901	1	1	0,00	MG 3105	59	37	12,13	CE 2303	71	75	-10,88
MT 5102	1	1	0,00	MS 5003	38	38	-0,16	RJ 3301	42	76	-30,01
SE 2802	106	1	400,00	PA 1503	82	39	51,57	RS 4307	83	77	4,46
GO 5204	99	2	367,08	SP 3504	55	40	10,27	PR 4101	94	78	67,17
RJ 3306	20	3	24,24	PA 1502	16	41	-18,39	SC 4203	69	79	-15,25
SP 3507	4	4	1,11	SP 3505	84	42	51,57	MG 3112	63	80	-22,56
BA 2904	23	5	26,08	MS 5002	64	43	15,27	PI 2202	97	81	95,47
ES 3201	66	6	69,29	GO 5205	27	44	-10,43	MG 3102	91	82	26,52
SP 3509	10	7	3,73	SC 4204	31	45	-9,98	RS 4304	80	83	-7,03
MT 5105	18	8	14,56	MT 5101	70	46	21,83	MG 3108	79	84	-11,37
RJ 3302	74	9	84,81	ES 3203	47	47	1,44	MS 5004	8	85	-54,25
PA 1506	28	10	27,66	BA 2906	22	48	-20,89	PR 4109	45	86	-34,96
RO 1102	44	11	36,26	TO 1702	101	49	200,00	SC 4205	77	87	-15,05
PR 4105	12	12	0,16	GO 5201	1	50	-40,00	SC 4206	50	88	-34,38
BA 2907	36	13	26,52	MG 3106	81	51	32,51	RO 1101	1	89	-60,00
PB 2503	32	14	21,78	AL 2703	26	52	-17,16	PE 2602	105	90	100,00
SP 3511	7	15	-7,73	ES 3204	14	53	-27,96	RS 4306	107	91	100,00
SP 3506	35	16	22,74	SP 3503	51	54	-3,50	PR 4107	54	92	-35,44
AM 1303	11	17	-1,98	GO 5203	68	55	8,18	RN 2401	103	93	92,33
RJ 3303	15	18	-1,50	TO 1701	87	56	43,70	RN 2404	53	94	-41,84
DF 5301	34	19	16,80	MG 3109	37	57	-12,99	SP 3508	86	95	-24,71
PA 1501	1	20	-20,00	SP 3502	19	58	-26,82	PB 2504	96	96	35,56
SP 3515	13	21	-6,98	RS 4302	24	59	-22,00	MG 3111	39	97	-56,50
ES 3202	9	22	-14,60	SP 3510	56	60	-5,26	PR 4108	92	98	-16,47
RS 4305	29	23	3,98	SC 4202	43	61	-12,08	PE 2604	95	99	-6,18
AC 1202	100	24	265,06	RN 2402	90	62	49,63	CE 2307	89	100	-39,65
SP 3512	62	25	27,16	PR 4104	49	63	-10,90	CE 2302	57	101	-62,18
MG 3110	58	26	21,16	SE 2803	65	64	-4,77	PA 1504	98	102	0,30
BA 2903	78	27	51,71	MT 5104	67	65	-5,65	CE 2305	2	103	-78,75

(cont.) Evolução (%) da eficiência por mesorregião no período 2000 a 2006 – amostra geral

Mesorregião	Posição 2001	Posição 2006	Evolução (%) da Eficiência	Mesorregião	Posição 2001	Posição 2006	Evolução (%) da Eficiência	Mesorregião	Posição 2001	Posição 2006	Evolução (%) da Eficiência
RJ 3305	40	28	6,78	PR 4103	41	66	-23,11	MA 2104	102	104	0,00
PR 4110	52	29	15,09	PE 2605	25	67	-30,09	PB 2502	17	105	-75,00
SP 3501	60	30	18,68	MA 2101	5	68	-47,71	PE 2601	104	106	0,00
SC 4201	33	31	1,41	PE 2603	61	69	-17,60	MG 3101	73	107	-59,52
PB 2501	30	32	-1,73	PR 4102	72	70	-2,39	MG 3104	88	108	-50,00
MG 3107	76	33	43,15	RS 4303	93	71	54,16	SP 3514	3	109	-79,73
BA 2905	48	34	11,17	PR 4106	75	72	-1,44	MT 5103	108	110	0,00
CE 2301	21	35	-11,99	MA 2102	85	73	11,94				

Tabela 20 - Evolução (%) da eficiência por mesorregião no período 2000 a 2006 – amostra por intensidade tecnológica

Mesorregião	Posição 2001	Posição 2006	Evolução (%) da Eficiência	Mesorregião	Posição 2001	Posição 2006	Evolução (%) da Eficiência	Mesorregião	Posição 2001	Posição 2006	Evolução (%) da Eficiência
PA 1505	1	1	0,00	BA 2907	33	33	7,00	TO 1701	91	71	45,85
BA 2901	1	1	0,00	SC 4201	17	34	-6,31	SC 4202	45	72	-24,07
RJ 3304	1	1	0,00	PA 1506	71	35	60,84	PE 2603	93	73	49,51
MT 5102	1	1	0,00	SP 3511	46	36	7,67	RS 4303	50	74	-15,76
GO 5202	1	1	0,00	ES 3203	68	37	52,19	PR 4109	54	75	-15,49
GO 5204	89	1	173,59	SP 3512	41	38	5,16	RS 4301	43	77	-28,58
RO 1102	102	1	400,00	MS 5002	84	39	75,02	PR 4106	39	78	-29,98
BA 2905	13	2	10,61	SP 3513	4	40	-29,87	MT 5101	57	79	-17,07
MT 5105	16	3	13,76	CE 2303	47	41	2,24	SP 3510	60	80	-18,17
AM 1303	3	4	-0,23	BA 2906	11	42	-24,68	PI 2202	99	81	65,54
MA 2101	10	5	4,13	MG 3106	88	43	81,38	BA 2903	73	82	-2,97
AL 2702	7	6	-0,34	SP 3501	32	44	-11,19	RS 4304	34	83	-42,37
MG 3107	44	7	35,11	PB 2503	92	45	92,07	SE 2803	87	84	8,14
MG 3105	56	9	59,78	SP 3502	49	46	5,54	SC 4203	67	85	-17,30
PR 4110	23	10	14,52	SC 4205	21	47	-18,26	RN 2404	80	86	2,94
SP 3507	2	11	-6,84	MA 2102	58	48	14,63	AC 1202	103	87	100,00
RJ 3305	38	12	30,45	RS 4302	27	49	-18,38	CE 2301	18	89	-51,04
SP 3506	66	13	76,37	PE 2605	72	50	43,56	SE 2802	52	90	-33,33

(cont.) Evolução (%) da eficiência por mesorregião no período 2000 a 2006 – amostra por intensidade tecnológica

Mesorregião		Posição 2001	Posição 2006	Evolução (%) da Eficiência	Mesorregião		Posição 2001	Posição 2006	Evolução (%) da Eficiência	Mesorregião		Posição 2001	Posição 2006	Evolução (%) da Eficiência
ES	3201	53	14	49,19	AL	2703	28	51	-18,84	PR	4101	69	92	-14,61
RJ	3306	6	15	-5,83	SP	3504	62	52	12,11	PR	4102	82	93	0,00
PA	1503	64	16	64,91	RN	2402	76	53	42,65	RS	4306	83	94	0,00
RJ	3302	74	17	101,28	SP	3503	59	54	8,29	PR	4104	61	95	-33,05
MS	5003	96	18	183,43	SP	3505	42	55	-12,10	RS	4307	86	96	-7,13
MG	3108	19	19	6,34	GO	5205	14	56	-31,32	MS	5004	24	97	-55,65
DF	5301	25	20	6,63	RO	1101	1	57	-40,00	MG	3111	48	98	-48,81
SP	3509	9	21	-7,94	SC	4206	77	59	37,81	PR	4103	55	99	-45,93
SP	3515	35	22	15,75	MG	3109	63	60	9,06	PB	2504	97	100	2,89
SC	4204	15	23	-2,22	MG	3112	70	61	27,51	MG	3102	90	102	-23,08
PR	4105	20	24	4,52	ES	3204	65	62	9,20	PE	2604	94	103	-23,63
RJ	3301	30	25	6,34	MT	5104	40	63	-18,73	SP	3514	22	104	-69,50
ES	3202	8	26	-13,50	RJ	3303	5	64	-40,99	CE	2302	36	105	-71,92
PA	1501	79	27	100,00	GO	5203	51	65	-7,81	CE	2305	31	106	-73,53
PA	1502	1	28	-20,00	MG	3103	100	66	118,94	RN	2401	95	107	-38,87
PB	2501	37	29	12,68	MG	3110	85	67	39,45	RN	2403	1	108	-80,00
BA	2904	75	30	82,95	MG	3101	98	68	95,34	MG	3104	81	111	-50,00
GO	5201	1	31	-20,00	SP	3508	12	69	-40,30	PR	4108	78	112	-52,39
RS	4305	26	32	0,78	PR	4107	29	70	-32,30	MT	5103	101	113	-4,37

6 ECONOMIA ESPACIAL E REGIONAL

No capítulo anterior obtivemos medidas de eficiência setorial e regional por meio da metodologia de fronteiras de produção estocásticas. Não controlamos essa eficiência por nenhuma variável, uma vez que buscávamos descobrir a posição relativa da região em função de todas as suas características, vantagens e desvantagens geradas por questões locais, de infraestrutura, questões governamentais etc.

Obtida essa medida de eficiência, trataremos de investigar, neste capítulo, seus determinantes. Identificamos duas formas de analisar a influência do espaço no comportamento regional: pela influência das regiões próximas e pelas economias espaciais. A primeira forma, tratada na seção um, será estudada pelas cadeias espaciais de Markov; a segunda, tratada na seção dois, será analisada pela influência de variáveis que representam os diversos aspectos das economias espaciais.

6.1 Análise temporal por meio de Cadeia Espacial de Markov

As matrizes de transição analisadas no capítulo anterior verificam o comportamento da mesorregião, em termos de eficiência, em dois pontos do tempo, perdendo a informação de como ocorre o processo de transição entre estados de eficiência. Além disso, essa análise não considera nenhuma questão espacial, na medida em que o comportamento de cada mesorregião é observado independentemente do que ocorre em sua vizinhança. Esta seção visa explorar estas lacunas, investigando, por exemplo, se as mesorregiões de baixa eficiência tendem a permanecer nesse estado caso estejam rodeadas de vizinhos pouco eficientes e quais suas chances de melhorar de estado. Verificaremos também como regiões de baixa e alta eficiência afetam o comportamento de determinada mesorregião e qual destes efeitos é mais forte. A análise pode ocorrer para a amostra como um todo ou por setor. Mostraremos ambos os resultados, mas considerando somente os grupos de setores de intensidade tecnológica, pois em alguns setores de dois dígitos da CNAE 1.0 não há observações suficientes para computar a matriz consistentemente.

A literatura sobre o tema foi explorada por Rey (2001), que utilizou matrizes de transição espaciais de Markov em sua análise sobre a evolução no tempo e espaço da distribuição da renda regional americana. As cadeias espaciais de Markov geram resultados sobre a frequência de transição entre classes (ou categorias) das regiões considerando a dependência espacial no processo de transição. Ela é a fusão de duas origens teóricas: a metodologia de cadeias de Markov, que analisa a dinâmica de processos, e a de econometria espacial (ambas possuem vasta referências, dentre elas, Ross (1996) e Anselin (1988), respectivamente). Desta forma, é possível analisar a dinâmica da evolução das regiões dentro de seus contextos espaciais locais.

O processo estocástico “Cadeia de Markov” especifica que qualquer estado futuro da variável de uma região, dados seus estados passado e presente, só depende do estado presente. A metodologia especifica um vetor de probabilidades de estados que representa a probabilidade das mudanças entre as k classes de eficiência das regiões em determinado ano. É possível construir tantos vetores quanto o número de anos, de forma que o conjunto de vetores forme a matriz de probabilidades de transição de Markov. Cada elemento da matriz indica a probabilidade de uma região que estava no estado a no período t mudar para o estado b no período $t+1$.

Uma vez considerada a dinâmica do processo, é necessário incluir a influência da dependência (ou defasagem) espacial nas regiões. A estatística I de Moran, dada pela expressão 14, é utilizada na análise da autocorrelação espacial.

$$14) \quad I = \frac{n \sum \sum w_{ir} (y_i - \bar{y})(y_r - \bar{y})}{\sum \sum w_{ir} \sum (y_i - \bar{y})^2}$$

Em que w_{ir} é o elemento da linha i (região de análise) e da coluna r (seus vizinhos), de uma matriz W de pesos espaciais⁵⁶, y é a variável da qual se buscam informações sobre a dependência espacial (no nosso caso, é a eficiência produtiva da mesorregião) e $\bar{y}$ é a média de todas as regiões para essa variável. Existem diferentes especificações para W . Usaremos aqui a matriz espacial binária de contiguidade de primeira ordem, do tipo *Queen*, isto é,

⁵⁶ Cada linha e coluna da matriz W representam uma região. Cada célula assume um valor a depender da relação de vizinhança entre a região da linha i e as regiões da coluna r para essa linha. Se elas forem vizinhas, a célula assumirá algum valor diferente de zero.

tomando a região da linha i , as colunas assumem valor um caso sejam vizinhas de i (possuem alguma fronteira em comum) e valor zero caso contrário.

O Índice de Moran, entretanto, ignora a possibilidade de instabilidades locais, pois calcula um índice global. O índice LISA (em inglês *Local Indicator of Spatial Analysis*) na expressão 15 é um índice local e identifica a presença de aglomerações espaciais, uma vez que calcula um índice para cada observação e verifica sua significância através de valores similares com a observação em questão.⁵⁷

$$15) \quad I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_r w_{ir} (y_r - \bar{y})}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}$$

Em que as variáveis são definidas como para o índice I de Moran. O LISA analisa o estado da região, dados seus vizinhos, em relação ao espaço total. É, portanto, uma medida relativa e, por isso, classifica cada região em um dos quatro comportamentos: HH (LL) - da língua inglesa, high e low - quando o valor da região e de seus vizinhos é alto (baixo), LH (HL) quando o valor da região é baixo (alto) e de seus vizinhos é alto (baixo).

Como é possível que todas as regiões migrem para estados diferentes, mantendo a mesma estrutura da defasagem espacial, é preciso decompor essa mudança entre as classes de estados. A matriz de transição espacial de Markov mostra esse processo, reunindo aspectos dinâmicos e espaciais. O primeiro passo é decidir o número de classes, ou seja, de categorias, em que a variável de análise será dividida. Definir duas classes ($k=2$) significa que a eficiência técnica estimada será dividida nas mesorregiões que possuem eficiência técnica acima da média (H) e nas mesorregiões com eficiência técnica abaixo da média (L). Para se obter uma análise mais detalhada, definem-se quatro classes ($k=4$): eficiência da região da média até um desvio-padrão, maior do que um desvio-padrão, da média até menos um desvio-padrão e menor do que um desvio-padrão. Na medida em que se aumenta o número de classes, maior é o nível de detalhe da análise; por outro lado, se a amostra não for muito grande ou se os valores forem muito parecidos, é provável que várias células da matriz de transição tenham valores nulos.

⁵⁷ Segundo Anselin (1995), um indicador do tipo LISA deve satisfazer duas proposições. Primeiro, dar uma indicação da extensão da aglomeração espacial (*cluster*) significativa para cada observação e de valores semelhantes para as observações ao redor e, segundo, a soma dos LISA para todas as observações deve ser proporcional a um indicador global de associação espacial.

Rey (2001) condiciona as probabilidades de transição entre classes à classe inicial em que os vizinhos da região se encontram, chamando o sistema de Matriz Espacial de Transições de Markov. Portanto, se existem k classes, a dimensão da matriz será $k \times k \times k$ (os possíveis estados inicial e final da região e os possíveis estados dos vizinhos da região de análise). Dessa forma, a Matriz Espacial de Transições de Markov estuda a dinâmica de transição entre estados em dois instantes no tempo, considerando as características espaciais das regiões.

Nas matrizes de transição de estados (categorias) analisadas até aqui, as regiões eram classificadas em quintis, dependendo do valor de eficiência técnica obtido. Ao incorporar a defasagem espacial, considera-se também o estado da eficiência da vizinhança da região. Este valor é calculado por meio de uma matriz de pesos espaciais W e o resultado é dividido de acordo com o número de classes k que se deseja obter. Considerando-se a vizinhança, se há quatro classes ($k=4$), obtém-se quatro situações nas quais as mesorregiões são enquadradas, da mesma forma como indica o LISA (HH, HL, LH e LL). A Tabela 21 exemplifica uma Matriz Espacial de Transições de Markov considerando $k=2$ classes e dois períodos t_o (inicial) e t_l (final).

Tabela 21 - Exemplo da matriz espacial de transições de Markov

Situação da Defasagem Espacial	Estado	t_l	
	t_o	L	H
L	L	$P_{LL/L}$	$P_{LH/L}$
	H	$P_{HL/L}$	$P_{HH/L}$
H	L	$P_{LL/H}$	$P_{LH/H}$
	H	$P_{HL/H}$	$P_{HH/H}$

Cada célula da matriz contém a probabilidade de transição de estado. A primeira célula, $P_{LL/L}$, indica a probabilidade que uma região tem de, saindo da situação de baixa eficiência no período t_o ($P_{LL/L}$), permanecer em um estado de baixa eficiência em t_l ($P_{LL/L}$), dado que pertence a uma vizinhança de baixa eficiência ($P_{LL/L}$). Já a probabilidade $P_{LH/L}$ da primeira linha e segunda coluna, indica a probabilidade da região sair do estado de baixa eficiência em t_o ($P_{LH/L}$) e mover-se para alta eficiência em t_l ($P_{LH/L}$), dada a vizinhança de baixa eficiência ($P_{LH/L}$). Isto é, a região é bem sucedida, pois não só aumentou sua eficiência em relação à média, como também o fez inserida em um ambiente de baixa eficiência. É possível realizar

esta análise temporalmente, bastando substituir aos anos em t_0 e t_1 sucessivamente, calculando as probabilidades correspondentes.

