



NÚMERO: 247/2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

ANDRÉ TORTATO RAUEN

**Recente dinâmica espacial da indústria de alta tecnologia: uma tipologia
baseada na intensidade de P&D e no desempenho comercial**

Tese apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Política Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. André Tosi Furtado.

CAMPINAS - SÃO PAULO
Maio – 2011

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca do Instituto de Geociências/UNICAMP

Rauen, André Tortato.
R191r Recente dinâmica espacial da indústria de alta tecnologia : uma
tipologia baseada na intensidade de P&D e no desempenho comercial /
André Tortato Rauen-- Campinas,SP.: [s.n.], 2011.

Orientador: André Tosi Furtado.

Tese (doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Geociências.

1. Indústria de alta tecnologia. 2. Comercio internacional. 3.
Geografia econômica. I. Furtado, André Tosi. II. Universidade
Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. III. Título.

Título em ingles: Recent spatial dynamics of high-tech industry : a taxonomy based on R&D
intensity and trade performance.

.Keywords: - High-tech industry;
- International trade;
- Economic geography.

Área de concentração:

Titulação: Doutor em Política Científica e Tecnológica.

Banca examinadora: - André Tosi Furtado;

- David Kupfer;

- Fernando Sarti;

- Roberto Carlos Bernardes;

- Sérgio Robles Reis de Queiroz.

Data da defesa: 16/05/2011

Programa de Pós-graduação em PC&T – Política Científica e Tecnológica



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

AUTOR: André Tortato Rauen

“Recente dinâmica espacial da indústria de alta tecnologia: uma tipologia baseada na intensidade de P&D e no desempenho comercial”

ORIENTADOR: Prof. Dr. André Tosi Furtado

Aprovada em: 16 / 05 / 2011

EXAMINADORES:

Prof. Dr. André Tosi Furtado

- Presidente

Prof. Dr. David Sergio Kupfer

Prof. Dr. Roberto Carlos Bernardes

Prof. Dr. Fernando Sarti

Prof. Dr. Sérgio Robles Reis de Queiroz

Campinas, 16 de maio de 2011

Agradecimentos

Em primeiro lugar, preciso agradecer à minha esposa Cristiane, cuja paciência para com meu humor e com minha falta de interesse em assuntos que não os relacionados a esta tese foi enorme. Também agradeço ao meu orientador André Tosi Furtado pela atenção despendida em todos estes seis anos de mestrado e doutorado. Acredito que me orientar não foi tarefa fácil, principalmente pela dinâmica caótica e confusa pela qual minha mente funciona. Mesmo assim, o Professor foi calmo e solícito, sempre me mostrando um lado não visto do problema. No processo de dar forma ao trabalho, foram também importantes os professores Sérgio Queiroz e Fernando Sarti, ambos cientistas que considero entre os melhores do País e nos quais me inspiro no sentido de construir minha própria carreira. É claro que não poderia deixar de agradecer a meus colegas do DPCT pela companhia e pelas boas discussões, algumas delas inseridas neste trabalho. Além disso, agradeço às secretárias Valdirene e Adriana, da Secretária de Pós-Graduação e do DPCT, respectivamente, que foram muito atenciosas em todo o meu período de estudos e a elas sou grato. Finalmente, agradeço ao CNPq pela bolsa de doutorado concedida.