As matrizes espaciais de transição de Markov serão analisadas considerando a eficiência produtiva estimada do capítulo anterior, a partir da fronteira estocástica de produção, sem calcular agregações setoriais e regionais. Ou seja, cada observação é dada pela eficiência da mesorregião i do setor j . Além disso, a fim de não tornar a análise muito cansativa, optou-se por tratar a matriz de transição apenas com a amostra empilhada dos quatro setores de intensidade tecnológica.

Como a vizinhança é considerada, é importante incluir na análise todas as mesorregiões, mesmo aquelas que não possuam valores de eficiência calculados, isto é, mesorregiões onde não há presença de determinado setor industrial. A fim de incluir essas observações, a Cadeia Espacial de Markov foi modificada, tornando o número de classes igual a $k+1$, e mesorregiões caracterizadas pela ausência do setor são denominadas NaN (não é número – *not a number*, em inglês). As demais classes são calculadas como dito anteriormente, em que a média e o desvio-padrão da eficiência do setor não considera as observações NaN. Em relação à defasagem espacial, se toda a vizinhança é NaN, então a defasagem também assume valor NaN. Mas se houver pelo menos um vizinho diferente de NaN, utiliza-se a média da eficiência ponderada espacialmente. NaN em t_0 e t_1 indica que o setor está ausente na mesorregião nos dois períodos, enquanto NaN na defasagem espacial significa que o setor está ausente na vizinhança da mesorregião.

A eficiência das mesorregiões é dividida em quatro classes em ordem crescente de eficiência: LL, L, H, e HH. Aquelas mesorregiões com eficiência acima da média são classificadas como H (se estiverem entre a média e um desvio-padrão) e HH (se apresentarem valores de eficiência maior do que um desvio-padrão). O mesmo ocorre com as classificações L e LL considerando valores abaixo da média. Os resultados para os dados empilhados da amostra por intensidade tecnológica são apresentados na Tabela 22. A primeira coluna é apenas um indicador da linha da matriz, para facilitar a localização da análise no texto. Deve-se lembrar que toda a análise das Cadeias Espaciais de Markov foi construída baseada no período de 2000 a 2006. Como são consideradas as transições das mesorregiões entre estados em dois períodos consecutivos no tempo, se temos sete anos na amostra (2000 a 2006), temos seis transições possíveis. A cada par de anos consecutivos são computados os casos de transição

entre estados. Estes são somados ao mesmo tipo de caso do par de anos seguintes e dessa forma são computadas as probabilidades. Assim, havendo k regiões e t anos, há $(t-1)*k$ casos possíveis de transição.⁵⁸

A Tabela 22 mostra o número de casos de determinada situação de transição para todos os pares de anos. Por exemplo, a linha nove da matriz indica a probabilidade de transição de uma região que iniciou em t_0 com eficiência H ir para os outros estados de eficiência, dado que ela é cercada de vizinhos com eficiência LL. Considerando os pares de anos consecutivos, desde 2000 até 2006, houve 54 casos (linha 9 e coluna 4) de mesorregiões nessa situação. O mesmo esquema repete-se para as demais tabelas do Quadro 16, que mostram o resultado da matriz espacial de transição de Markov para cada setor de intensidade tecnológica. As linhas um a cinco, em todas as matrizes, não apresentam interesse para a análise, o mesmo ocorrendo com as linhas seis, 11, 16 e 21 e a coluna NaN, pois são casos onde não há indicações de eficiência técnica (são os casos NaN). A diagonal principal, com valores destacados, indica situações em que não houve mudança na situação relativa da região.

⁵⁸ Há nesta amostra, no máximo, 137 mesorregiões e cinco setores (AI, MAI, MBI, BI e ausência de setor: NaN). No período de 2000 a 2006, temos que $t-1=6$. Portanto, no máximo, é possível obtermos $137*5*6 = 4.110$ casos de transição.

Tabela 22 - Matriz espacial de transições de Markov – amostra por intensidade tecnológica (empilhada)

Linha	t ₀	Condição dos Vizinhos	Num. Casos	t ₁				
				NaN	LL	L	H	HH
1	NaN	NaN	397	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	LL		8	0,0000	0,5000	0,2500	0,2500	0,0000
3	L		8	0,0000	0,2500	0,2500	0,5000	0,0000
4	H		60	0,0000	0,0167	0,0667	0,9000	0,0167
5	HH		4	0,0000	0,0000	0,0000	0,7500	0,2500
6	NaN	LL	135	0,9926	0,0074	0,0000	0,0000	0,0000
7	LL		69	0,0000	0,6957	0,2319	0,0725	0,0000
8	L		47	0,0000	0,3191	0,3404	0,3404	0,0000
9	H		54	0,0000	0,0741	0,1852	0,6852	0,0556
10	HH		10	0,0000	0,1000	0,0000	0,4000	0,5000
11	NaN	L	199	0,9899	0,0101	0,0000	0,0000	0,0000
12	LL		114	0,0088	0,5877	0,3070	0,0965	0,0000
13	L		153	0,0000	0,1961	0,4706	0,3333	0,0000
14	H		264	0,0000	0,0379	0,2008	0,7235	0,0379
15	HH		23	0,0000	0,0000	0,0000	0,3043	0,6957
16	NaN	H	551	0,9964	0,0018	0,0000	0,0018	0,0000
17	LL		85	0,0000	0,4118	0,2941	0,2706	0,0235
18	L		189	0,0000	0,1217	0,4286	0,4444	0,0053
19	H		825	0,0012	0,0206	0,1103	0,8412	0,0267
20	HH		73	0,0000	0,0411	0,0000	0,5342	0,4247
21	NaN	HH	40	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
22	LL		3	0,0000	0,0000	0,6667	0,3333	0,0000
23	L		5	0,0000	0,2000	0,4000	0,4000	0,0000
24	H		17	0,0000	0,0000	0,1176	0,8235	0,0588
25	HH		3	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,6667

As linhas 6 a 10 reúnem as mesorregiões cujos vizinhos apresentam eficiência produtiva baixa, ou seja, menor do que um desvio-padrão abaixo da média (LL). Nas linhas 11 a 15 são os casos dos vizinhos abaixo da média de eficiência até um desvio-padrão (L). Nas linhas 16 a 20 são vizinhos com eficiência entre a média da amostra e um desvio-padrão (H) e, por último, nas linhas 21 a 25, os vizinhos possuem eficiência além de um desvio-padrão acima da média (HH).

As células destacadas em amarelo na diagonal apresentam, em geral, o maior valor em cada linha, o que significa que a força da inércia, isto é, a probabilidade da mesorregião manter-se na mesma classe de eficiência com o passar dos anos é grande. A Tabela 23 mostra a probabilidade das mesorregiões se manterem na mesma classe de eficiência com o passar do tempo, independentemente do estado de sua vizinhança.⁵⁹

⁵⁹ Os valores da Tabela 23 foram obtidos pela média. Por exemplo, calculou-se a média, para todos os tipos de vizinhança, das probabilidades da mesorregião com eficiência LL permanecer em LL nos dois períodos.

Tabela 23 - Probabilidade de permanência da mesorregião na mesma classe de eficiência entre períodos

	LL	L	H	HH
Todos os setores	0,4238	0,4099	0,7684	0,5718
Alta Intensidade	0,3929	0,4170	0,7712	0,0000
Média Alta	0,3684	0,5588	0,5962	0,2322
Média Baixa	0,4560	0,4045	0,8174	0,3250
Baixa Intensidade	0,4513	0,4532	0,7122	0,6699

Principalmente para as mesorregiões com eficiência H, a probabilidade de permanência na mesma classe é relativamente elevada, pois independente do setor, as mesorregiões têm sempre mais de 50% de chances de permanecerem inertes. Descartando todos os casos H, as mesorregiões dos setores de BI que são HH, ou seja, setores que mesmo com intensidade tecnológica baixa mantêm alta eficiência, têm quase 70% de chances de permanecerem com elevada eficiência. Já para o setor MBI, há sempre mais de 50% de chances que suas mesorregiões mudem de estado de eficiência, principalmente se elas forem HH (sendo HH apenas podem reduzir sua eficiência). Para o setor MAI, quanto mais extrema for a eficiência da mesorregião (LL ou HH), maior a probabilidade de mudança de classe. Por último, não há nenhum caso de mesorregião que permanece HH no setor AI, pois os dados mostram que quando há casos, as mesorregiões de AI se tornam H. Mas se elas forem LL ou L, têm em torno de 60% de chances de mudar de categoria de eficiência.

A Tabela 24 resume as matrizes calculadas. As mesorregiões com possibilidade de melhorar são classificadas com eficiência LL, L e H, pois as HH já possuem eficiência relativa máxima. Por outro lado, as mesorregiões com possibilidade de piorar de estado são as HH, H e L, pois as LL já possuem eficiência relativa mínima. Na Tabela 24 contamos os casos de regiões que poderiam melhorar e as que poderiam piorar. Em seguida, verificou-se, dentre os casos de mesorregiões que poderiam melhorar, quantas efetivamente melhoraram e, dividindo os dois valores, obtemos a probabilidade da mesorregião melhorar de categoria de eficiência, dado seu potencial de melhorar (o mesmo raciocínio aplica-se no caso de piora).

Em seguida, consideram-se os casos de regiões cujos vizinhos apresentavam melhor classe de eficiência do que elas e, dentre estas, aquelas regiões que realmente apresentaram melhoria de classe de eficiência entre períodos. Calcula-se por fim, a probabilidade de melhorar de classe de eficiência dado que a mesorregião é cercada de vizinhos com melhor estado (o mesmo se aplica no caso de descenso, *mutatis mutandis*).

Tabela 24 - Resultados das matrizes espaciais de transição de Markov

Casos de Ascenso

	Casos de regiões que poderiam melhorar	Casos de regiões que melhoraram	Probabilidade de melhorar	Casos de regiões que tinham vizinhos melhores	Casos de regiões com vizinhos melhores e que melhoraram	Probabilidade de melhorar com vizinhos melhores
Todos os setores	1.825	310	0,1699	413	187	0,4528
Alta Intensidade	314	57	0,1815	86	33	0,3837
Média Alta	292	50	0,1712	70	32	0,4571
Média Baixa	576	97	0,1684	143	59	0,4126
Baixa Intensidade	633	113	0,1785	166	72	0,4337

Casos de Descenso

	Casos de regiões que poderiam piorar	Casos de regiões que pioraram	Probabilidade de piorar	Casos de regiões que tinham vizinhos piores	Casos de regiões com vizinhos piores que pioraram	Probabilidade de piorar com vizinhos piores
Todos os setores	1.663	311	0,1870	471	146	0,3100
Alta Intensidade	299	57	0,1906	89	28	0,3146
Média Alta	268	50	0,1866	82	15	0,1829
Média Baixa	529	92	0,1739	169	48	0,2840
Baixa Intensidade	591	115	0,1946	187	60	0,3209

Sem distinguir entre setores, os resultados apontam que a probabilidade da mesorregião piorar sua eficiência é um pouco maior do que a probabilidade de melhorar: 18,7% versus 17,0%. No entanto, se as regiões estão cercadas de vizinhos de eficiência mais elevada, têm 45,3% de chances de melhorar (quase três vezes mais do que quando não se considera a vizinhança). Este valor é superior à probabilidade da mesorregião piorar se ela estiver na vizinhança de regiões com menor eficiência (31,0%; a má vizinhança aumenta em quase duas vezes a chance de fracasso da mesorregião). Portanto, conclui-se que, considerando todos os setores da indústria de transformação, o *pull effect* (efeito da boa vizinhança em estimular o aumento da eficiência) é maior do que o *drag effect* (efeito da má vizinhança de retrain a eficiência), pois a probabilidade de regiões com vizinhos mais eficientes melhorarem sua posição relativa é de 45,3%, enquanto que a probabilidade de regiões com vizinhos menos eficientes piorarem sua eficiência é de 31,0%.

É possível discernir alguns padrões claros para os setores de intensidade tecnológica. A probabilidade de melhorar de eficiência é maior no setor AI, enquanto que a probabilidade de piorar é maior no setor BI. Além disso, o setor BI aparenta ser o mais negativamente influenciado pelos vizinhos, pois é o que tem maior probabilidade de piorar sua eficiência caso esteja numa vizinhança menos eficiente; a probabilidade do setor AI é quase igual. O

setor que obtém maior sucesso se rodeado de vizinhos mais eficientes é o MAI que apresenta baixa probabilidade relativa de piorar quando sua vizinhança é menos eficiente.

Estes resultados mostraram que a vizinhança exerce uma influência elevada na eficiência da mesorregião e que o *pull effect* é maior do que o *drag effect*. E este padrão mantém-se em todos os setores de intensidade tecnológica. A diferença entre os efeitos é maior no setor MAI (0,27 pontos percentuais), indicando que o setor apresenta menor instabilidade em relação à probabilidade de suas mesorregiões se beneficiarem do *pull effect*. É seguido, com menos da metade do valor, pelos setores MBI e BI (0,13 e 0,11 pontos percentuais, respectivamente).

6.2 Economia espacial

A seção anterior permitiu concluir que a vizinhança afeta a eficiência das mesorregiões. Devem existir, portanto, mecanismos de transmissão desses efeitos. É o que esta seção se propõe a investigar.

Se os efeitos das economias externas ajudam a diminuir os custos unitários de produção, as firmas de determinada região apresentarão melhor desempenho em relação às demais firmas que não experimentam tais efeitos e, por consequência, a região mostrar-se-á mais atrativa. Há uma vasta literatura que analisa a distribuição desigual das atividades econômicas no espaço geográfico e os efeitos das economias de aglomeração. A teoria da localização, de tradição alemã, foi desenvolvida inicialmente por von Thünen (1826), em sua análise do aluguel e do uso da terra, por Alfred Weber (1909) no estudo sobre a localização ótima de uma fábrica e por Christaller (1933) e Lösch (1940), que pesquisaram a interação entre as economias de escala e os custos de transporte.

Marshall (1920) foi o primeiro a tentar formalizar a concentração das atividades econômicas. O conceito de economias externas foi introduzido pelo autor ao discutir as vantagens de se produzir em um distrito industrial, como o de cutelaria em Sheffield na Inglaterra. Marshall tratou da concentração de indústrias especializadas em determinados locais e discorreu sobre as vantagens de existirem aglomerações industriais. A divisão do trabalho seria o principal fator para o crescimento da economia, da eficiência e do progresso tecnológico, com efeitos

estendidos para todas as atividades produtivas. As vantagens decorrentes de um aumento na escala de produção da região podem ser classificadas como economias externas, dependentes do desenvolvimento geral da indústria, e economias internas, dependentes da administração e dos recursos usados pelas firmas.

Marshall apresentou três motivos principais pelos quais os produtores podem achar vantajoso localizar-se próximo a outros da mesma indústria. Primeiro, uma indústria espacialmente concentrada é capaz de gerar demanda suficiente para permitir o estabelecimento de fornecedores de insumos especializados, criando um ambiente favorável à terceirização das atividades produtivas e à redução dos custos, tanto pela maior disponibilidade de infraestrutura local como pela acessibilidade ao mercado de crédito. Segundo, a concentração geográfica de atividades gera uma atmosfera econômica, industrial e social que facilitaria a dispersão de informação com maior rapidez. Krugman (1997) se aproxima deste conceito com sua definição de *spillovers* tecnológicos. Terceiro, na medida em que várias firmas empregam funcionários com qualidades semelhantes, gera-se um *pool* no mercado de trabalho que maximiza as oportunidades de casamento de emprego entre os trabalhadores e as firmas. Por um lado, além da maior rapidez em acumular capital humano, os trabalhadores diminuem o tempo de procura de um emprego e têm menos chances de desemprego. Por outro, as firmas têm maior facilidade para encontrar funcionários disponíveis que atendam seus requisitos.

As análises mais recentes sobre aglomeração, porém, tendem a seguir a proposição de Hoover (1936; 1937; 1948), em que os elementos das vantagens comparativas podem ser divididos em três grupos: i) economias de escala, que ocorrem internamente à firma, devido à redução do custo unitário de produção em razão do aumento de sua escala em dado local e ao aumento da eficiência na relação produção-custo em atender um grande mercado, ii) economias de localização, que ocorrem para todas as firmas de uma mesma indústria em determinado local, devido à redução do custo unitário da firma por causa do aumento da produção agregada dessa indústria no espaço e iii) economias de urbanização, que ocorrem para todas as firmas das diversas indústrias em certa localidade, devido à redução do custo unitário de produção por causa das vantagens relacionadas ao aumento e à diversidade das atividades econômicas dessa região.

Essas teorias não foram muito desenvolvidas devido à dificuldade analítica em modelar os retornos crescentes, marginalizando a introdução do componente geográfico na literatura

econômica. Mills (1972) mostra que para explicar as economias de aglomeração é necessário introduzir atividades produtivas com retornos crescentes, o que, aliado ao custo de transporte, conseguem descrever a disposição geográfica das atividades econômicas. Dixit e Stiglitz (1977), Krugman (1991b) e Fujita *et al* (1999) renovaram o interesse nesta área, desenvolvendo modelos que introduzem externalidades, retornos crescentes de escala e competição espacial imperfeita.

Surge então uma nova vertente na teoria. Fujita *et al* (1999) definem a geografia econômica como o estudo de onde as atividades econômicas e a concentração populacional ocorrem e suas causas. A aglomeração é consequência de um agrupamento da atividade econômica, criada e sustentada por uma lógica circular. Assim, a configuração espacial das atividades econômicas é resultado de duas forças opostas: a força centrípeta, que trabalha para acentuar a aglomeração espacial, e a força centrífuga, estimulando a dispersão das atividades. A literatura de Economia Espacial discute modelos de escolha locacional com retornos crescentes e estruturas de mercado imperfeitamente competitivas. Ela atribui a diferença geográfica do crescimento aos retornos crescentes localizados, frutos das aglomerações espaciais das atividades econômicas especializadas e das economias externas.

Segundo Combes *et al* (2005), os microfundamentos para os retornos locais crescentes baseiam-se em três mecanismos principais: *sharing* (quanto maior o tamanho do mercado, mais diluídos ficam os custos fixos); *matching* (grandes mercados aumentam a probabilidade de casamento entre os agentes econômicos); e *learning* (maior frequência de interação entre agentes em ambientes mais densos). As forças que estimulam a localização da indústria também são capazes de promover a acumulação de capital físico e humano (BALDWIN; MARTIN, 2004).

Gardiner *et al* (2004) argumentam que as externalidades são localizadas e atuam dentro de um limite geográfico, seja por influência das condições socioculturais locais, das estruturas políticas e institucionais ou de práticas dos agentes que favoreçam a localização das economias externas. Ellison e Glaeser (1997) afirmam que a aglomeração pode ser resultado de vantagens naturais comuns entre as firmas ou de efeitos de *spillover*. No entanto, além disso, as aglomerações ainda podem ocorrer devido às externalidades Marshallianas, já discutidas. Estes fatores caracterizam as definições dadas por Hoover (1937) sobre economias

de escala (internas à firma), de localização (internas ao setor) e de urbanização (internas à área urbana).

As economias de escala referem-se à firma em si, na decisão do tamanho da produção. Kupfer e Rocha (2005) afirmam que uma escala de produção grande é um fator importante para o acesso ao mercado externo. Além disso, é possível realizar compras dos fornecedores em larga escala e obter linhas de crédito mais baratas, elementos que reduzem significativamente o custo da firma.

As economias de localização, segundo a definição de Thisse (2000), são externalidades que afetam todas as firmas pertencentes ao mesmo setor e são caracterizadas pelas vantagens da firma em se localizar próxima a concentrações de outras firmas da mesma indústria. Essas vantagens podem ser geradas, entre outros fatores, por um mercado fornecedor desenvolvido, pela infraestrutura necessária para atender as empresas e pela criação de um mercado de trabalhadores especializados. Se as firmas que demandam trabalhadores especializados são dispersas pelo espaço, quando houver um aumento da demanda, encontrarão dificuldades em contratar trabalhadores. Mas, se as firmas de uma mesma indústria se concentrarem, é mais provável que os trabalhadores disponibilizados por uma firma sejam contratados por outra. Há vantagens também para os trabalhadores, pois estes reduzem o tempo de desemprego, há menor flutuação na taxa de salário e, em geral, os custos de transação são diminuídos (KRUGMAN, 1991a). Wheaton e Lewis (2002) estudaram os salários por ocupação e por indústria. Encontraram um efeito grande e significativo nos ganhos de salário para os trabalhadores nas cidades com grande parcela de emprego na mesma ocupação ou indústria. A disponibilidade de insumos e serviços especializados também é uma externalidade das economias de localização, uma vez que a concentração de uma indústria pode suportar a instalação de fornecedores especializados, estimulando a eficiência da indústria.

As economias de urbanização surgem tanto pelo tamanho total da produção em dada região quanto pela diversidade da aglomeração urbana. Áreas urbanas maiores tendem a proporcionar mais tipos de atividades. Os benefícios para as firmas ocorrem como consequência da facilidade no acesso a serviços financeiros, jurídicos e a profissionais especializados, além de estimular a transferência de informações interindustriais e disponibilizar melhor infraestrutura de transporte e comunicação. A heterogeneidade das atividades aumenta a utilidade dos consumidores ao oferecer uma maior cesta de bens locais.

Bostic (1997) e Garcia-Mila e McGuire (1993) concluem que a diversidade nas atividades econômicas provoca maiores níveis de crescimento econômico.

Rice *et al* (2006) concluíram que a proximidade com a massa econômica, ou seja, locais com áreas urbanas grandes e densas, pode influenciar positivamente a produtividade do trabalhador britânico. Para Ciccone e Hall (1996), a produtividade aumenta com a disponibilidade de variedade dos bens intermediários e, neste sentido, áreas mais densas tendem a apresentar maior diversidade. Há que considerar, entretanto, que os benefícios da concentração podem ser amenizados pelo aumento dos efeitos de congestionamento, causados pela competição entre firmas, aumento nos custos de transporte e uso da infraestrutura em geral.

De qualquer forma, como Thisse (2000) afirma, a análise deve ser cuidadosa, pois diferentes mecanismos de aglomeração, atuando em diferentes escalas espaciais, podem levar a conclusões distintas sobre a eficiência produtiva. Moomaw (1998) conclui, entretanto, que, em geral, os resultados obtidos com maior nível de desagregação setorial (três dígitos) sugerem que as economias de localização e urbanização estimadas com menor nível de desagregação (dois dígitos) não são exageradas. Além disso, se as firmas operam em ambientes com externalidades positivas, com troca de informações e de empregados, acesso aos serviços, bom sistema de comunicação e infraestrutura, a probabilidade de tomar decisões que levem à ineficiência diminui, pois as informações melhoram as organizações e as práticas de trabalho.

No que segue, esses possíveis efeitos espaciais serão introduzidos na análise, buscando-se avaliar em que medida estão presentes no caso brasileiro e qual sua importância.

6.2.1 Fronteira estocástica e a economia espacial

Como vimos, a metodologia de fronteiras estocásticas possibilita que sejam utilizadas algumas variáveis para explicar a média da ineficiência das firmas. Nesta seção, investigaremos se as variáveis em linha com a discussão da literatura sobre Economia Espacial impactam a eficiência das mesorregiões. São, entre outras, variáveis de aglomeração, que buscam captar efeitos de escala e concentração. Harris (1993) afirma que, dado o objetivo

de analisar a eficiência técnica no nível da firma, é importante incluir os efeitos de escala, que buscam informações sobre os estabelecimentos. Caves *et al* (1982a) discutem que a eficiência da firma deveria crescer com o tamanho da planta. Nesta tese não somos capazes de captar o efeito da economia interna de escala dos estabelecimentos, pois os dados são agregados para mesorregiões e não temos nenhuma informação a respeito da firma em si. Além disso, já usamos os valores médios das variáveis (o valor agregado dos insumos e da produção da mesorregião dividido pelo número de firmas) para estimar as funções de produção e, portanto, não podemos usar novamente esta média para capturar o efeito de economias internas de escala. Mas, por outro lado, para captar o efeito da escala de produção da mesorregião, assim como Harris (1993), usamos a variável PIB da indústria somado ao PIB de Serviços da mesorregião.⁶⁰ Trabalha-se assim com uma variável que indica o volume das atividades econômicas urbanas da região.

Calculamos alguns índices para representar as economias de localização, a concentração espacial e a diversidade regional das atividades econômicas. O índice utilizado nesta tese para captar as economias de localização busca saber a importância da produção de um setor na produção industrial total da mesorregião, que é dado pela Participação do Setor na Mesorregião:

$$PartSM_{ij} = \frac{VTI_{ij}}{\sum_j VTI_{ij}}$$

Em que se calcula a participação do setor j na produção total da mesorregião. A variável assume valores entre zero e um. Quanto maior o valor, maior é a participação da produção do setor j na mesorregião. Este índice informa sobre a concentração da produção local do setor em determinada mesorregião.

As economias de urbanização medem os benefícios da concentração de diversas atividades econômicas.⁶¹ Em geral, este efeito é captado por alguma medida de grandeza populacional

⁶⁰ Dados do Ipeadata.

⁶¹ Note-se que o PIB da indústria e de serviços é uma medida do produto agregado da região e, nesse sentido, busca informações sobre economias de aglomeração em geral. Porém, é possível que existam regiões em que o produto seja alto, mas ainda não haja um centro urbano densamente desenvolvido. Portanto, apesar do PIB capturar o tamanho da produção, não informa necessariamente sobre as economias de urbanização. Nesse sentido, buscamos considerar outras variáveis que pudessem captar este efeito mais detalhadamente.

concentrada geograficamente. Existe uma vasta literatura que tenta calcular o efeito da concentração populacional no espaço na produtividade do trabalho (SVEIKAUSKAS, 1975; TVETERAS; BATTESE, 2006; SEGAL, 1976; MOOMAW, 1981; 1985). Ciccone e Hall (1996) acreditam que a densidade populacional, ao invés de indicadores de tamanho, é um determinante mais preciso da produtividade do trabalho. Eles encontram evidências de que duplicar a densidade de trabalhadores dos estados norte-americanos aumenta a média da produtividade do trabalho em 6%. Os autores atribuem isto aos *spillovers* de conhecimento e ao benefício de um rico mercado de mão de obra. Assim, uma forma que buscamos para captar os efeitos das economias de urbanização foi por meio da densidade populacional da mesorregião.

Outro enfoque para se obter uma medida de economia de urbanização é pelo ângulo da diversificação da estrutura produtiva regional, conforme adotado por Duranton e Puga (2000):

$$RDI_i = \frac{1}{\sum_j |s_{ij} - s_{jn}|}$$

Em que:

RDI_i : Índice de Diversidade Relativa (*Relative Diversity Index*, em inglês)

s_{ij} , como anteriormente, é a participação do emprego da região i na indústria (setor) j , em relação ao total de empregados do país na indústria j .

s_{jn} representa a participação do setor j no total de empregados do país.

O índice pode tomar valores de zero a infinito: quanto maior o valor, mais diversa é a região i em relação ao país. Uma região que tem exatamente a mesma distribuição setorial de atividades de um país, terá denominador igual a zero, o que resultará em valor de RDI infinito. Assim, quanto menor o valor do índice, maior é a especialização da região.

Além das variáveis que representam as economias externas apontadas pela literatura de Economia Espacial, incluiremos alguns controles socioeconômicos das regiões analisadas, como Média dos Anos de Educação da população da mesorregião e o Produto Interno Bruto per capita.⁶² O nível de escolaridade da mão de obra indica a qualidade do capital humano,

⁶² Dados do Ipeadata. Detalhes no apêndice II deste capítulo.

assumindo que, quanto melhor essa qualidade, melhores as condições de competitividade. Há indícios de que níveis de escolaridade mais elevados estão associados ao dinamismo do setor industrial. A grande disponibilidade de capital humano qualificado em dada área representa uma vantagem para a localização de firmas inovadoras, promovendo a produtividade local (MARROCU; PACI, 2006). Boari (2001) apontou que o sucesso do desenvolvimento das pequenas e médias empresas da região de Bologna, na Itália, deveu-se à conexão entre as escolas técnicas focadas nas atividades do local e as firmas. No Brasil, a educação é um dos principais fatores para a explicação das diferenças regionais de rendimento do trabalho (AZZONI; SERVO, 2002).

O PIB per capita é uma *proxy* do nível de riqueza dos habitantes da região, o que implica, teoricamente, em melhores níveis de saúde e qualidade de vida, que impactam no bem-estar e, por consequência, na produtividade dos trabalhadores. Indica também o potencial do mercado regional. Detalhes dos cálculos envolvidos na construção das variáveis utilizadas neste capítulo são apresentados no apêndice no final deste capítulo.⁶³

Tabela 25 - Variáveis para explicar eficiência na metodologia de fronteira estocástica

	Variável	Efeito Esperado
Economias de Aglomeração	$PIBIS_i = PIBIndustria_i + PIBServiços_i$	Quanto maior, mais economias de aglomeração. É possível haver também deseconomias quando se atingem tamanhos excessivos.
Economias de Urbanização	$(Densidade\ Populacional)_i$	Quanto maior, mais economias de urbanização. É possível haver deseconomias para densidades muito elevadas.
	RDI_i ; <i>Relative Diversity Index</i>	Quanto menor, mais especializada a região, em comparação com a estrutura produtiva do país.

⁶³ Há ainda uma série de variáveis que podem ser consideradas importantes para a produtividade da firma, como nível de infraestrutura da região e questões tributárias e de subsídios. No entanto, principalmente devido à disponibilidade de dados em painel (anos *versus* mesorregiões *versus* setores industriais), decidimos evitar hipóteses heroicas na construção de variáveis e focar o estudo da produtividade e eficiência apenas em questões dos benefícios das aglomerações, que são fatores importantes quando o tema regional é analisado. Além disso, o período de análise dos dados utilizado no trabalho é curto e, portanto, não deve ter havido mudanças significativas nas posições relativas das regiões em relação a essas variáveis, principalmente a infraestrutura.

(cont.) Variáveis para explicar eficiência na metodologia de fronteira estocástica

	Variável	Efeito Esperado
Economias de Localização	VTI_{ij} / VTI_i : Participação do setor na mesorregião	Quanto maior, maior é a possibilidade de haver economias de localização.
Socioeconômicas	(Anos de Educação) _i	A competitividade da região deve crescer com o aumento destas duas variáveis.
	(PIB per capita) _i	

O Quadro 15 mostra a distribuição regional da média anual dessas variáveis.⁶⁴

Quadro 15 – Distribuição da média anual de variáveis selecionadas para explicar a eficiência das mesorregiões

⁶⁴ Não mostramos o mapa da variável PartSM porque ela é calculada em função de cada setor.

(cont.) Distribuição da média anual de variáveis selecionadas para explicar a eficiência das mesorregiões

O PIB da Indústria e Serviços está concentrado na região Centro-Sul do país e possui baixos valores no Nordeste, principalmente no interior da região. Maiores índices de densidade populacional encontram-se nas regiões Sudeste e Sul. No Nordeste, as mesorregiões mais populosas estão na faixa litorânea, com gradual diminuição para o interior. O índice de diversidade compara a diversidade das atividades econômicas da mesorregião com a estrutura heterogênea de atividades do país. Espera-se encontrar certa relação com a densidade, pois é possível supor que locais onde a população está concentrada deva oferecer mais tipos de atividades. Os valores baixos do Norte e Nordeste indicam que essas regiões têm estruturas produtivas diferentes do país, enquanto que as mesorregiões do Centro-Sul do país e algumas

do litoral nordestino têm estrutura mais parecida com a do país, sendo mais diversificadas internamente.

O mapa dos anos de estudo mostra uma concentração de população mais instruída nas mesorregiões do estado de São Paulo, mas também há destaques em algumas localidades do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Centro Amazonense e algumas mesorregiões no Centro-Oeste e Pará. Por último, o mapa do PIB per capita exibe uma concentração visível da riqueza na área centro sul do país, com baixos valores no Nordeste, com exceção da mesorregião Metropolitana de Salvador, na Bahia.

6.2.2 Influência das variáveis de aglomeração

Nesta seção, estima-se o modelo especificado na expressão 16, que considera uma fronteira de produção do tipo Cobb-Douglas, com os insumos capital e trabalho. Dado que o objetivo desta seção é analisar a relação entre as variáveis das economias espaciais que variam no tempo e eficiência da indústria brasileira, o componente de tendência deixa a função de ineficiência u e torna-se outro termo da função de produção. As variáveis de economia espacial são modeladas na função μ que estima a ineficiência média das firmas.

$$\begin{aligned}
 16) \quad y_{it} &= \beta_0 + \beta_T t + \beta_L L + \beta_K K + (v_{it} - u_{it}) \\
 U_{it} &\sim N(\mu_{it}, \sigma_u^2) \\
 \mu_{it} &= f(\text{variáveis de aglomeração})
 \end{aligned}$$

6.2.2.1 Resultados da amostra geral

Os resultados das estimações mostram que considerar variáveis de economias de aglomeração para eficiência não altera significativamente os coeficientes estimados das fronteiras de produção. O capital ainda predomina, sendo sua parcela 55% maior do que a do trabalho. O coeficiente da tendência também repete o resultado, implicando que a fronteira de produção desloca-se positivamente (para cima e para a direita) ao longo do tempo.⁶⁵

⁶⁵ O teste de Wald rejeitou, a 1%, a hipótese nula de retornos constantes de escala na função de produção.

Tabela 26 - Resultados da estimação da fronteira de produção da amostra geral

		Coeficiente	Estat. t	Significância
Fronteira de Produção	Constante	3,2953	53,78	***
	LnL	0,4080	35,51	***
	LnK	0,6339	131,87	***
	Tendência	0,0346	11,44	***
Variáveis Z	Constante	11,0825	4,76	***
	LnPIBIS	-0,6855	-4,14	***
	PartSM	-1,4222	-4,74	***
	Densidade Pop.	0,0010	4,33	***
	RDI	0,1498	1,42	
	Educação	-10,7870	-3,17	***
	LnPIB per capita	-0,9413	-3,65	***
	σ^2	0,7543	4,47	***
	γ	0,8190	19,90	***
	Número iterações	41		
	Teste LR (8)	802,2098		
	N	6035		
	I	904		
	T	7		

Graus de significância: * 10%, ** 5%, *** 1%.

Entre as variáveis acrescentadas neste capítulo, observa-se que o tamanho da economia da região (LnPIBIS), dado pela soma dos PIBs da Indústria e de Serviços, tem influência positiva sobre a eficiência (sinal negativo indica redução da ineficiência), implicando que as mesorregiões, em geral, usufruem das economias de aglomeração. Um aumento de 1% no PIB da indústria e serviço da mesorregião diminui a média da ineficiência da região em 0,68 pontos e aumenta o produto em 0,52%. Este resultado é consistente com o que se observou nos mapas do Capítulo Três (seção 3.2, que apontam concentração da produção industrial na região Sudeste) e os resultados dos modelos estimados anteriormente (em que índices elevados de eficiência tendem estar em mesorregiões onde a produção é, normalmente, mais concentrada). Portanto, conclui-se que, de uma forma geral, os benefícios da aglomeração ainda são maiores que seus malefícios e, assim, as mesorregiões com grande produção das atividades econômicas (indústria e serviços) têm vantagens sobre as demais regiões em termos de eficiência.

A variável PartSM, refere-se às economias de localização. São benefícios que a região obtém por localizar-se onde há concentração espacial de firmas do mesmo ramo de atividades. PartSM é construída para cada observação da amostra, ou seja, para cada mesorregião e setor. Ela representa a parcela da produção de um setor no total da produção da mesorregião. Dessa forma, indica a representatividade do setor na mesorregião, mas sem comparar a distribuição dos setores da mesorregião com a nacional. Altos valores de PartSM mostram concentrações

do setor na mesorregião. A estimativa indica coeficiente negativo, apontando a presença de economias de localização, ou seja, as mesorregiões com concentração de atividades do mesmo tipo têm vantagens sobre as que mostram uma distribuição mais diversificada de suas atividades. Os resultados indicam que a eficiência regional aumenta com a presença de economias de localização, medida pela variável PartSM. De acordo com as estimativas, o aumento de um ponto da participação de determinado setor no produto da mesorregião provoca economias de localização que geram um crescimento de 0,88% no produto.