Sumário

INTRODUÇÃO	I
1. INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA: DEFINIÇÕES E CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO	11
1.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA.....	11
1.2 ATIVIDADES DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO SEGUNDO A OCDE.....	27
1.2.1 <i>Classificação de intensidade tecnológica da OCDE.....</i>	<i>29</i>
2. UMA ABORDAGEM HETERODOXA DA LOCALIZAÇÃO DE ATIVIDADES DE ALTA TECNOLOGIA	45
2.1 UMA PERSPECTIVA HETERODOXA DO COMÉRCIO INTERNACIONAL E A TEORIA DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO.....	46
2.2 A OPÇÃO GLOBAL E A FRAGMENTAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE ALTA TECNOLOGIA	63
2.2.1 <i>O processo produtivo fragmentado</i>	<i>70</i>
2.3 TEORIA EVOLUCIONÁRIA DO COMÉRCIO INTERNACIONAL	89
2.3.1 <i>Trajétórias tecnológicas e as especificidades da indústria de alta tecnologia.....</i>	<i>92</i>
2.3.2 <i>Tipologia de sistemas nacionais de inovação.....</i>	<i>98</i>
2.4 VETORES E MECÂNICA DA LOCALIZAÇÃO INTERNACIONAL DE ATIVIDADES INDUSTRIAIS DE ALTA TECNOLOGIA.....	100
2.4.1 <i>A moderna divisão internacional do trabalho em setores de alta tecnologia</i>	<i>110</i>
3. METODOLOGIA DO EXERCÍCIO EMPÍRICO.....	119
3.1 UNIVERSO DE ANÁLISE.....	119
3.2 INDICADORES SELECIONADOS E CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO	122
3.3 LIMITAÇÕES E RESSALVAS	127
4. DINÂMICA LOCACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA: UM EXERCÍCIO EMPÍRICO	129
4.1 PAÍSES LÍDERES TECNOLÓGICOS SUPERAVITÁRIOS.....	130
4.2 PAÍSES LÍDERES TECNOLÓGICOS DEFICITÁRIOS	144
4.3 PAÍSES SEGUIDORES TECNOLÓGICOS SUPERAVITÁRIOS	160
4.4 PAÍSES SEGUIDORES TECNOLÓGICOS DEFICITÁRIOS.....	174
4.5 EXTRAPOLAÇÕES E UM PANORAMA GLOBAL	190
CONCLUSÕES.....	197
ANEXO ESTATÍSTICO	211
BIBLIOGRAFIA	227

Índice de Tabelas

TABELA 1.1 – INTENSIDADE TECNOLÓGICA AGREGADA, POR SETORES INDUSTRIAIS SELECIONADOS (% DO VTI). OCDE, 1991 E 1999.....	33
TABELA 1.2 – INTENSIDADE TECNOLÓGICA AGREGADA, POR SETORES INDUSTRIAIS SELECIONADOS (% DO VBP). OCDE, 1991-1999	35
TABELA 1.3 - INTENSIDADE TECNOLÓGICA AGREGADA, POR GRUPOS DE INTENSIDADE (% DO VBP). OCDE, 1991-1999	36
TABELA 3.1 – PAÍSES SELECIONADOS E SUAS POSIÇÕES EM TERMOS DE VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE SETORES DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ CORRENTES E % DO TOTAL), 2006.....	121
TABELA 3.2 – INDICADORES SELECIONADOS, SEGUNDO PAÍSES, FONTES E MOEDA	124
TABELA 3.3 – INTENSIDADE TECNOLÓGICA E SALDO COMERCIAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR PAÍSES SELECIONADOS (% E US\$ CORRENTES). 2006.....	125
TABELA 3.4 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO NÍVEL TECNOLÓGICO E COMÉRCIO EXTERIOR EM SETORES DE ALTA TECNOLOGIA	126
TABELA 4.1 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO NÍVEL TECNOLÓGICO E COMÉRCIO EXTERIOR EM SETORES DE ALTA TECNOLOGIA, RESULTADO EMPÍRICO	130
TABELA 4.2 – PRODUÇÃO, INTENSIDADE TECNOLÓGICA E SALDO COMERCIAL (US\$ E % DO VBP). INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA. PAÍSES LÍDERES TECNOLÓGICOS SUPERAVITÁRIOS, 2006.....	131
TABELA 4.3 – PRINCIPAIS EMPRESAS INDUSTRIAIS, POR VENDAS LÍQUIDAS, EMPREGO E GASTOS EM P&D. ALEMANHA, 2005	138
TABELA 4.4– PRODUÇÃO, INTENSIDADE TECNOLÓGICA E SALDO COMERCIAL (US\$ E % DO VBP). INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA. PAÍSES LÍDERES TECNOLÓGICOS DEFICITÁRIOS, 2006	145
TABELA 4.5– PRODUÇÃO, INTENSIDADE TECNOLÓGICA E SALDO COMERCIAL (US\$ E % DO VBP). INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA. PAÍSES LÍDERES TECNOLÓGICOS SUPERAVITÁRIOS, 2006.....	161
TABELA 4.6 – PRODUÇÃO, INTENSIDADE TECNOLÓGICA E SALDO COMERCIAL (US\$ E % DO VBP). INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA. PAÍSES SEGUIDORES TECNOLÓGICOS DEFICITÁRIOS, 2006.....	175
TABELA 4.7 – FONTES DE INFORMAÇÃO PARA A INOVAÇÃO, SEGUNDO FONTES SELECIONADAS E LOCALIZAÇÃO DAS FONTES (% DAS EMPRESAS INOVADORAS). BRASIL, 2006-2008	184