Os efeitos das economias de urbanização são captados por duas variáveis: o índice RDI e a densidade populacional. O índice RDI é calculado por região e indica a diversidade das indústrias presentes na mesorregião. Da forma como é calculado, quanto maior o índice, mais próxima a distribuição das atividades da região está da distribuição do país, sendo portanto, mais diversificada. Os resultados não indicam efeito significativo para essa variável. Já o coeficiente da Densidade Populacional é positivo e significativo, indicando que áreas muito concentradas em termos populacionais devem gerar efeitos de congestionamento, reduzindo a eficiência das mesorregiões.

As variáveis socioeconômicas são significativas e seus coeficientes negativos. Conclui-se então que anos de educação da população geram ganhos de eficiência para a indústria.⁶⁶ Da mesma forma, o nível de renda das mesorregiões influencia positivamente a eficiência e no produto. O aumento de 1% no PIB per capita da mesorregião gera diminuição da ineficiência do processo produtivo que resulta em aumento de 0,66% na produção. Provavelmente, porque regiões mais ricas podem oferecer melhores níveis de infraestrutura, com efeitos positivos sobre a eficiência da indústria.

6.2.3 Resultados por intensidade tecnológica

Esta seção reporta os resultados da estimação do modelo de fronteira estocástica com as variáveis de economia espacial, considerando que a indústria é dividida em quatro grupos de intensidade tecnológica.

⁶⁶ Vale lembrar que a variável Anos de Educação é calculada com os dados do Ipeadata, por meio de proporções para obtê-la desagregada por mesorregião.

Os coeficientes da fronteira de produção são todos positivos e significantes a 1% e repetem-se os resultados anteriores, em geral.⁶⁷

Tabela 27 - Resultados da estimação da fronteira de produção da amostra por intensidade tecnológica

		Coeficiente	Estat. t	Significância
Fronteira de Produção	Constante	5,1616	20,60	***
	LnL	0,3460	17,03	***
	LnK	0,5667	51,56	***
	Tendência	0,0380	9,06	***
Variáveis Z	Constante	4,2586	17,64	***
	LnPIBIS	-0,1745	-10,91	***
	PartSM	-0,8641	-16,46	***
	Densidade Pop.	0,0002	4,15	***
	RDI	0,5168	6,26	***
	Educação	-0,1578	-0,25	
	LnPIB per capita	-0,2888	-10,23	***
	σ^2	0,1621	25,62	***
	γ	0,4045	3,38	***
	Número iterações			45
	Teste LR (8)			761,608
	N			2352
	I			337
	T			7

Graus de significância: * 10%, ** 5%, *** 1%.

A maioria das variáveis que medem economias espaciais implica em ganhos de eficiência para a indústria. Aumentar a produção industrial e de serviços das mesorregiões diminui a ineficiência de suas firmas, embora menos intensamente do que para o caso das firmas desagregadas por setores da CNAE 1.0.

A variável PartSM é significativa a 1% e negativa, indicando a importância das economias de localização para a eficiência da indústria de transformação nas regiões. A Tabela 27 mostra que as mesorregiões, em geral, sofrem de deseconomias de urbanização, uma vez que os coeficientes positivos e significantes da Densidade Populacional e do índice RDI implicam que o aumento da concentração de pessoas e da diversidade de atividades econômicas (industriais) impactam negativamente a eficiência das firmas, gerando perdas no produto da ordem de 0,73% a cada ponto gerado pelo RDI. No resultado anterior, quando os dados não são agregados por intensidade tecnológica, apenas a Densidade Populacional captava algum efeito sobre a ineficiência. Ou seja, aumentar a diversidade industrial da mesorregião não surtia efeito sobre sua eficiência. Neste caso, quando é considerada a questão da intensidade tecnológica, aumentar a diversidade das atividades industriais da mesorregião piora seu

⁶⁷ O teste de Wald rejeitou, a 1%, a hipótese nula de retornos constantes de escala na função de produção.

desempenho em termos de eficiência. Em outras palavras, ao se considerar a intensidade tecnológica da indústria, mesorregiões mais especializadas se mostram mais eficientes.

Os anos de educação não apresentam efeito na eficiência das firmas. É como se caracterizar os setores de acordo com a sua intensidade tecnológica já captasse o efeito da educação na eficiência da indústria. No entanto, o resultado obtido no capítulo anterior, com a Amostra Geral, mostra que a educação é uma variável bastante importante na redução da ineficiência das firmas. Já o PIB per capita implica que aumentar o nível de riqueza da população gera aumento da eficiência da indústria nas mesorregiões.

6.2.3.1 Impactos das variáveis de economia espacial e das variáveis socioeconômicas em cada setor

A pergunta natural que segue da análise anterior é como cada variável de economia espacial e socioeconômica impacta setores de diferentes intensidades tecnológicas. É o que esta seção se propõe a responder. Para captar o efeito que cada variável apresenta na ineficiência de cada setor, incluímos *dummies* de interação, isto é, *dummies* setoriais multiplicando cada variável explicativa “Z”.⁶⁸ O resultado da estimação é apresentado na Tabela 28, que mostra dois modelos. No primeiro, dentre as variáveis “Z”, estão as variáveis espaciais e socioeconômicas no nível e as *dummies* de interação dessas variáveis com cada setor de intensidade tecnológica, do qual excluímos a *dummy* do setor BI, a fim de evitar multicolinearidade. No modelo dois, retiramos a variável no nível para poder incluir o setor BI e, desta forma, obter o impacto em cada região. Esta análise é importante porque se a variável no nível se mostra significativa, indica que, de forma geral, todos os setores sofrem o mesmo efeito em relação ao BI. Mas, no modelo dois, pode-se verificar se realmente todos os setores são afetados da mesma forma.

Os resultados da fronteira de produção se mantiveram bastante parecidos aos da seção anterior em relação aos insumos trabalho e capital e entre os modelos um e dois.⁶⁹ Porém, o foco

⁶⁸ Para podermos incluir os quatro setores de intensidade tecnológica, excluímos a variável em si. Por exemplo, para entender como o PIB per capita influencia cada um dos quatro setores de intensidade tecnológica, incluímos quatro *dummies* de interação com essa variável (uma para cada setor) e excluímos a variável PIB per capita.

⁶⁹ O teste de Wald rejeitou, a 1%, a hipótese nula de retornos constantes de escala na função de produção nos dois modelos.

principal desta seção é analisar como os setores de diferentes intensidades tecnológicas sentem os impactos das variáveis “Z”.

Tabela 28 - Resultados do impacto das variáveis “Z” em cada setor de intensidade tecnológica

Tabela 20		Resultados do impacto das variáveis Z em cada setor de intensidade tecnológica					
		Modelo 1			Modelo 2		
		Coef.	Estat. t	Sig.	Coef.	Estat. t	Sig.
Fronteira de Produção	Constante	5,5075	29,6204	***	5,5073	32,227	***
	LnL	0,3566	17,7697	***	0,3566	18,676	***
	LnK	0,5489	54,2121	***	0,5489	61,551	***
	Tendência	0,0419	9,5615	***	0,0419	9,724	***
Variáveis Z	Constante	3,9351	16,730	***	3,9354	17,508	***
	LnPIBIS	-0,1497	-9,444	***			
	PartSM	-0,5093	-7,837	***			
	Densidade	0,0002	2,576	***			
	RDI	0,0285	0,293				
	Educação	0,6262	0,637				
	LnPIB per capita	-0,2711	-7,592	***			
	dai*LnPIBIS	-0,0301	-3,086	***	-0,1798	-10,351	***
	dmai*LnPIBIS	0,0113	1,119		-0,1384	-7,925	***
	dmbi*LnPIBIS	0,0163	2,613	***	-0,1335	-8,657	***
	dbi*LnPIBIS				-0,1498	-9,856	***
	dai*PartSM	-1,1971	-6,639	***	-1,7064	-10,019	***
	dmai*PartSM	-1,0924	-6,731	***	-1,6017	-10,653	***
	dmbi*PartSM	-0,4968	-5,374	***	-1,0061	-13,812	***
	dbi*PartSM				-0,5092	-7,638	***
	dai*Densidade. Pop.	0,0001	0,574		0,0002	2,867	***
	dmai*Densidade Pop.	-0,0001	-0,813		0,0001	1,032	
	dmbi*Densidade Pop.	0,0000	-0,181		0,0002	2,211	**
	dbi*Densidade Pop.				0,0002	2,600	***
	dai*RDI	2,5750	1,389		2,6024	1,371	
	dmai*RDI	2,2519	1,771	*	2,2779	1,998	**
	dmbi*RDI	0,6284	3,938	***	0,6568	5,236	***
	dbi*RDI				0,0283	0,284	
	dai*Educação	-0,0150	-0,008		0,6098	0,378	
	dmai*Educação	1,8533	0,990		2,4806	1,532	
	dmbi*Educação	-2,3576	-1,616		-1,7325	-1,599	
	dbi*Educação				0,6261	0,622	
	dai*LnPIB per capita	0,2311	2,817	***	-0,0400	-0,505	
	dmai*LnPIB per capita	-0,1496	-1,990	**	-0,4207	-6,224	***
	dmbi*LnPIB per capita	-0,0136	-0,276		-0,2846	-7,273	***
	dbi*LnPIB per capita				-0,2710	-7,729	***
	σ^2	0,1455	28,414	***	0,1455	25,052	***
	γ	0,5340	7,4684	***	0,5345	13,1402	***
	Número iterações	69			71		
	Teste LR (24)	1046,7434					
	N	2352					
	I	337					
	T	7					

Graus de significância: * 10%, ** 5%, *** 1%.

Todos os setores são afetados positivamente pelas economias de aglomeração, independentemente de sua intensidade tecnológica. É o que mostra a variável LnPIBIS no

Modelo 1, que representa o somatório do PIB de indústria e serviço da mesorregião. No Modelo 2, todos os setores aumentam sua eficiência quando a produção da indústria e serviços da mesorregião é maior (representado pelos resultados das variáveis $dai * \ln PIBIS$, $dmai * \ln PIBIS$, $dmbi * \ln PIBIS$ e $dbi * \ln PIBIS$). Foram realizados testes de Wald no Modelo 2 para verificar se os setores de intensidade tecnológica sentem a influência das variáveis espaciais e socioeconômicas da mesma forma. Os resultados indicam que o coeficiente do setor AI é diferente dos demais setores e, por ser maior, implica que setores com altos níveis de intensidade tecnológica se beneficiam mais da aglomeração de atividades industriais e de serviços. Por outro lado, o setor MAI é afetado da mesma forma que os setores MBI e BI, enquanto que o impacto sentido por MBI é diferente do que ocorre com BI, apesar dos coeficientes serem bastante parecidos.

As economias de localização podem ser captadas pelo índice PartSM que é significativa a 1% para todos os setores. Este índice apresenta as economias de localização específica em cada mesorregião, uma vez que indica a participação de cada setor no produto (VTI) da mesorregião. Pelo Modelo 1 concluímos os três setores (AI, MAI e MBI) sofrem impactos maiores do que BI. Testes de Wald indicam, entretanto, que os efeitos são diferentes entre os setores, com exceção de AI e MAI, cujos efeitos são iguais estatisticamente. Podemos afirmar que o efeito das economias de localização se torna mais forte quanto maior a intensidade tecnológica do setor. É interessante notar que para o setor de BI, apesar de ganhar eficiência ao aumentar sua participação no produto da mesorregião, este efeito é apenas a metade do que ocorreria caso o setor de MBI o fizesse e um pouco mais de um quarto para os setores MAI e AI.

Em relação às economias de urbanização, como já vimos, aumentar a concentração populacional (medida pela densidade) piora a eficiência dos setores. O Modelo 1 permite concluir que não há diferença entre os coeficientes estimados dessas variáveis de interação entre os setores, significando que os efeitos de congestionamento são sentidos de forma geral nas mesorregiões, independente da intensidade tecnológica. Testes de Wald realizados nos coeficientes das *dummies* de interação do Modelo 2 confirmam essa afirmação: os efeitos de congestionamento populacional pioram a eficiência produtiva das mesorregiões, independentemente da intensidade tecnológica do setor.

As economias de urbanização também são medidas pelo índice RDI, que representa a diversidade das atividades industriais da mesorregião, lembrando que quanto maior o valor do índice, mais diversificada é a mesorregião. Na estimação sem considerar a diferenciação setorial, concluiu-se que as economias de urbanização medidas por essa variável não influenciam a eficiência das firmas. No entanto, as *dummies* de interação com RDI mostram que há sim influência para os setores MBI e MAI, e que ambos sentem o impacto de forma igual entre si, mas diferente do setor BI.

De uma forma geral, os anos médios de educação da mesorregião não impactam a eficiência da indústria de transformação. Mas considerando o efeito por setor, os resultados dos testes de Wald indicam que os coeficientes dos setores MAI e MBI são diferentes entre si, o mesmo ocorrendo marginalmente para os setores MBI e BI, apesar deles não serem significantes.

Quanto à influência da renda per capita, vemos que quanto maior a intensidade tecnológica, maior é a capacidade de redução da ineficiência do setor nas mesorregiões, salvo o setor AI, que indica que aumentar o poder de compra da população da mesorregião (ou sua riqueza) não influencia na eficiência das firmas, segundo o Modelo 2. Algumas explicações podem justificar este fato. Primeiro, em geral, o setor AI se localiza em mesorregiões cujo nível de PIB per capita é semelhante entre si (ou não são tão díspares como para capturar o efeito por essa variável). Segundo, é possível que parte da produção desses setores seja exportada e então o poder de compra da mesorregião não tem peso importante sobre a eficiência das indústrias do setor. Testes de Wald indicam que apenas os coeficientes dos setores MBI e BI podem ser considerados iguais estatisticamente.⁷⁰

6.3 Conclusões

Uma vez obtidas as medidas de eficiência setorial e regional no capítulo anterior, cabe investigar os fatores que explicam esses resultados. Neste capítulo, exploramos essas questões com base tanto no arcabouço da economia espacial, seja pela influência das economias de aglomeração, localização e urbanização sobre a eficiência produtiva, como pela proximidade, por meio da influência do desempenho de regiões vizinhas em relação a uma mesorregião de

⁷⁰ A hipótese nula de igualdade estatística entre os coeficiente MAI e MBI para o PIB per capita é rejeitada marginalmente (6,33%).

análise. Para tratar dessa questão, utilizamos a eficiência estimada no capítulo anterior para obter matrizes de transição calculadas pela metodologia de Cadeias de Markov, modificadas para incluir a influência da vizinhança, por meio de matrizes de pesos espaciais.

Já as economias espaciais foram tratadas pela metodologia de fronteiras estocásticas, na qual incluímos variáveis de economia espacial, controlando a média da ineficiência das regiões. Por meio dessas estimativas, fomos capazes de analisar a influência das economias espaciais na eficiência produtiva da indústria de transformação e como os efeitos diferem segundo o grau de intensidade tecnológica dos setores.

APÊNDICE - Capítulo Seis

I. Quadro

Quadro 16 - Matrizes de transições espaciais de Markov por setor de intensidade tecnológica
Alta Intensidade Tecnológica **Média Alta Intensidade Tecnológica**

2000	Defasagem Espacial	Num. Casos	2006					2000	Defasagem Espacial	Num. Casos	2006				
			NaN	LL	L	H	HH				NaN	LL	L	H	HH
NaN	NaN	198	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NaN	NaN	157	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
LL		7	0,0000	0,8571	0,1429	0,0000	0,0000	LL		5	0,0000	0,4000	0,2000	0,4000	0,0000
L		13	0,0000	0,0769	0,5385	0,3846	0,0000	L		7	0,0000	0,1429	0,2857	0,5714	0,0000
H		21	0,0000	0,0000	0,2381	0,7143	0,0476	H		20	0,0000	0,1000	0,1500	0,7500	0,0000
HH		1	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	HH		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NaN	LL	38	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NaN	LL	45	0,9778	0,0222	0,0000	0,0000	0,0000
LL		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	LL		4	0,0000	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000
L		7	0,0000	0,1429	0,7143	0,1429	0,0000	L		4	0,0000	0,2500	0,5000	0,2500	0,0000
H		7	0,0000	0,0000	0,2857	0,5714	0,1429	H		8	0,0000	0,1250	0,1250	0,7500	0,0000
HH		1	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	HH		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NaN	L	64	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NaN	L	115	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
LL		7	0,0000	0,5714	0,2857	0,1429	0,0000	LL		14	0,0000	0,5000	0,3571	0,1429	0,0000
L		25	0,0000	0,0400	0,4800	0,4800	0,0000	L		17	0,0000	0,4118	0,2941	0,2941	0,0000
H		65	0,0000	0,0154	0,2154	0,7231	0,0462	H		57	0,0000	0,0175	0,0702	0,8772	0,0351
HH		4	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	HH		7	0,0000	0,0000	0,0000	0,5714	0,4286
NaN	H	163	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NaN	H	177	0,9887	0,0056	0,0000	0,0056	0,0000
LL		16	0,0000	0,5000	0,3750	0,1250	0,0000	LL		19	0,0000	0,4737	0,1579	0,3684	0,0000
L		57	0,0000	0,1579	0,4737	0,3684	0,0000	L		34	0,0000	0,1176	0,4412	0,4412	0,0000
H		124	0,0000	0,0403	0,1129	0,7903	0,0565	H		132	0,0076	0,0227	0,1515	0,7576	0,0606
HH		5	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	HH		6	0,0000	0,1667	0,0000	0,3333	0,5000
NaN	HH	5	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NaN	HH	3	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
LL		2	0,0000	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	LL		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
L		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	L		2	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
H		4	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	H		1	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
HH		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	HH		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

(cont.) Matrizes de transições espaciais de Markov por setor de intensidade tecnológica

Média Baixa Intensidade Tecnológica								Baixa Intensidade Tecnológica							
2000	Defasagem Espacial	Num. Casos	2006					2000	Defasagem Espacial	Num. Casos	2006				
			NaN	LL	L	H	HH				NaN	LL	L	H	HH
NaN	NaN	30	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NaN	NaN	12	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
LL		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	LL		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
L		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	L		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H		6	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	H		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
HH		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	HH		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NaN	LL	41	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NaN	LL	18	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
LL		16	0,0000	0,6875	0,1875	0,1250	0,0000	LL		15	0,0000	0,7333	0,2000	0,0667	0,0000
L		8	0,0000	0,1250	0,6250	0,2500	0,0000	L		24	0,0000	0,2083	0,5000	0,2917	0,0000
H		19	0,0000	0,0000	0,0526	0,8947	0,0526	H		17	0,0000	0,1176	0,3529	0,4706	0,0588
HH		5	0,0000	0,2000	0,0000	0,4000	0,4000	HH		4	0,0000	0,2500	0,0000	0,0000	0,7500
NaN	L	60	0,9833	0,0167	0,0000	0,0000	0,0000	NaN	L	54	0,9815	0,0185	0,0000	0,0000	0,0000
LL		32	0,0000	0,5313	0,3438	0,1250	0,0000	LL		63	0,0000	0,6508	0,2222	0,1270	0,0000
L		51	0,0000	0,1765	0,4706	0,3529	0,0000	L		42	0,0000	0,3095	0,4048	0,2857	0,0000
H		102	0,0000	0,0196	0,2059	0,7353	0,0392	H		91	0,0000	0,0440	0,1648	0,7473	0,0440
HH		10	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,5000	HH		11	0,0000	0,0909	0,0000	0,4545	0,4545
NaN	H	77	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NaN	H	39	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
LL		38	0,0000	0,6053	0,2632	0,1053	0,0263	LL		19	0,0526	0,4211	0,2105	0,1579	0,1579
L		67	0,0000	0,0746	0,5224	0,3731	0,0299	L		76	0,0000	0,0921	0,4079	0,4737	0,0263
H		237	0,0000	0,0295	0,0970	0,8397	0,0338	H		278	0,0000	0,0072	0,1151	0,8309	0,0468
HH		25	0,0000	0,0400	0,0000	0,5600	0,4000	HH		40	0,0000	0,0500	0,0500	0,4250	0,4750
NaN	HH	4	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NaN	HH	22	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
LL		1	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	LL		1	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
L		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	L		2	0,0000	0,0000	0,5000	0,5000	0,0000
H		5	0,0000	0,0000	0,0000	0,8000	0,2000	H		5	0,0000	0,0000	0,2000	0,8000	0,0000
HH		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	HH		1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000

II. Construção de variáveis

II.1 Densidade populacional

A densidade populacional é calculada pela razão entre o número da população e a área (em Km²) da mesorregião. Ambas as séries foram obtidas do Ipeadata. Para a população foi usada a série “População residente - 1º de julho – estimativas” a fim de obter informações anuais de 2000 a 2006. A área foi obtida da série “Área Geográfica Publicada nos Censos Km²” para o ano de 2000 e repetido o mesmo valor até 2006.