Índice de Figuras

FIGURA 2.1 – PRODUÇÃO, CONSUMO, EXPORTAÇÕES E IMPORTAÇÕES, POR TIPO DE PAÍSES E ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO DO PRODUTO	57
FIGURA 2.2 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE UMA INTERPRETAÇÃO DO MODELO DE CICLO DE VIDA INTERNACIONAL DO PRODUTO	58
FIGURA 2.3 – CADEIA PRODUTIVA FRAGMENTADA DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA	74
FIGURA 2.4 – CICLO DE VIDA DE PRODUTOS DE ALTA TECNOLOGIA.....	106
FIGURA 2.5 – ETAPAS PRODUTIVAS DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA E PAÍSES QUE AS REALIZAM.....	107
FIGURA 4.1 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DOS SETORES NA COMPOSIÇÃO DO VALOR ADICIONADO TOTAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA. ALEMANHA, 2000-2007	135
FIGURA 4.2 – TITULADOS DOUTORES EM ENGENHARIAS, POR PAÍSES SELECIONADOS DA OCDE, 2008	137
FIGURA 4.3 – ÍNDICE DE ESPECIALIZAÇÃO DAS EXPORTAÇÕES ALEMÃS TOTAIS RELATIVA À OCDE, POR SETORES DE ALTA TECNOLOGIA (EM %). 2008	139
FIGURA 4.4 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DA UNIÃO EUROPEIA COMO DESTINO DAS EXPORTAÇÕES ALEMÃS, POR SETORES DE ALTA TECNOLOGIA (EM %). 2000-2008	141
FIGURA 4.5 – GASTOS COM SEGURO DESEMPREGO, PAÍSES SELECIONADOS DA OCDE (EM PERCENTUAL DO PIB), 2007	142
FIGURA 4.6 – SALDO COMERCIAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR SETORES (EM US\$ CORRENTES). ALEMANHA, 2000-2008	143
FIGURA 4.7 – GASTOS EM P&D DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR PAÍSES SELECIONADOS (US\$ CORRENTES). 2006.....	148
FIGURA 4.8 – GASTOS EM P&D DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR SETORES INDUSTRIAIS E PAÍSES SELECIONADOS (US\$ CORRENTES). 2006.....	149
FIGURA 4.9 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL NAS PATENTES MUNDIAIS TRIÁDICAS EM ÁREAS TECNOLÓGICAS SELECIONADAS, POR PAÍSES SELECIONADOS (EM %). 2006	151
FIGURA 4.10 – PATENTES CONCEDIDAS, SEGUNDO ÁREA TECNOLÓGICA. ESTADOS UNIDOS, 1995-2008.....	152
FIGURA 4.11 – MERCADO CONSUMIDOR (CONSUMO APARENTE) DE PRODUTOS INSERIDOS EM SETORES DE ALTA TECNOLOGIA, POR PAÍSES SELECIONADOS (US\$ CORRENTES). 2006.....	153
FIGURA 4.12 – EVOLUÇÃO DO MERCADO CONSUMIDOR (CONSUMO APARENTE) DE PRODUTOS INSERIDOS EM SETORES DE ALTA TECNOLOGIA, POR SETORES DA ALTA TECNOLOGIA (US\$ CORRENTES). ESTADOS UNIDOS, 2002-2006.....	154
FIGURA 4.13 – SALÁRIO MÉDIO ANUAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR PAÍSES SELECIONADOS (US\$ CORRENTES ANUAIS). 2006	156
FIGURA 4.14 – EVOLUÇÃO DO SALÁRIO MÉDIO ANUAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR SETORES DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ CORRENTES ANUAIS). ESTADOS UNIDOS, 2000-2006.....	157
FIGURA 4.15 – SALDO COMERCIAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR PAÍSES SELECIONADOS E GRUPO SELECIONADO DE PAÍSES (US\$ MILHÕES CORRENTES). 1995-2006	158
FIGURA 4.16 – SALDO COMERCIAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR SETORES DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ MILHÕES CORRENTES). ESTADOS UNIDOS, 1995-2008	159
FIGURA 4.17 – P&D TOTAL (% DO PIB). CHINA, 1991-2006.....	165
FIGURA 4.18 – EVOLUÇÃO DO INVESTIMENTO DIRETO EXTERNO, POR PAÍSES ASIÁTICOS SELECIONADOS (US\$ MILHÕES CORRENTES). 1980-2009	167
FIGURA 4.19 – CONSUMO APARENTE E EXPORTAÇÕES, INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ MILHÕES CORRENTES). CHINA, 1995-2007	168
FIGURA 4.20 – PARTICIPAÇÃO DAS IMPORTAÇÕES PROVENIENTES DA CHINA NAS IMPORTAÇÕES TOTAIS DOS ESTADOS UNIDOS (% DO TOTAL). INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, 2000-2008	171
FIGURA 4.21 – PARTICIPAÇÃO DAS IMPORTAÇÕES PROVENIENTES DA CHINA NO MERCADO CONSUMIDOR DOS ESTADOS UNIDOS, INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA (EM % DO MERCADO CONSUMIDOR). 2000-2006	171
FIGURA 4.22 – SALDO COMERCIAL DA INDÚSTRIA CHINESA DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ MILHÕES CORRENTES), POR SETORES INDUSTRIAIS. 1995-2008.....	172