II.2 Anos de educação

A variável anos de educação refere-se aos anos de estudo da população da mesorregião, independente da atividade econômica em que ela é alocada. Foram necessárias três variáveis: i) “Anos de Estudo - Média - Pessoas 25 Anos e Mais” do Ipeadata por estado da federação, ii) “Concluintes do Ensino Médio” do INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) por município e dados até 2005 (último ano disponível até o momento da montagem da base de dados) e iii) “População” do Ipeadata por mesorregião da mesma forma que foi obtida no item II.1.

Para transformar os anos de estudo de dados estaduais para dados por mesorregiões, foram adotadas as seguintes etapas:

- Os dados municipais dos concluintes do ensino médio foram somados por mesorregiões.
- Calculou-se a proporção de concluintes do ensino médio da mesorregião sobre a população da mesorregião.
- Aplicou-se essa proporção, por mesorregião, nos anos de estudos divulgados pelo Ipea por estado.

Assim, obtemos uma variável que representa os anos de estudo rateados por mesorregião.

II.3. PIB per capita

O PIB per capita é obtido pela razão entre o PIB da mesorregião e sua população. O PIB por mesorregião foi obtido no Ipeadata para o período de 2000 a 2005 (último ano disponível até o momento da montagem da base de dados) em mil Reais de 2000. Para 2006, repetimos o valor do ano de 2005. A população foi obtida da mesma forma que explicado no item II.1.

7 CONCLUSÕES

Estudar o desempenho do setor industrial em diferentes porções do espaço brasileiro significa buscar indicações sobre o crescimento regional no Brasil. O crescimento do produto da região e sua prosperidade econômica estão relacionados ao aumento da competitividade, sendo o cerne dessa relação, o aumento da produtividade das atividades econômicas, fator decisivo para a maior inserção de produtos e serviços nos mercados internos e externos. A indústria, um dos motores desse processo, já foi analisada por vários autores, assim como as questões de desigualdades regionais. A contribuição deste trabalho, entretanto, é realizar uma análise conjunta dessas questões, investigando o desempenho competitivo dos setores industriais nas regiões brasileiras.

Nesta oportunidade, repetimos as três grandes questões levantadas na introdução desta tese: qual é a competitividade regional e setorial da indústria brasileira? Existe algum efeito decorrente da proximidade da região a regiões mais ou menos competitivas? Qual é a influência das economias espaciais sobre essa competitividade?

A tese foi construída seguindo uma lógica que permitisse explorar essas questões. Primeiro, estudamos as metodologias que visam obter indicadores de desempenho regional e industrial. Em seguida, definimos a amostra de empresas na qual essa metodologia seria aplicada, obtendo, em sequência, os indicadores de eficiência produtiva. De posse destes resultados, dedicamos os dois últimos capítulos da tese a explorá-los.

No Capítulo Dois (“Competitividade, Produtividade e Eficiência”) discutimos as definições de desempenho econômico e os métodos possíveis para calculá-lo. Além disso, introduzimos os conceitos de competitividade, produtividade e eficiência e a relação entre eles, além de incorporarmos a importância da tecnologia nessas medidas. Tendo em vista os conceitos, expomos as metodologias apontadas na literatura para medir desempenho, como a proposta por Olley e Pakes (1996) e a metodologia de fronteiras estocásticas.

Em sequência, seria necessário aplicar a metodologia a uma base de dados. O Capítulo Três (“Amostra”) apresenta essa base. A fim de estudar a competitividade regional, definimos

como alvo de análise dentre as atividades econômicas, a indústria de transformação. Duas amostras foram formadas com os dados da Pesquisa Industrial Anual do IBGE, em um painel não balanceado de três dimensões (temporal, regional e setorial). Para a primeira amostra, usamos a classificação setorial da CNAE 1.0 no nível de dois dígitos. Para a segunda, definimos quatro grandes setores agregados de acordo com suas intensidades tecnológicas. Além disso, o capítulo descreveu as variáveis que foram utilizadas e também realizou uma análise exploratória dos dados regionais e setoriais por meio de mapas e gráficos.

Definidos a metodologia e os dados, os capítulos seguintes se dedicaram ao cálculo das estimativas de eficiência produtiva e à sua análise. Ao se tratar da indústria e variáveis como produção e insumos, é natural definirmos uma função de produção que represente a tecnologia empregada pela indústria. O Capítulo Quatro (“Função de Produção”) dedica-se a estudar funções de produção e a escolher o modelo mais adequado à nossa amostra de produção industrial. Discutimos a proposta de Olley e Pakes (1996), que trata os vieses de seleção e de simultaneidade por meio da estimação em dois estágios de um modelo estrutural dinâmico de maximização de lucros. O capítulo descreveu o modelo e definiu as equações, levando à escolha da função de produção do tipo Cobb-Douglas com um termo de tendência. A partir deste modelo, ainda utilizando a metodologia de OP, obtivemos algumas estimativas iniciais da parcela da produtividade que se mantém constante no tempo.

Definido o modelo, no Capítulo Cinco (“Fronteiras Estocásticas de Produção”) obtivemos estimativas das eficiências produtivas regionais e setoriais, utilizando a metodologia de fronteiras estocásticas. O capítulo discutiu o método e expôs os resultados por meio de indicadores de eficiência setorial e regional e análises de matrizes de transição das mesorregiões entre categorias de eficiência em diferentes instantes do tempo.

Definida a metodologia, selecionada a amostra, estudado o modelo mais apropriado de função de produção e obtidas as estimativas de desempenho setorial e regional, seguiram-se os questionamentos sobre os fatores explicativos dessas estimativas de eficiência. Nesse sentido, dada a relevância da questão regional na tese, o Capítulo Seis (“Economia Espacial e Regional”) possui dois focos. Primeiro, exploramos os efeitos da proximidade de uma região a uma boa ou má vizinhança, por meio das Cadeias Espaciais de Markov. Segundo, com base na literatura de economia espacial, verificamos se as economias de aglomeração, localização e

urbanização afetam o desempenho competitivo das atividades industriais das regiões brasileiras.

As investigações realizadas nos permitiram chegar a um conjunto de conclusões.

A indústria de transformação brasileira é bastante concentrada, pois 10 dos 23 setores da CNAE 1.0 respondem por 80% da produção, sendo que o maior setor, em termos de produção e de utilização de insumos, é o de Alimentos (15). O setor de Combustíveis (23), entretanto, foi o que mais ganhou participação relativa no total do produto industrial merecendo destaque também o setor de Metalurgia (27), enquanto Material Eletrônico e Comunicações (32) apresentou comportamento contrário. Considerando os quatro setores definidos segundo a intensidade tecnológica, embora os dois setores mais intensivos em tecnologia (AI e MAI) tenham perdido participação para os mais tradicionais (MBI e BI), ainda respondem por aproximadamente 50% da produção industrial, apesar de contratarem apenas 30% da mão de obra industrial.

Em termos regionais, a indústria ainda é bastante concentrada em torno do Sudeste e Sul do país, onde também há maior presença dos setores mais intensivos em tecnologia. Existe um movimento de industrialização expandindo-se para o Oeste, principalmente pelo sul de Goiás. No Nordeste, as mesorregiões do estado da Bahia são as de maior destaque, assim como regiões que contêm as capitais e as zonas metropolitanas. Observamos também que, à medida que diminuímos a intensidade tecnológica dos setores, há uma maior ocupação do espaço brasileiro.

O estudo das funções de produção permitiu concluir que as especificações do tipo Translog não foram satisfatórias. O modelo mais adequado, após analisarmos um conjunto de funções de produção, foi do tipo Cobb-Douglas com um termo de tendência. O estudo das funções de produção (assim como as diversas fronteiras de produção estimadas nos capítulos Cinco e Seis) nos levou às mesmas conclusões: os coeficientes estimados dos insumos trabalho e capital são positivos e significantes, mas o do capital sempre é maior que o do trabalho, sendo a magnitude dependente da amostra e da metodologia escolhida. A estimativa positiva da tendência indica que, a cada ano, com a mesma quantidade de insumos utilizados no período anterior, é possível obter mais produtos.

Em relação à produtividade e eficiência dos setores, observou-se que, em geral, os setores menos intensivos em tecnologia são menos eficientes (como Têxtil, 17, Madeira, 20 e Minerais Não Metálicos, 26) e vice-versa (Combustíveis, 23, Equipamentos de Informática, 30 e Eletrônico e Comunicação, 32). Essa relação entre eficiência e intensidade tecnológica permanece mesmo quando se consideram somente os fatores que mantêm o desempenho setorial constante no tempo, evidenciando a importância da tecnologia para o sucesso da atividade industrial. Nos resultados agregados, constatou-se que o setor de Alta Intensidade é 3,7% mais eficiente do que o setor de Média Alta, que, por sua vez, é 7,8% mais eficiente do que o setor de Média Baixa, que, por sua vez, possui quase a mesma eficiência do setor de Baixa Intensidade. Além disso, os dois setores mais intensivos possuem, relativamente, menor variabilidade nos resultados de eficiência produtiva, que foi detectada pelo menor desvio-padrão da distribuição da eficiência estimada das mesorregiões desses setores. Alta e Média Alta Intensidade Tecnológica apresentam, portanto, um desempenho mais homogêneo entre as suas mesorregiões.

Quando analisamos a evolução setorial no tempo, vimos que a maioria dos setores menos eficientes (correspondentes, em geral, aos de menor intensidade tecnológica) obteve um crescimento da eficiência no período, enquanto que a maioria dos setores de alta eficiência permaneceu praticamente na mesma situação de eficiência. Tanto o setor de Média Baixa quanto o de Baixa Intensidade destacam-se, com um crescimento de eficiência em torno de 17% no período, enquanto que Média Alta e Alta Intensidade cresceram 7,3% e 4,5%, respectivamente. A evolução anual da eficiência de cada setor mostrou que, em geral, os anos de 2001 e 2002 foram os mais turbulentos em termos de seus desempenhos, mas os níveis são recuperados até o final do período da amostra, em 2006.

Em relação à produtividade e eficiência regional, constatou-se que as mesorregiões mais eficientes tendem a localizar-se na faixa litorânea do Brasil, principalmente nos estados das regiões Sudeste, Sul e na Bahia. Apesar da concentração de elevada eficiência nessas áreas, nota-se que, na medida em que tratamos de setores mais básicos da economia, com menos requisitos tecnológicos ou que necessitam proximidade com o mercado consumidor, há maior dispersão da alta eficiência pelo espaço brasileiro. Já o oeste de São Paulo e a maioria de Minas Gerais, por outro lado, apresentam índices mais modestos de eficiência, que também caracterizam a região Sul. O Nordeste, geralmente com poucas mesorregiões participantes da amostra, é classificado por baixos índices de eficiência, salvo em suas mesorregiões

metropolitanas, que ainda se destacam, dependendo do setor. A evolução da eficiência na região é caracterizada por cenários extremos: algumas de suas mesorregiões cresceram muito em eficiência (Bahia, Rio Grande do Norte e Maranhão) ou apresentaram uma queda bastante significativa.

Além disso, percebe-se um deslocamento, ao longo do tempo, de altos índices de eficiência para as mesorregiões do Centro-Oeste em setores mais tradicionais como o de Alimentos (15), ocorrida pela grande expansão da produção agropecuária, o que também explica a eficiência do setor Químico (24) na região.

Algumas das elevadas eficiências regionais encontradas em mesorregiões do Centro Oeste, Norte, Bahia, Ceará e Maranhão são explicadas pelas suas produções industriais ainda bastante concentradas em alguns setores, como é o caso de Alimentos (15) no Centro-Oeste e Madeira (20) no Norte. Além disso, observamos que os polos industriais consolidados no espaço nacional aparecem, na maioria das vezes, entre as mesorregiões mais eficientes. É uma evidência de que as mesorregiões mais especializadas conseguem, em geral, bons níveis de eficiência, sugerindo a presença de economias de localização.

As matrizes de transição apontaram não somente que existe elevada mobilidade das mesorregiões entre as categorias de eficiência ao longo do tempo, pois mais de 60% delas mudam de posição, mas também que as mudanças ocorrem, na maioria, de forma gradual entre as categorias.

Estas análises foram capazes de responder à primeira pergunta. A partir das estimativas de eficiência de cada setor e região, pudemos observar seus padrões, inferindo sobre os desempenhos setoriais e regionais, analisando as regiões e os setores industriais mais eficientes em termos absolutos e relativos, a evolução no período, e investigando a importância da intensidade tecnológica nos resultados obtidos.

Para responder à segunda pergunta, utilizamos as Matrizes Espaciais de Markov, a partir das quais pudemos concluir que a vizinhança afeta o desempenho competitivo da região. Quando não se considera a vizinhança, há maior probabilidade das mesorregiões piorarem sua eficiência produtiva. Quando cercadas por uma boa vizinhança (elevada eficiência), entretanto, a mesorregião tem quase três vezes mais chances de melhorar sua eficiência, em

relação à probabilidade de melhora em um estado aleatório. Por outro lado, a má vizinhança aumenta em quase duas vezes a chance de fracasso. Isto indica que o *pull effect* (efeito da boa vizinhança em estimular o aumento da eficiência) é maior do que o *drag effect* (efeito da má vizinhança de retrair a eficiência), pois vizinhos mais eficientes conseguem com 45,3% de chances melhorar a eficiência da mesorregião, enquanto que vizinhos menos eficientes conseguem piorar sua eficiência com 31,0% de chances.

Esse padrão mantém-se em todos os níveis de intensidade tecnológica. A diferença entre os efeitos é maior no setor de Média Alta Intensidade (0,27 pontos percentuais), indicando que o setor apresenta menor instabilidade em relação à probabilidade de suas mesorregiões se beneficiarem do *pull effect*. É seguido pelos setores de Média Baixa e Baixa Intensidade. O setor que obtém maior sucesso, se rodeado de vizinhos mais eficientes, é o de Média Alta Intensidade Tecnológica. O setor de Baixa Intensidade, por sua vez, aparenta ser o mais negativamente influenciado pelos vizinhos, pois é o que tem maior probabilidade de piorar sua eficiência caso esteja numa vizinhança menos eficiente, apesar da probabilidade do setor de Alta Intensidade ser quase igual.

Por último, a utilização de variáveis de controle sobre a ineficiência da indústria das mesorregiões gerou uma série de conclusões sobre a influência das economias espaciais sobre o desempenho competitivo regional, que proporcionaram resposta à terceira pergunta. De uma forma geral, as economias espaciais influenciam a eficiência produtiva das mesorregiões. Seus efeitos podem variar com o tipo de economia espacial, amostra e setor analisados. As economias de aglomeração, medidas pelo tamanho da economia da região, têm influência positiva sobre a eficiência, implicando que os benefícios da aglomeração ainda são maiores que seus malefícios. Este efeito é sentido independentemente da intensidade tecnológica do setor.

Em relação às economias de urbanização, encontramos a predominância dos efeitos de congestionamento, que atuam no sentido de reduzir a eficiência das mesorregiões. Além disso, considerando a questão da intensidade tecnológica, aumentar a diversidade das atividades indústrias da mesorregião piora seu desempenho em termos de eficiência. Em outras palavras, mesorregiões mais especializadas mostraram-se mais eficientes.

As economias de localização apresentaram um efeito forte sobre a eficiência das atividades industriais das mesorregiões, sendo este resultado encontrado em várias questões analisadas ao longo da tese. As economias de localização são importantes para diminuir a ineficiência das firmas, ou seja, as mesorregiões com concentração de atividades do mesmo tipo têm vantagens sobre as que mostram uma distribuição mais diversificada de suas atividades.

Vários questionamentos surgiram ao longo da tese e muitos deles não puderam ser tratados, às vezes por limitações nos dados. A questão do sigilo do IBGE, por exemplo, dificulta a obtenção dos microdados. Além disso, há uma dificuldade de obtermos informações sociais e sistêmicas para níveis geográficos mais desagregados e que formem séries contínuas no tempo. Outras vezes, as limitações ocorrem pela necessidade de manter um foco na tese e não nos estendermos a temas que demandariam explorar uma série de outros autores, pertencentes a ramos da literatura, discussões e metodologias diferentes das tratadas aqui. A principal questão (trabalhada em partes nesta tese), e possível extensão, é tratar os dados utilizando os conceitos da econometria espacial. Esta é uma das extensões possíveis, ou seja, avançar na metodologia de fronteira estocástica por um lado, e da econometria espacial, por outro, e buscar unir as duas discussões.

Poderíamos ter tratado formas mais flexíveis da função de produção, como a Flexível de Fourier, apontada na literatura. Não o fizemos, primeiro porque não obtivemos resultados satisfatórios com a função translog, que, por sua vez, já é mais flexível do que a Cobb-Douglas. Segundo, porque a estimação do primeiro estágio da função de produção pela metodologia proposta por Olley e Pakes (1996) já incorpora muitos termos de interação necessários para resolver o modelo. Ademais, seria necessário adicionar um conjunto ainda maior de variáveis, e com isso perderíamos graus de liberdade e aumentaríamos a complexidade do sistema. Dada a relevância em analisar questões regionais da eficiência, não dedicamos o foco da tese ao estudo das funções de produção.

Por último, a análise da ineficiência pode ser realizada por diferentes conjuntos de variáveis, a depender do foco da análise. Seria possível verificar, por exemplo, como a eficiência produtiva das atividades industriais reagiria a diferentes condições de infraestrutura pública e privada, a questões tributárias e de subsídios, a variáveis financeiras como juros, câmbio e crédito etc. Além disso, poderíamos estender a análise para explorar a literatura de

localização, realizando uma análise histórica da evolução espacial dos setores da indústria brasileira.

Ainda que todos esses aspectos sejam relevantes e mereçam ser explorados, acreditamos que o conjunto de resultados encontrados nesta tese constitui uma contribuição importante à literatura sobre concentração regional da produção no Brasil. O uso dos dados originais da PIA, o tratamento em nível de mesorregião, a conformação de quatro setores com diferentes graus de intensidade tecnológica, a aplicação de fronteiras estocásticas para a estimação da competitividade regional, a utilização das cadeias espaciais de Markov e a introdução de variáveis de economia espacial na explicação dos níveis de eficiência observados constituem áreas novas que se mostraram promissoras.

REFERÊNCIAS

- AFRIAT, Sydney N. *Efficiency estimation of production functions*. **International Economic Review**. V. 13, n. 3, p. 568-598, out. 1972.
- AIGNER, Dennis J.; CHU, Shih-fan. *On estimating the industry production function*. **American Economic Review**. V. 58, n. 4, p. 826-839, sep. 1968.
- AIGNER, Dennis J. *et al.* *On the estimation of production frontiers: maximum likelihood estimation of the parameters of a discontinuous density function*. **International Economic Review**. V. 17, n. 2, p. 377-396, jun. 1976.
- AIGNER, Dennis J. *et al.* *Formulation and estimation of stochastic frontier production function models*. **Journal of Econometrics**. V. 6, n. 1, p. 21-37, jul. 1977.
- ANSELIN, Luc. *Spatial econometrics: methods and models*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1988.
- ANSELIN, Luc. *Local indicators of spatial association – LISA*. **Geographical Analysis**. V. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.
- ARROW, Kenneth J. *et al.* *Capital-labor substitution and economic efficiency*. **Review of Economics and Statistics**. V. 59, n. 3, p. 225-250, 1961.
- AZZONI, Carlos R. **Indústria e reversão da polarização no Brasil**. Série Ensaio Econômicos (58). São Paulo: Ipe-Usp, 1986.
- AZZONI, Carlos R. Sobre a necessidade da política regional, *In* KON, Anita. **Unidade e fragmentação – A questão regional no Brasil**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2002.
- AZZONI, Carlos R.; SERVO, Luciana M. Santos. *Education, costs of living and regional wage inequality in Brazil in the 90's*. **Papers in Regional Science**. V. 81, p. 157-175, 2002.
- BALDWIN, Richard; MARTIN, Philippe. *Agglomeration and regional growth*. *In* Vernon, H.J. e Thisse, J. **Handbooks of regional and urban economics**. V. 7, Amsterdam, San Diego e Oxford: Elsevier, 2004.
- BALK, Bert M. *Scale efficiency and productivity change*. **Journal of Productivity Analysis**. V. 15, p. 159-183, 2001.
- BANKER, Rajiv D. *et al.* *Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis*. **Management Science**. V. 30, n. 9, p. 1.078-1.092, sep. 1984.

BANKER, Rajiv D.; THRALL, Robert M. *Estimation of returns to scale using Data Envelopment Analysis*. **European Journal of Operational Research**. V. 62, n.1, p. 74-84, oct. 1992.

BATTESE, George E.; CORRA, Greg S. *Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia*. **Australian Journal of Agricultural Economics**. V. 21, n. 3, p. 169-179, dec. 1977.

BATTESE, George E.; COELLI, Tim J. *Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data*. **Journal of Econometrics**. V. 38, n. 3, p. 387-399, jul. 1988.

BATTESE, George E.; COELLI, Tim J. *Frontier production functions technical efficiency and panel data: with application to Paddy Farmers in India*. **Journal of Productivity Analysis**. V. 13, n. 2, p. 153-169, jun. 1992.

BATTESE, George E.; COELLI, Tim J. *A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data*. **Empirical Economics**. V. 20, n. 2, p. 325-332, jun. 1995.

BERNDT, Ernst R.; CHRISTENSEN, Laurits R. *The translog function and the substitution of equipment, structures, and labor in U.S. manufacturing 1929-1968*. **Journal of Econometrics**. V. 1, n. 1, p. 81-114, mar. 1973.

BOARI, Cristina. *Industrial clusters, focal firms and economic dynamism: a perspective from Italy*. **World Bank**. Stock No. WB 37186. Washington, 2001. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/WBI/Resources/wbi37186.pdf>>. Acesso em: 11/03/2008.

BONELLI, Regis. *Growth and productivity in Brazilian industries: impacts of trade orientation*. **Journal of Development Economics**. V. 39, n. 1, jul. 1992.

BONELLI, Regis. **Ensaio sobre política econômica e industrialização no Brasil**. Rio de Janeiro: Senai-DN/DITEC/DPEA, 1996.

BOSTIC, Raphael W. *Urban productivity and factor growth in the late 19th century*. **Journal of Urban Economics**. V.4, n. 1, pp. 38-55, jan. 1997.

CARVALHO, Paulo Gonzaga M. de. **As causas do aumento da produtividade da indústria brasileira nos Anos 90**. Rio de Janeiro, 2000. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CARVALHO, Paulo Gonzaga M. de. As vertentes teóricas da produtividade. **Revista de Economia Contemporânea**. Rio de Janeiro: UFRJ. V. 5, n. 2, p. 67-92, 2001.

CAUDILL, Steven B.; FORD, Jon M. *Biases in frontier estimation due to heteroskedasticity*. **Economic Letters**. V. 41, n. 1, p. 17-20, 1993.

CAUDILL, Steven B. *et al.* *Frontier estimation and firm-specific inefficiency measures*. **Journal of Business and Economic Statistics**. V. 13, n. 1, p. 105-111, jan. 1995.

CAVES, Douglas W. *et al.* *Multilateral comparisons of output, input and productivity using superlative index numbers*. **Economic Journal**. V. 93, n. 365, p.73-86, mar. 1982a.

CAVES, Douglas W. *et al.* *The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity*. **Econometrica**. V. 50, n. 6, p. 1.393-1.414, nov. 1982b.

CHARNES, Abraham *et al.* *Measuring the efficiency of decision-making units*. **European Journal of Operational Research**. V. 2, n. 6, p. 429-444, nov. 1978.

CHRISTALLER, Walter. *Central places in Southern Germany*. Alemanha: Fischer, 1933.

CHRISTENSEN, Laurits R. *et al.* *Transcendental logarithmic production frontiers*. **Review of Economics and Statistics**. V. 55, n. 1, p. 28-45, feb. 1973.

CICCONE, Antonio; HALL, Robert E. *Productivity and the density of economic activity*. **The American Economic Review**. V. 86, n. 1, p. 54-70, mar. 1996.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **A indústria e o Brasil: uma agenda para o crescimento**. Brasília, 2002.

COBB, Charles W.; DOUGLAS, Paul H. *A theory of production*. **American Economic Review**. V. 18, p.28-45, 1928, Supplement.

COELLI, Timothy, J. *et al.* *An introduction to efficiency and productivity analysis*, 2nd ed. United States of America: Springer, 2005.

COMBES Pierre P. *et al.* *Agglomeration and the adjustment of the spatial economy*. **Centre for Economic Performance. Discussion Paper No. 689**, may 2005.

COOMBS, Rod *et al.* *Economics and technological change*. United States of America: Rowman & Littlefield Publishers, 1987.

CORNWELL, Charles P. *et al.* *Production frontiers with cross-sectional and time-series variation in efficiency levels*. **Journal of Econometrics**. V. 46, n. 1-2, p. 185-200, oct./nov. 1990.

CUESTA, Rafael A. *A production model with firm-specific temporal variation in technical inefficiency: with application to Spanish dairy farms*. **Journal of Productivity Analysis**. V. 13, n.2, p. 139-158, mar. 2000.

DE NEGRI, João Alberto; SALERNO, Mario Sergio (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: Ipea, 2005.

DEBREU, Gerard. *The coefficient of resource utilization*. **Econometrica**. V. 19, n. 3, p. 273-292, jul. 1951.

DIXIT, Avinash K.; STIGLITZ, Joseph E. *Monopolistic competition and optimum product diversity*. **American Economic Review**. V. 67, n. 3, pp. 297-308, jun. 1977.

DURANTON, Gilles; PUGA, Diego. *Diversity and specialization in cities: why, where and when does it matter?* **Urban Studies**. V. 37, n. 3, p. 533-556, 2000.

ELLISON, Glenn.; GLAESER, Edward L. *Geographic concentration in U.S. manufacturing industries: a dartboard approach*. **Journal of Political Economy**. V. 105, n. 5, p. 889-927, 1997.

ERBER, Fábio Stefano. O padrão de desenvolvimento industrial e tecnológico e o futuro da indústria brasileira. **Revista de Economia Contemporânea**. Rio de Janeiro, UFRJ. V. 5, 2000. Edição Especial.

EXAME Melhores e Maiores: as 500 maiores empresas do Brasil. São Paulo, Editora Abril, jul. 2002.

FÄRE, Rolf *et al.* **Production frontiers**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

FARRELL, Michael J. *The measurement of productive efficiency*. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series A (General). V. 120, part 3, p. 253-281, 1957.

FORSUND, Finn R.; HJALMARSSON, Lennart. *Generalised Farrell measures of efficiency: an application to milk processing in Swedish dairy plants*. **Economic Journal**. V. 89, n.354, p. 294-315, jun. 1979.

FORSUND, Finn R.; HJALMARSSON, Lennart *Analysis of industrial structure: a Putty Clay approach*. Stockholm: Almquist & Wicksell International, 1987.

FRIED, Harold O. *et al.* **The measurement of productive efficiency and productivity change**. New York: Oxford University Press, 2008.

FUJITA, Masahisa *et al.* **The spatial economy: cities, regions, and international trade**. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.

GABRIELSEN, A. *On estimating efficient production functions*. Chr. Michelsen Institute, Department of Humanities and Social Sciences. *Working Paper No. A-85*, 1975.

GARCIA-MILA, Teresa; MCGUIRE, Therese. *Industrial mix as a factor in the growth and variability of state's economies*. **Regional Science and Urban Economics**. V. 23, n. 6, p. 731-748, dec. 1993.

GARDINER, Ben *et al.* *Competitiveness, productivity and economic growth across the European regions*. **Regional Studies**. V. 38, n. 9, p. 1045-1067, dec. 2004.

GAZETA Mercantil Balanço Anual: Brasil consolida sua inserção global. N. 29, ago. 2005.

GREENE, William H. *Maximum likelihood estimation of econometric frontier functions*. **Journal of Econometrics**. V. 13, n. 1, p. 27-56, may 1980a.

GREENE, William H. *On the estimation of a flexible frontier production model*. **Journal of Econometrics**. V. 13, n. 1, p. 101-115, may 1980b.

GREENE, William H. *A gamma distributed stochastic frontier model*. **Journal of Econometrics**. V. 46, n. 1-2, p. 141-163, 1990.

GREENE, William H. *Fixed and random effects in stochastic frontier models*. **Journal of Productivity Analysis**. V. 23, n. 1, p. 7-32, jan. 2004a.

GREENE, William H. *Distinguishing between heterogeneity and inefficiency: stochastic frontier analysis of the World Health Organization's panel data on National Health Care System*. *Working Paper No.03-10*. Department of Economics, Stern School of Business, New York University, apr. 2004b. Disponível em <<http://www.stern.nyu.edu/econ/wkpapers/workingpapers03/03-10Greene.pdf>>. Acesso em: 28/04/2008.

GREENE, William H. *Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model*. **Journal of Econometrics**. V. 126, n. 2, p. 269-303, jun. 2005.

GREENE, William H. *The econometric approach to efficiency analysis*. In FRIED, Harold O. *et al. The measurement of productive efficiency and productivity growth*. Oxford, UK, Oxford University Press, 2008.

GRIFELL-TATJÉ, Emili; LOVELL, C. A. Knox. *Profits and productivity*. **Management Science**. V. 45, n. 9, p. 1.177-1.193, sep. 1999.

GRILICHES, Zvi.; MAIRESSE, Jacques. *Production functions: the search for identification. In The Ragnar Frisch Centennial Symposium. **Econometrics and Economic Theory in the Twentieth Century***. Cambridge, Cambridge University Press, p. 169-203, 1998.

HARRIS, Richard I. D. *Measuring efficiency in New Zealand manufacturing in 1986/7 using a frontier production function approach. **New Zealand Economics Papers***. V. 27, n. 1, pp. 57-79, jun. 1993.

HILDEBRAND, George H.; LIU, Ta-Chung **Manufacturing production functions in the United States**. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1965.

HOOVER, Edgar M. *Location theory and the shoe and leather industries*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1936.

HOOVER, Edgar M. *Spatial price discrimination. **Review of Economic Studies***. V. 4, n.3, p. 182-191, jun. 1937.

HOOVER, Edgar M. *The location of economic activity*. New York: McGraw-Hill, 1948.

HORRACE, Willian C; SCHMIDT, Peter. *Confidence statements for efficiency estimates from stochastic frontier models. **Journal of Productivity Analysis***. The Netherlands, v. 7, n. 2-3, p. 257-282, 1996.

HORRACE, Willian C; SCHMIDT, Peter. *Multiple comparisons with the best, with applications to the efficiency measurement problem. **Journal of Applied Econometrics***. V. 15, n. 1, p. 1-26, 2000.

HUANG, Clief J.; LIU, Jin-Tan. *Estimation of a non-neutral stochastic frontier production function. **Journal of Productivity Analysis***. V. 5, n. 2, p. 171-180, jun. 1994.

JONDROW, James *et al.* *On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. **Journal of Econometrics***. V. 19, n. 2-3, p. 233-238, aug. 1982.

KALDOR, Nicholas. *The case for regional policies. **Scottish Journal of Political Economy***. V. 17, n. 3, nov, 1970.

KENDRICK, John W. *Understanding productivity: an introduction to the dynamics of productivity change*. Policy Studies in Employment and Welfare, n. 31, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1977.

KIM, Yangseon; SCHMIDT, Peter. *A review and empirical comparison of Bayesian and classical approaches to inference on efficiency levels in stochastic frontier models with panel data. **Journal of Productivity Analysis***. V. 14, n. 2, p. 91-98, sep. 2000.

KON, Anita. **Unidade e fragmentação** – a questão regional no Brasil. São Paulo: Editora Perspectiva, 2002.

KOOP, Gary *et al.* *A stochastic frontier analysis of output level and growth in Poland and western economies*. **Economics of Planning**. V. 33, n. 3, oct. 2000.

KOOPMANS, Tjalling C. *An analysis of production as an efficient combination of activities*. In: KOOPMANS, Tjalling C. *et al.* **Activity analysis of production and allocation** - Cowles commission for research in economics at Yale University, Monograph No. 13. New Haven, USA: Yale University Press, 1951.

KRUGMAN, Paul. **Geography and trade**. United States of America: MIT Press, 1991a.

KRUGMAN, Paul. *Increasing returns and economic geography*. **Journal of Political Economy**. V. 99, n. 3, pp. 483-499, jun. 1991b.

KRUGMAN, Paul **Zipf's law and city size**. Mimeograph. United States of America, MIT 1997.

KUMBHAKAR, Subal C. *et al.* *A generalized production frontier approach for estimating determinants of inefficiency in US dairy farms*. **Journal of Business and Economic Statistics**. V. 9, n. 3, p. 279-286, jul. 1991.

KUMBHAKAR, Subal C.; HJALMARSSON, Lennart *Labor use efficiency in Swedish social insurance offices*. **Journal of Applied Econometrics**. V. 10, n. 1, p. 33-47, 1995.

KUMBHAKAR, Subal C. *et al.* **Stochastic frontier analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

KUPFER, David; ROCHA, Frederico. Determinantes setoriais do desempenho das empresas industriais brasileiras. In DE NEGRI, João Alberto; SALERNO, Mario Sergio (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: Ipea, 2005.

LEE, Young H.; SCHMIDT, Peter *A production frontier model with flexible temporal variation in technical inefficiency*. In FRIED, Harold O. *et al.* **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University Press, 1993.

LEIBENSTEIN, Harvey. *Allocative efficiency v. "x-efficiency"*. **American Economic Review**. V. 56, n. 3, p. 392-416, jun. 1966.

LEVINSOHN, James; PETRIN, Amil. *Estimating production functions using inputs to control for unobservables*. **The Review of Economic Studies**. V. 70, n. 2, p. 317-341, apr. 2003.