FIGURA 4.23 – FORMADOS EM CURSO UNIVERSITÁRIO, POR ÁREA DE ATUAÇÃO (EM % DO TOTAL). BRASIL, 2008	179
FIGURA 4.24 – PARTICIPAÇÃO DO INVESTIMENTO PÚBLICO DA UNIÃO NO PIB. BRASIL, 1980-2005 (EM % DO PIB)	181
FIGURA 4.25 – INTENSIDADE DA P&D, INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA (% DO VBP). PAÍSES SELECIONADOS, 2006	182
FIGURA 4.26 – FONTES SELECIONADAS DE INFORMAÇÃO PARA A INOVAÇÃO (% DAS EMPRESAS INOVADORAS QUE CONFERIRAM IMPORTÂNCIA PELO MENOS ALTA ÀS FONTES SELECIONADAS). BRASIL, 2006-2008	183
FIGURA 4.27 – PRODUTIVIDADE DO TRABALHO (VTI/TRABALHADOR) EM SETORES DE ALTA TECNOLOGIA, POR PAÍSES SELECIONADOS (US\$ CORRENTES ANUAIS). 2006	185
FIGURA 4.28 – EVOLUÇÃO REAL DA PRODUTIVIDADE, POR SETORES DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ DE 1996). BRASIL, 1996-2007	186
FIGURA 4.29 – SALDO COMERCIAL, POR SETORES DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ MILHÕES). BRASIL, 1996-2008 ..	188
FIGURA 4.30 – COEFICIENTE DE PENETRAÇÃO DAS IMPORTAÇÕES NO MERCADO CONSUMIDOR, POR SETORES DE ALTA TECNOLOGIA (% DO CONSUMO APARENTE). BRASIL, 1996-2007	189
FIGURA 4.31 – PANORAMA GLOBAL DE INSERÇÃO NAS CADEIAS PRODUTIVAS DE ALTA TECNOLOGIA.....	191