LOVELL, C. A. Knox. *Production frontiers and productive efficiency*. In FRIED, Harold O. et al. **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University Press, 1993.

LÖSCH, August. **The economics of location**. New Haven, CN: Yale University Press, 1940.

MALMQUIST, Sten. *Index numbers and indifference surfaces*. **Trabajos de Estadística**. V. 4, p. 209-242, 1953.

MARROCU, Emanuela; PACI, Raffaele. *The effects of public capital on the productivity of the Italian regions*. **CRENoS. Working Paper**. Universities of Cagliari and Sassari, 2006. Disponível em <<http://crenos.unica.it/crenos/files/wp/06-13.pdf>>. Acesso em 12/03/2008.

MARSHALL, Alfred. **Principles of Economics**. 8th ed. London: Macmillan and Co, 1920.

MEEUSEN, Wim; BROECK, Julien van den. *Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error*. **International Economic Review**. V. 18, n. 2, p. 435-444, jun. 1977.

MILLER, David M. *profitability = productivity + price recovery*. **Harvard Business Review**. V. 62, n. 3, p. 145-153, may-jun. 1984.

MILLS, Edwin S. **Studies in the structure of the urban economy**. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1972.

MOOWAW, Ronald L. *Productivity and city size: a critique of the evidence*. **Quarterly Journal of Economics**. V. 96, n. 4, pp. 675-88, nov. 1981.

MOOWAW, Ronald L. *Firm location and city size: reduced productivity advantages as a factor in the decline of manufacturing in urban areas*. **Journal of Urban Economics**. V. 17, n. 1, pp. 73-89, jan. 1985.

MOOWAW, Ronald L. *Agglomeration economies: are they exaggerated by industrial aggregation?* **Regional Science and Urban Economics**. V. 28, n. 2, p.199-211, mar. 1998.

NISHIMIZU, Mieko; ROBINSON, Sherman **Productivity growth in manufacturing**. In Chenery, Hollis et al. **Industrialization and Growth: A comparative study**. Oxford: Oxford University Press, 1986.

OLLEY, G. Steven; PAKES, Ariel. *The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry*. **Econometrica**. V. 64, n. 6, p. 1263-1297, nov. 1996.

PAVCNIK, Nina. *Trade liberalization, exit and productivity improvements: evidence from Chilean plants*. **National Bureau of Economic Research. Working Paper No. 7852**, 2000.

PAUL, Catherine J. Morrison; YASAR, Mahmut. *Outsourcing, productivity and input composition at the plant level*. **Canadian Journal of Economics**. V. 42, n. 2, p. 422-439, may 2009.

PAVITT, Keith. *The process of innovation*. **SPRU Electronic Working Paper Series. Paper No. 89**, 2003.

PESQUISA INDUSTRIAL ANUAL – PIA. **Série Relatórios Metodológicos**. IBGE. V. 22, 2003.

PESQUISA INDUSTRIAL ANUAL – PIA. **Série Relatórios Metodológicos**. IBGE. V. 26, 2005.

PITT, Mark M.; LEE, Lung-Fei. *The measurement and source of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry*. **Journal of Development Economics**. V. 9, n. 1, p. 43-64, aug. 1981.

PORTER, Michael E.; KETELS, Christian H.M. *UK competitiveness: moving to the next stage*. **Economics Papers**. V. 3. London: Department of Trade and Industry, 2003.

QUADROS, Ruy *et al.* *Technological innovation in Brazilian industry: an assessment based on the São Paulo innovation survey*. **Technological Forecasting and Social Change**. New York, V. 67, n. 2-3, p. 203-219, 2001.

RAY, Subhash C.; DESLI, Evangelia. *Productivity growth, technical progress, and efficiency changes in industrialised countries: comment*. **American Economic Review**. V. 87, n. 5, p. 1033-1039, dec. 1997.

REIFSCHNEIDER, David; STEVENSON, Rodney. *Systematic departures from the frontier: a framework for the analysis of firm inefficiency*. **International Economic Review**. V. 32, n. 3, p. 715-723, aug. 1991.

REY, Sergio J. *Spatial empirics for economic growth and convergence*. **Geographical Analysis**. V. 33, n. 3, p. 194-214, 2001.

RICE, Patricia *et al.* *Spatial determinants of productivity: analysis for the regions of Great Britain*. **Regional Science and Urban Economics**. V. 36, p. 727-752, nov. 2006.

RICHMOND, James. *Estimating the efficiency of production*. **International Economic Review**. V. 15, n. 2, p. 515-521, jun. 1974.

ROSS, Sheldon M. *Stochastic processes*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc. Press, 1996.

ROSSI JR., José Luis; FERREIRA, Pedro Cavalcanti. Evolução da produtividade industrial brasileira e abertura comercial. **Texto para Discussão**. Rio de Janeiro: IPEA, n. 651, jun. 1999.

SCHMIDT, Peter. *On the statistical estimation of parametric frontier production functions*. **Review of Economics and Statistics**. V. 58, n. 2, p. 238-239, may 1976.

SCHMIDT, Peter; SICKLES, Robin C. *Production frontiers and panel data*. **Journal of Business & Economic Statistics**. V. 2, n. 4, p. 367-374, oct. 1984.

SCHOR, Adriana. **Produtividade e liberalização comercial** – firmas industriais brasileiras, 1986-1998. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

SEGAL, David. *Are there returns to scale in city size?* **Review of Economics and Statistics**. V 58, n. 3, p. 339-59, aug. 1976.

SEITZ, Wesley D. *Productive efficiency in the steam-electric generating industry*. **Journal of Political Economy**. V. 79, n. 4, p. 878-886, jul.-aug. 1971.

SHEPHARD, Ronald W. *Cost and production functions*. New Jersey, Princenton University Press, 1953.

SIMAR, Léopold; WILSON, Paul W. *Of course we can bootstrap DEA scores! But does it mean anything?"* **Journal of Productivity Analysis**. V. 11, n.1, p. 67-80, feb. 1998.

STEVENSON, Rodney E. *Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimation*. **Journal of Econometrics**. V. 13, n.1, p. 57-66, may 1980.

STONEMAN, Paul; DIEDEREN, Paul. *Technology diffusion and public policy*. **The Economic Journal**. V. 104, n. 425, p. 918-930, jul. 1994.

SVEIKAUSKAS, Leo. *The productivity of cities*. **Quarterly Journal of Economics**. V. 89, n. 3, p. 393-413, aug. 1975.

THISSE, Jacques-François. *Agglomeration and regional imbalance. Why? And is it bad?* **European Investment Bank Papers**. V. 5, n. 2, p. 47-67, 2000. Disponível em:

<<http://www.eib.org/infocentre/efs/publications/eib-papers/index.htm#V5N2>>. Acesso em: 27/11/2007.

TIMMER, C. Peter. *Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency*. **Journal of Political Economy**. V. 79, n. 4, p. 776-794, jul.-aug. 1971.

THÜNEN, Johann Heinrich von. *The isolated state*. Oxford: Pergammon Press, 1826.

TSIONAS, Efthymios G. *Combining DEA and stochastic frontier models: an empirical Bayes approach*. **European Journal of Operational Research**. V. 147, n. 3, p. 499-510, 2003.

TSIONAS, Efthymios G. *Inference in dynamic stochastic frontier models*. **Journal of Applied Econometrics**. V. 21, n. 5, p. 669-676, jul. 2006.

TVETERAS, Ragnar; BATTESE, George E. *Agglomeration externalities, productivity, and technical inefficiency*. **Journal of Regional Science**. V. 46, n. 4, p. 605-625, oct. 2006.

VALOR Econômico 1000 maiores empresas: as campeãs de 27 setores e as melhores de cada região. N. 5, ago. 2005a.

VALOR Econômico Grandes Grupos 200 Maiores: as grandes corporações brasileiras no mundo dos emergentes. N. 4, dez. 2005b.

VIOTTI, Eduardo B. *et al.* Perfil da inovação na indústria Brasileira: uma comparação internacional. In DE NEGRI, João Alberto; SALERNO, Mario Sergio (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: Ipea, 2005.

WALDMAN, Donald M. *A stationary point for the stochastic frontier likelihood*. **Journal of Econometrics**, 18, p. 275-279, 1982.

WANG, Hung-jen; SCHMIDT, Peter. *One-step and two step estimation of the effects of exogenous variables on technical efficiency levels*. **Journal of Productivity Analysis**. V. 18, n. 2, p. 129-144, sep. 2002.

WEBER, Alfred. *Theory of the location of industries*. Chicago: University of Chicago Press, 1909.

WHEATON, William C.; Lewis, Mark J. *Urban wages and labor market agglomeration*. **Journal of Urban Economics**, Vol. 51, n. 3, pp. 542-562, may 2002.

WHEELOCK, David C.; WILSON, Paul. *Technical progress, inefficiency, and productivity change in U.S. banking, 1984-1993*. **Journal of Money, Credit and Banking**. V. 21, n. 2, p. 212-234, may 1999.

WHITE, Halbert. *A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity*. **Econometrica**. V. 48, n. 4, p. 817-838, may 1980.

WINSTEN, Christopher B. *Discussion on Mr. Farrell's paper*. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series A (General). V. 130, part 3, p. 282-284, 1957.

WORLD BANK. *Brazil regional economic development – (some) lessons from experience*. Finance, Private Sector and Infrastructure Management Unit. Latin America and the Caribbean Region. United States of America : World Bank, 2005.

XUE, Mei; HARKER, Patrick T. *Overcoming the inherent dependency of DEA efficiency scoring: A bootstrap approach*. **Center for Financial Institutions**. Working Paper No. 99-17, 1999.

ZELLNER, Arnold; REVANKAR, Nagesh S. *Generalized production functions*. **Review of Economic Studies**. V. 36, n. 2, p. 241-250, apr. 1969.

ZEITSCH, John *et al.* *Comparing like with like in productivity studies: apples, oranges and electricity*. **Economic Record**. V. 70, n. 209, p. 162-170, jun. 1994.

ZOFIO, José L.; LOVELL, C. A. Knox. *Yet another Malmquist productivity index decomposition*. Mimeograph. Sydney: Department of Economics, University of New South Wales, 1999.

APÊNDICES

APÊNDICE 1: Amostra e tratamento dos dados.

APÊNDICE 2: Códigos de setores e mesorregiões.

APÊNDICE 3: Procedimento de Waldman.

APÊNDICE 4: Funções de verossimilhança das distribuições da ineficiência.

APÊNDICE 1: Amostra e tratamento dos dados

Para este estudo, usamos os dados do estrato certo da Pesquisa Industrial Anual (PIA) do IBGE para o período de 2000 a 2006⁷¹ no nível setorial “Divisão” (dois dígitos) e geográfico por mesorregiões.

A PIA teve início em 1966 e seu objetivo era prover informações acerca da estrutura industrial brasileira para os períodos intercensitários. Entre 1966 e 1995, a PIA passou por muitas reestruturações, modificando amostra e metodologia (PIA, 2005). A partir de 1996, a PIA é substituída por pesquisas anuais de base amostral, utilizando o CEMPRE (Cadastro Central de Empresas) como referência para o universo de empresas pesquisadas.

A PIA é dividida em duas pesquisas. A PIA – Produto apresenta as quantidades produzidas e vendidas, os valores de produção e de venda dos produtos e serviços industriais do Brasil, destacando os 100 maiores produtos. Já na PIA – Empresa, por meio das informações econômico-financeiras, é possível obter as características estruturais das atividades industriais das empresas e de suas unidades locais. As firmas que compõem a amostra da PIA devem ter pelo menos metade de sua renda proveniente de atividades industriais. A amostra inicial foi baseada no censo industrial de 1985, incluindo todas as maiores empresas industriais do Brasil mais uma amostra aleatória de firmas de médio porte. A empresa permanece na amostra até que seja extinta.

A PIA-Empresa fornece estatísticas das indústrias extrativas e de transformação do Brasil. A CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) detalha e classifica a estrutura industrial brasileira tanto no nível nacional quanto na dimensão regional. Esta estrutura é dividida em quatro níveis: seção, divisão, grupo e classe.

São investigadas as empresas (unidade jurídica ou razão social que engloba um conjunto de atividades econômicas exercidas em uma ou mais de uma unidade local) e as unidades locais (espaço onde as atividades econômicas ocorrem, correspondendo a um endereço da empresa). Uma empresa pode ter múltiplas unidades locais em que cada uma responde um questionário

⁷¹ Último ano disponível até o momento.

com as informações específicas do local. Essas informações servem de base para as estatísticas regionais. A partir de 1996, o foco principal da pesquisa é a empresa enquanto que as estatísticas no nível local são obtidas através de cálculos de rateio.

Os questionários da PIA-Empresa são divididos em duas partes. As empresas com 30 ou mais pessoas ocupadas devem responder o questionário do modelo completo, dividido entre as informações agregadas para a empresa e questões para cada unidade local específica. O segundo questionário da PIA-Empresa é o modelo simplificado, aplicado para empresas que contêm entre cinco e 29 pessoas ocupadas. Enquanto o levantamento para o estrato certo, isto é, empresas com 30 ou mais pessoas ocupadas, é realizado para todas as empresas sediadas no Brasil, o levantamento para as empresas entre cinco e 29 pessoas ocupadas é realizado através de uma seleção amostral destas empresas sem reposição.

Por último, vale ressaltar que o IBGE, a fim de assegurar o sigilo das informações concedidas pelas empresas, adota regras de desidentificação na divulgação dos resultados. Casos em que haja apenas um ou dois informantes na agregação demandada (nível geográfico e setorial) são censurados pelo IBGE. A perda de informações é problemática se houver algum viés sistemático das observações excluídas. Os casos podem compreender os estabelecimentos em estados menos industrializados. Portanto, se houver algum viés, ele deve ser no sentido de subestimar a produtividade e eficiência. A justificativa da escolha do nível dos dados (mesorregiões e dois dígitos da CNAE 1.0) também ocorre por causa da censura: fixando o nível geográfico, por exemplo, quanto mais detalhados forem os níveis setoriais (mais de dois dígitos), mais dados serão censurados.

Esta tese usa os dados disponíveis pela pesquisa PIA-Empresa, para o estrato certo, ou seja, empresas com 30 ou mais pessoas ocupadas, no nível de atividade de Divisão (dois dígitos) de acordo com a CNAE 1.0 para o período de 2000 a 2006. Escolhemos o estrato certo para tratarmos da produtividade e eficiência de empresas de maior porte, acima de 30 funcionários. São dados em painel (não balanceado), portanto. Todas as variáveis da pesquisa estão detalhadamente conceituadas em PIA (2005).

1.1 Regras de exclusão para setores e mesorregiões e tratamento de *outliers* – amostra geral

Para não distorcer os resultados por algum grupo de firmas isoladas (o que ocorre quando o setor é distribuído em poucas mesorregiões), definimos a seguinte regra para excluir setores com baixa representatividade no Brasil: o setor é excluído se tiver presente em menos de dez mesorregiões em todos os anos da amostra. Segundo essa regra, apenas o setor Produtos de Fumo (16) é excluído e em vez de 23 setores da indústria de transformação, a tese trabalha com 22 setores. Com isso, apenas 0,54% da amostra foi eliminada.

Em relação às mesorregiões, para que elas se mantenham na amostra com seu setor correspondente, deve haver, no mínimo, cinco unidades locais desse setor na mesorregião. Ou seja, o setor precisa de mais de cinco estabelecimentos na mesorregião para ser considerado representativo no local. Por último, para cada setor, foram excluídas as mesorregiões que estavam presentes em menos de três anos (inclusive). No final, de 7.468 observações, ficamos com um painel não balanceado com 6.035 observações (redução de 19% da amostra).

Pelas análises de gráficos e estatísticas descritivas das razões do produto sobre os insumos, capital sobre trabalho e de cada variável separadamente, foi possível detectar a presença de algumas observações aberrantes, as quais sofreram o tratamento adequado.

Tabela 29 - Observações ajustadas

Variável	Mesor-região	Setor	Ano	Procedi-mento	Variável	Mesor-região	Setor	Ano	Procedi-mento
VTI	2901	15	2004	A	K	1505	20	2000	E
VTI	3302	29	2003 e 2004	B	K	3107	20	2006	E
PO	4107	15	2001 e 2002	C	K	2605	22	2000	E
PO	5105	24	2006	C	K	3203	22	2001	E
PO	4205	26	2004	C	K	3508	23	2000	E
PO	1303	34	2003	C	K	2605	24	2003	E
EE	1101	15	2001	D	K	3507	24	2003	E
EE	1303	30	2002	D	K	3203	25	2000	E
EE	3203	31	2004	D	K	4206	25	2000	E
EE	3108	36	2003	D	K	1504	26	2003	E
EE	3507	36	2000	D	K	2202	26	2002	E
K	2907	15	2001	E	K	2301	26	2006	E
K	3204	15	2005	E	K	2302	26	2000 e 2001	E

(cont.) Observações ajustadas

Variável	Mesor-região	Setor	Ano	Procedimento	Variável	Mesor-região	Setor	Ano	Procedimento
K	3305	15	2000	E	K	2404	26	2000	E
K	3515	15	2000	E	K	2604	26	2003	E
K	4203	15	2001	E	K	3301	26	2001	E
K	4303	15	2001	E	K	3306	26	2000	E
K	3106	17	2000	E	K	3514	26	2005	E
K	3515	17	2000	E	K	3505	28	2006	E
K	4101	17	2000	E	K	5205	28	2002	E
K	5203	17	2000	E	K	2703	29	2005	E
K	1503	18	2001	E	K	3105	29	2002	E
K	2202	18	2005	E	K	4101	29	2006	E
K	2302	18	2001 e 2002	E	K	3306	32	2006	E
K	3110	18	2005	E	K	3502	34	2004	E
K	3302	18	2000	E	K	4305	34	2004	E
K	3502	18	2003	E	K	5203	34	2004	E
K	4305	18	2001	E	K	2603	36	2001	E
K	3204	19	2000	E	K	2605	36	2006	E
K	1102	20	2000	E	K	2907	36	2006	E
K	1501	20	2000	E	K	4103	36	2005	E
K	1502	20	2003	E	K	4107	36	2001	E
					K	5301	36	2002	E

As médias anuais abaixo são obtidas pelos seis anos adjacentes ao ano que precisa de tratamento, considerando os dados de 1996 a 2006.

A: VTI obtido pela média da proporção do VBP em relação ao Consumo de Matérias-Primas (CMP) e Estoque de Capital.

B: VTI obtido pela média anual da proporção do VBP em relação ao CMP.

C: PO obtido pela média anual da proporção do VBP em relação ao PO.

D: EE obtido pela média anual da proporção do VBP em relação ao EE.

E: Estoque de Capital obtido pela média anual da proporção do VBP em relação ao Estoque de Capital.

F: Unidade Local obtida pela média da proporção do VBP e do PO em relação à UL.

1.2 Regras de exclusão e tratamento de *outliers* – amostra por intensidade tecnológica

A amostra “Amostra por Intensidade Tecnológica” foi obtida diretamente do IBGE agregando os setores de acordo com o item 2.2 do Apêndice 2. A regra de exclusão para estes dados foi remover as mesorregiões que tenham menos de dez unidades locais (exclusive), em cada setor, para todos os anos. De 2.828 observações, perdem-se 426 observações (15% da amostra).⁷² A Tabela 30 resume os procedimentos aplicados às mesorregiões, sendo que a letra do procedimento indica o mesmo método do item 1.1 anterior.

Tabela 30 - Observações ajustadas

Variável	Mesor-região	Setor	Ano	Procedi-mento	Variável	Mesor-região	Setor	Ano	Procedi-mento
VTI	3103	MAI	2000	A	UL	4205	AI	2004	F
PO	1101	BI	2003	C	UL	3111	MAI	2003	F
EE	2703	AI	2001	D	UL	2901	BI	2003	F
K	4307	AI	2003	E	UL	3505	BI	2004	F
K	4305	MAI	2004	E	UL	3507	BI	2002	F
K	1504	MBI	2003	E	UL	3511	BI	2002	F
K	1701	MBI	2005	E	UL	4202	BI	2002	F
K	3305	BI	2004	E	UL	4203	BI	2005	F
K	3508	BI	2004	E	UL	5204	BI	2003	F
K	3103	MBI	2006	E					

1.3 Deflação

A Tabela 31 descreve os índices setoriais do IPA, da Fundação Getúlio Vargas, utilizados para deflacionar os setores da PIA do IBGE.

⁷² Mesorregião 3106 do setor MBI também foi excluída, apesar de não seguir a regra de exclusão. Sua remoção, entretanto, deve-se ao procedimento de Waldman, descrito no Apêndice 3.

Tabela 31 - Correspondência de setores da PIA – IBGE e IPA - FGV

PIA	IPA - OG
15 - Fabricação de produtos alimentícios e bebidas	66,70 – Bebidas + Origem Vegetal e Animal
16 - Fabricação de Produtos de Fumo	69 – Fumo
17 - Fabricação de Produtos Têxteis	60,61,62,65 – Tecido e Artefatos Têxteis + Malharia + Tecidos e Fios Naturais + Outros
18 - Confeção de Artigos de Vestuário e Acessórios	63 – Vestuário
19 - Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	64,52 – Calçados + Couros e Peles
20 - Fabricação de produtos de madeira	45 – Madeira
21 - Fabricação de Celulose, Papel e Produtos de Papel	50 – Papel e Papelão
22 - Edição, impressão e reprodução de gravações	29 – Índice Geral da Indústria de Transformação
23 - Fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool	54 – Combustíveis de Lubrificantes
24 - Fabricação de Produtos Químicos	53,81,82 – Total Química + Produtos Farmacêuticos + Perfumaria, Sabões e Velas.
25 - Fabricação de artigos de borracha e plástico	51,83 – Borracha + Produtos de Matérias Plásticas
26 - Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	30 – Calcário e Silicato/ Minerais Não Metálicos (nomenclatura mudou a partir de 2002 inclusive)
27 - Metalurgia Básica	31 – Metalurgia
28 - Fabricação de produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	31 – Total Metalurgia (Ferro, Aço e Derivados + Metais Não-Ferrosos)
29 - Fabricação de máquinas e equipamentos	34 – Mecânica
30 - Fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática	36,37 – Máquinas e Equip. Industriais + Outros
31 - Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	38 – Material Elétrico (Eletrodomésticos, Motores e Geradores)
32 - Fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações	38 – Material Elétrico (Eletrodomésticos, Motores e Geradores)
33 - Fabricação de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios	36,37 – Máquinas e Equip. Industriais + Outros
34 - Fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias	43 – Veículos a Motor
35 - Fabricação de outros equipamentos de transporte	44 – Outros Veículos
36 - Fabricação de móveis e indústrias diversas	46 – Total Mobiliário
37 - Reciclagem	29 – Índice Geral da Indústria de Transformação

APÊNDICE 2: Códigos de setores e mesorregiões

2.1 Classificação dos setores da CNAE 1.0 - IBGE

Código	Descrição do Setor
15	Fabricação de Produtos Alimentícios e Bebidas
16	Fabricação de Produtos de Fumo
17	Fabricação de Produtos Têxteis
18	Confecção de Artigos do Vestuário e Acessórios
19	Preparação de Couros e Fabricação de Artefatos de Couro, Artigos de Viagem e Calçados
20	Fabricação de Produtos de Madeira
21	Fabricação de Celulose, Papel e Produtos de Papel
22	Edição, Impressão e Reprodução de Gravações
23	Fabricação de Coque, Refino de Petróleo, Elaboração de Combustíveis Nucleares e Produção de Álcool
24	Fabricação de Produtos Químicos
25	Fabricação de Artigos de Borracha e Plástico
26	Fabricação de Produtos de Minerais não-Metálicos
27	Metalurgia Básica
28	Fabricação de Produtos de Metal – Excluídas Máquinas e Equipamentos
29	Fabricação de Máquinas e Equipamentos
30	Fabricação de Máquinas para Escritório e Equipamentos de Informática
31	Fabricação de Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos
32	Fabricação de Material Eletrônico e de Aparelhos e Equipamentos de Comunicações
33	Fabricação de Equipamentos de Instrumentação Médico-Hospitalares, Instrumentos de Precisão e Ópticos, Equipamentos para Automação Industrial, Cronômetros e Relógios
34	Fabricação e Montagem de Veículos Automotores, Reboques e Carrocerias
35	Fabricação de Outros Equipamentos de Transporte
36	Fabricação de Móveis e Indústrias Diversas
37	Reciclagem

Fonte: IBGE.

2.2 Classificação dos setores da CNAE 1.0 de acordo com o grau de intensidade tecnológica

Classificação	Divisões e Agregações	CNAE 1.0
Alta Intensidade Tecnológica (AI)	Outros equipamentos de transporte	35
	Equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios	33
	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	31
	Material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações	322, 323
	Máquinas para escritório e equipamentos de informática	30
	Máquinas e equipamentos	29
	Veículos automotores, reboques e carrocerias	341 a 343, 345
	Refino de Petróleo	232
Média Alta Intensidade Tecnológica (MAI)	Material eletrônico básico	321
	Produtos do fumo	16
	Produtos químicos	24
	Peças e acessórios para veículos	344
	Produtos diversos	369
	Celulose e outras pastas para a fabricação de papel	211
Média Baixa Intensidade Tecnológica (MBI)	Produtos siderúrgicos	27
	Artigos de borracha e plástico	25
	Produtos de metal	28
	Papel, embalagens e artefatos de papel	212 a 214
	Produtos de minerais não-metálicos	26
	Couros, artefatos de couros, artigos de viagem e calçados	19
Baixa Intensidade Tecnológica (BI)	Produtos têxteis	17
	Produtos alimentícios e Bebidas	15
	Artigos do mobiliário	361
	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	18
	Produtos de madeira	20
	Edição, impressão e reprodução de gravações	22
	Coque, álcool e elaboração de combustíveis nucleares	231, 233, 234

Fonte: PIA, 2003.

2.3 Classificação das mesorregiões⁷³

Código	Mesorregião	Código	Mesorregião	Código	Mesorregião
1101	Madeira-Guaporé	2602	São Francisco Pernambucano	3508	Presidente Prudente
1102	L Rondoniense	2603	Agreste Pernambucano	3509	Marília
1201	Vale do Juruá	2604	Mata Pernambucana	3510	Assis
1202	Vale do Acre	2605	Metrop. de Recife	3511	Itapetininga
1301	N Amazonense	2701	Sertão Alagoano	3512	Macro Metrop. Paulista
1302	SO Amazonense	2702	Agreste Alagoano	3513	Vale do Paraíba Paulista
1303	C Amazonense	2703	L Alagoano	3514	Litoral S Paulista
1304	S Amazonense	2801	Sertão Sergipano	3515	Metrop. de São Paulo
1401	N de Roraima	2802	Agreste Sergipano	4101	NO Paranaense
1402	S de Roraima	2803	L Sergipano	4102	C Ocidental Paranaense
1501	Baixo Amazonas	2901	Extremo O Baiano	4103	N Central Paranaense
1502	Marajó	2902	Vale São-Franciscano da Bahia	4104	N Pioneiro Paranaense
1503	Metrop. de Belém	2903	C N Baiano	4105	C Oriental Paranaense
1504	Nordeste Paraense	2904	Nordeste Baiano	4106	O Paranaense
1505	SO Paraense	2905	Metrop. de Salvador	4107	SO Paranaense
1506	Sudeste Paraense	2906	C S Baiano	4108	C-S Paranaense
1601	N do Amapá	2907	S Baiano	4109	Sudeste Paranaense
1602	S do Amapá	3101	NO de Minas	4110	Metrop. de Curitiba
1701	Ocidental do Tocantins	3102	N de Minas	4201	O Catarinense
1702	Oriental do Tocantins	3103	Jequitinhonha	4202	N Catarinense
2101	N Maranhense	3104	Vale do Mucuri	4203	Serrana
2102	O Maranhense		Triângulo Mineiro/Alto		
2103	C Maranhense	3105	Paranaíba	4204	Vale do Itajaí
2104	L Maranhense	3106	Central Mineira	4205	Grande Florianópolis
2105	S Maranhense	3107	Metrop. de Belo Horizonte	4206	S Catarinense
2201	N Piauiense	3108	Vale do Rio Doce	4301	NO Rio-grandense
2202	C-N Piauiense	3109	O de Minas	4302	Nordeste Rio-grandense
2203	SO Piauiense	3110	S/SO de Minas	4303	C Ocidental Rio-grandense
2204	Sudeste Piauiense	3111	Campo das Vertentes	4304	C Oriental Rio-grandense
2301	NO Cearense	3112	Zona da Mata	4305	Metrop. de Porto Alegre
2302	N Cearense	3201	NO Espírito-santense	4306	SO Rio-grandense
2303	Metrop. de Fortaleza	3202	Litoral N Espírito-santense	4307	Sudeste Rio-grandense
2304	Sertões Cearenses	3203	Central Espírito-santense	5001	Pantaneiros S Mato-grossense
2305	Jaguaribe	3204	S Espírito-santense	5002	C N de Mato Grosso do S
2306	C-S Cearense	3301	NO Fluminense	5003	L de Mato Grosso do S
2307	S Cearense	3302	N Fluminense	5004	SO de Mato Grosso do S
2401	O Potiguar	3303	C Fluminense	5101	N Mato-grossense
2402	Central Potiguar	3304	Baixadas	5102	Nordeste Mato-grossense
2403	Agreste Potiguar	3305	S Fluminense	5103	SO Mato-grossense
2404	L Potiguar	3306	Metrop. do Rio de Janeiro	5104	C-S Mato-grossense
2501	Sertão Paraibano	3501	São José do Rio Preto	5105	Sudeste Mato-grossense
2502	Borborema	3502	Ribeirão Preto	5201	NO Goiano
2503	Agreste Paraibano	3503	Araçatuba	5202	N Goiano
2504	Mata Paraibana	3504	Bauru	5203	C Goiano
2601	Sertão Pernambucano	3505	Araraquara	5204	L Goiano
		3506	Piracicaba	5205	S Goiano
		3507	Campinas	5301	Distrito Federal

Fonte: IBGE.

⁷³ Abreviamos C para Centro e as demais abreviações correspondem às coordenadas geográficas.

APÊNDICE 3: Procedimento de Waldman

Waldman (1982) mostrou ser necessário verificar a assimetria dos resíduos da estimação da função de produção a fim de aplicar corretamente a metodologia de fronteira estocástica. Para tal, a assimetria deve ser negativa. Dado que estimaremos fronteiras de produção para a indústria de transformação brasileira, é preciso antes estimar funções de produção, calcular a assimetria dos resíduos e, se necessário, ajustar os dados ao modelo de fronteira estocástica.

A estimação da função de produção logarítmica do tipo Cobb-Douglas usa como produto o Valor da Transformação Industrial e como insumos, a média no ano do Total do Pessoal Ocupado, Estoque de Capital e a tendência. A função translog completa possui a mesma especificação mais os termos quadráticos e de interação dos insumos. Para realizar o procedimento de Waldman, primeiro, estima-se a função de produção por Mínimos Quadrados Ordinários com todas as observações da amostra. Em seguida, checa-se a assimetria dos resíduos dessa estimação. Se esta estiver errada, ou seja, for positiva, buscam-se, na amostra, quais observações provocaram tal problema (a observação cujo resíduo possui o maior valor positivo) para verificar se não é o caso de alguma observação aberrante a ser tratada. É possível, entretanto, que o setor não precise de ajuste algum.

A checagem da assimetria dos resíduos das funções de produção foi realizada para todos os modelos descritos na Tabela 3 do Capítulo 4. Todos os resultados indicaram assimetria negativa da distribuição dos resíduos da função de produção, indicando que o modelo de fronteira estocástica é adequado às amostras. Por simplicidade, reportamos aqui somente os resultados do modelo Cobb-Douglas com tendência simples, que é o escolhido para as análises realizadas.

Tabela 32 - Assimetria dos resíduos da estimação da função de produção Cobb-Douglas com um termo de tendência

Amostra	Assimetria
Amostra Geral	-0,4352464
Amostra por Intensidade Tecnológica	-0,6993343

APÊNDICE 4: Funções de verossimilhança das distribuições da ineficiência

4.1 Half-Normal

Suposições sobre a distribuição do erro composto.

$$v_i \sim iidN(0, \sigma_v^2)$$

$$u_i \sim iidN^+(0, \sigma_u^2)$$

v_i e u_i são distribuídos independentemente um do outro e dos regressores. A função de verossimilhança foi re-parametrizada pelos autores:

$$\ln L(\beta, \sigma, \lambda) = -\frac{N}{2} \ln \left(\frac{\pi \sigma^2}{2} \right) + \sum_{i=1}^N \ln \Phi \left(-\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2$$

$$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$$

$$\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$$

Em que:

$\Phi(x)$: função distribuição acumulada da normal padrão avaliada em x .

$\lambda \rightarrow \infty : \sigma_u \gg \sigma_v$: resulta na fronteira determinística, pois a participação do erro simétrico no erro composto é muito pequena.

$\lambda \rightarrow 0 : \sigma_u = 0$: implica que não há ineficiência e que todas as firmas operam na fronteira de produção.

As condições de primeira ordem são não lineares e não podem ser facilmente resolvidas para os parâmetros, adotando-se a otimização iterativa para encontrar os valores que maximizam a função de verossimilhança.

Battese e Corra (1977) optaram por uma parametrização distinta⁷⁴:

$$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$$

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2}$$

⁷⁴ Esta parametrização também é preferencialmente adotada por W. Greene em vários de seus trabalhos e pelos programas computacionais Limdep e Frontier.

$\gamma = 0$: não há ineficiência técnica.

$\gamma = 1$: todo desvio da fronteira é devido à ineficiência técnica (fronteira determinística).

4.2 Exponencial

A estimação também ocorre pelo método de Máxima Verossimilhança em que θ é o parâmetro positivo na função de verossimilhança da distribuição exponencial:

$$\ln L(\beta, \sigma_u, \sigma_v) = \sum_{i=1}^N \left[-\ln \sigma_u + \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma_v}{\sigma_u} \right)^2 + \ln \Phi \left(\frac{-\left(\varepsilon_i + \frac{\sigma_v^2}{\sigma_u^2} \right)}{\sigma_v} \right) + \frac{\varepsilon_i}{\sigma_u} \right]$$

4.3 Gama

A forma mais simples da função de verossimilhança da gama, baseada na exponencial é dada por:

$$\ln L(\beta, \sigma_u, \sigma_v) = \ln L_{\text{exponencial}} + \sum_{i=1}^N \left[-(P-1) \ln \sigma_u - \ln \Gamma(P) + \ln q(P-1, \varepsilon_i) \right]$$

$$q(i, \varepsilon_i) = E[z^i \mid z > 0, \varepsilon_i], \quad z \sim N \left[-\varepsilon_i + \frac{\sigma_v^2}{\sigma_u^2}, \sigma_v^2 \right]$$

Em que:

$\ln L_{\text{exponencial}}$: função de verossimilhança da distribuição exponencial

$q(i, \varepsilon_i)$: momento fracional da distribuição normal truncada;

P : parâmetro da distribuição gama.

- $P = 1$: o segundo termo da direita da função de verossimilhança é zero e a distribuição é igual à exponencial.
- $P < 1$: concentração das observações em torno do zero.
- $P > 1$: a distribuição descola-se do zero, sendo o caso mais plausível para detectar ineficiência em modelos de fronteira estocástica.

4.4 Normal Truncada

A função de verossimilhança é dada por:

$$\ln L(\beta, \sigma, \lambda, \mu) = -N \left[\ln \sigma + \frac{1}{2} \ln 2\pi + \ln \Phi \left(\frac{\mu}{\sigma_u} \right) \right] + \sum_{i=1}^N \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\varepsilon_i + \mu}{\sigma} \right)^2 + \ln \Phi \left(\frac{\mu}{\sigma \lambda} - \frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right) \right]$$

Em que:

μ : média da distribuição de u ;

$$\sigma_u = \frac{\lambda \sigma}{\sqrt{1 + \lambda^2}}$$

O Quadro 17 ilustra comportamento das diferentes distribuições que podem ser adotadas para u .

Quadro 17 - Distribuições do termo de ineficiência u
Normal e Exponencial Gama

Fonte: FRIED *et al*, 2008, p. 120, 125 e 164.