Lista de Tabelas Anexas

TABELA ANEXA 1 – CLASSIFICAÇÃO DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA SEGUNDO <i>STANDARD INTERNATIONAL TRADE CLASSIFICATION</i> , TERCEIRA REVISÃO – SITC REV.3.....	211
TABELA ANEXA 2 – TAXAS DE CÂMBIO, MOEDAS LOCAIS POR US DÓLAR (2006).....	211
TABELA ANEXA 3 - ÍNDICE DE PREÇOS AO CONSUMIDOR (1997-2007)	211
TABELA ANEXA 4 - PRINCIPAIS PRODUTORES MUNDIAIS DE ALTA TECNOLOGIA, POR INDICADORES SELECIONADOS, 2006.....	212
TABELA ANEXA 5 - PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DOS SETORES NA COMPOSIÇÃO DO VALOR ADICIONADO TOTAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA. ALEMANHA, 2000-2007	213
TABELA ANEXA 6 - TITULADOS DOUTORES EM ENGENHARIAS, POR PAÍSES SELECIONADOS DA OCDE, 2008	213
TABELA ANEXA 7 – ÍNDICE DE ESPECIALIZAÇÃO DAS EXPORTAÇÕES ALEMÃS TOTAIS RELATIVA À OCDE, POR SETORES DE ALTA TECNOLOGIA(EM %). 2008	214
TABELA ANEXA 8 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DA UNIÃO EUROPEIA COMO DESTINO DAS EXPORTAÇÕES ALEMÃS, POR SETORES DE ALTA TECNOLOGIA (EM %). 2000-2008	214
TABELA ANEXA 9 - GASTOS COM SEGURO DESEMPREGO, PAÍSES SELECIONADOS DA OCDE (EM PERCENTUAL DO PIB), 2007	214
TABELA ANEXA 10 – SALDO COMERCIAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR SETORES (EM US\$ CORRENTES). ALEMANHA, 2000-2008.....	215
TABELA ANEXA 11 - GASTOS EM P&D DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR PAÍSES SELECIONADOS (US\$ CORRENTES). 2006.....	215
TABELA ANEXA 12 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL NAS PATENTES MUNDIAIS TRIÁDICAS EM ÁREAS TECNOLÓGICAS SELECIONADAS, POR PAÍSES SELECIONADOS. 2006	216
TABELA ANEXA 13 - PATENTES CONCEDIDAS, SEGUNDO ÁREA TECNOLÓGICA. ESTADOS UNIDOS, 1995-2008 ...	216
TABELA ANEXA 14 – EVOLUÇÃO DO MERCADO CONSUMIDOR (CONSUMO APARENTE) DE PRODUTOS INSERIDOS EM SETORES DE ALTA TECNOLOGIA, POR SETORES DA ALTA TECNOLOGIA (US\$ CORRENTES). ESTADOS UNIDOS, 2002-2006.....	216
TABELA ANEXA 15 - EVOLUÇÃO DO SALÁRIO MÉDIO ANUAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR SETORES DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ CORRENTES ANUAIS). ESTADOS UNIDOS, 2000-2006	217
TABELA ANEXA 16 – SALDO COMERCIAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR PAÍSES SELECIONADOS E GRUPO SELECIONADO DE PAÍSES (US\$ MILHÕES CORRENTES). 1995-2008 ⁽¹⁾	217
TABELA ANEXA 17 – SALDO COMERCIAL DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, POR SETORES DA INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ MILHÕES CORRENTES). ESTADOS UNIDOS, 1995-2008	218
TABELA ANEXA 18 – P&D TOTAL (% DO PIB). CHINA, 1991-2006	219
TABELA ANEXA 19 – EVOLUÇÃO DO INVESTIMENTO DIRETO EXTERNO, POR PAÍSES ASIÁTICOS SELECIONADOS (US\$ MILHÕES CORRENTES), 1980-2009	220
TABELA ANEXA 20 – CONSUMO APARENTE E EXPORTAÇÕES, INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ MILHÕES CORRENTES). CHINA, 1995-2006	221
TABELA ANEXA 21 – PARTICIPAÇÃO DAS IMPORTAÇÕES PROVENIENTES DA CHINA NAS IMPORTAÇÕES TOTAIS DOS ESTADOS UNIDOS (% DO TOTAL). INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA, 2000-2008	221
TABELA ANEXA 22 – PARTICIPAÇÃO DAS IMPORTAÇÕES PROVENIENTES DA CHINA NO MERCADO CONSUMIDOR DOS ESTADOS UNIDOS, INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA (EM % DO MERCADO CONSUMIDOR). 2000-2006	221
TABELA ANEXA 23 - SALDO COMERCIAL DA INDÚSTRIA CHINESA DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ MILHÕES CORRENTES), POR SETORES INDUSTRIAIS. 1995-2008	222
TABELA ANEXA 24 – FORMADOS EM CURSO UNIVERSITÁRIO, POR ÁREA DE ATUAÇÃO (EM % DO TOTAL). BRASIL, 2008	222
TABELA ANEXA 25 - PARTICIPAÇÃO DO INVESTIMENTO PÚBLICO DA UNIÃO NO PIB. BRASIL, 1980-2005 (EM % DO PIB)	223
TABELA ANEXA 26 - INTENSIDADE DA P&D, INDÚSTRIA DE ALTA TECNOLOGIA (% DO VBP). PAÍSES SELECIONADOS, 2006	224
TABELA ANEXA 27 - FONTES SELECIONADAS DE INFORMAÇÃO PARA A INOVAÇÃO (% DAS EMPRESAS INOVADORAS QUE CONFERIRAM IMPORTÂNCIA PELO MENOS ALTA ÀS FONTES SELECIONADAS). BRASIL, 2006-2008.....	224

TABELA ANEXA 28 – PRODUTIVIDADE DO TRABALHO (VTI/TRABALHADOR) EM SETORES DE ALTA TECNOLOGIA, POR PAÍSES SELECIONADOS (US\$ CORRENTES ANUAIS). 2006.....	225
TABELA ANEXA 29 – EVOLUÇÃO REAL DA PRODUTIVIDADE, POR SETORES DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ DE 1996). BRASIL, 1996-2007.....	225
TABELA ANEXA 30 – SALDO COMERCIAL, POR SETORES DE ALTA TECNOLOGIA (US\$ MILHÕES). BRASIL, 1996-2008.....	226
TABELA ANEXA 31 – COEFICIENTE DE PENETRAÇÃO DAS IMPORTAÇÕES NO MERCADO CONSUMIDOR, POR SETORES DE ALTA TECNOLOGIA (% DO CONSUMO APARENTE). BRASIL, 1996-2007.....	226

Lista de abreviaturas

AEG - *Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft*
AIRBUS – Ônibus aéreo
BCE – *European Central Bank*
BMW – *Bayerische Motoren Werke*
C&T – Ciência e Tecnologia.
C,T&I – Ciência, Tecnologia e Inovação.
CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas (Brasil)
COMTRADE - *United Nations Commodity Trade Statistics Database*
DDR – República Democrática Alemã
EADS – *European Aeronautic, Defense and Space*
ECEC – *Eastern and Central European countries,*
EMBRAER – Empresa Brasileira de Aeronáutica
EU – União Europeia
EUA – Estados Unidos da América
FBCF – Formação Bruta de Capital Físico
GEA – *Gesellschaft für Entstaubungsanlagen*
I PND – Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento.
I PNDCT – Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE – Investimento Direto Externo
II PND – Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento.
II PNDCT – Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
INEGI – Instituto Nacional de Estatística e Geografia (México)
INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
ISIC rev.3 – *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities* terceira revisão
LCD – Tela de cristal líquido
MAN – *Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg*
MST – *Ministry of Science and Technology of China*
NACA – *National Advisory Committee on Aeronautics*
NASA – *National Aeronautics and Space Administration*
NBSC – *National Bureau of Statistics of China*
NSF – *National Science Foundation*
OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OECDstat. – Banco de dados da OCDE
OISTS – *Old and ineffective science and technology structure*
OMC – Organização Mundial do Comércio
ONU – Organização das Nações Unidas
P&D – Pesquisa e desenvolvimento
PIB – Produto Interno Bruto
PILOT Project – *Policy and innovation in low-tech*
RAG – *Hard Coal Mining*
SECEX/MDIC – Secretária de Comércio Exterior do Ministério da Indústria e Comércio Exterior (Brasil)
SIAFI – Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal
SINGSTAT – Estatísticas de Singapura
SITC – *Standard International Trade Classification*
UNCTAD – Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento.
US – Estados Unidos
USSR – União das Repúblicas Socialistas Soviética
VBP – Valor bruto adicionado
VTI – Valor da transformação industrial
ZF – *German Public Company*



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

**Recente dinâmica espacial da indústria de alta tecnologia: uma tipologia baseada
na intensidade de P&D e no desempenho comercial**

RESUMO

Tese de doutorado

André Tortato Rauen

No passado recente, a produção de alta tecnologia era exclusividade de países de alta renda per capita. Contudo, a moderna possibilidade de fragmentar a produção permitiu que países de baixa renda per capita passassem a também produzir bens de alta tecnologia, mesmo quando estes bens são considerados novos. Observa-se que países de alta renda per capita e de elevada capacitação tecnológica executam atividades de maior complexidade enquanto países de baixa renda per capita, com baixos salários e alguma força de atração, executam atividades intensivas em mão de obra. Este trabalho tem então, por objetivo, apresentar e compreender as macrodinâmicas subjacentes a essa nova e intrincada geografia econômica. Para tanto, o mesmo se apoia na teoria do ciclo de vida do produto, complementada pela perspectiva da fragmentação da produção e pela teoria evolucionária do comércio exterior. Com base nestas abordagens teóricas, foi possível observar que a partir das duas últimas décadas do século XX empresas de alta tecnologia de países desenvolvidos passaram a deslocar sua produção para países em desenvolvimento, com baixos salários. Enquanto a produção e o consumo se deslocaram, a tecnologia ainda permanece concentrada. Identificou-se ainda que, mesmo na existência de forte estímulo ao deslocamento da produção, este só ocorre na ausência de sistemas de inovação capazes de estimular a produção interna. Analogamente, a atração de atividades fragmentadas da produção de alta tecnologia, por parte de países de baixos salários, ocorre apenas quando os governos nacionais executam ativas e efetivas políticas públicas para tal. Depois de compreendidas as forças que atuam no sentido de moldar a atual geografia da alta tecnologia, identificaram-se quatro grupos de países, quais sejam: (i) países de liderança tecnológica superavitários; (ii) países de liderança tecnológica deficitários; (iii) países seguidores tecnológicos superavitários e; (iv) países seguidores tecnológicos deficitários.

Palavras-chave: indústria de alta tecnologia, comércio internacional, geografia econômica.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

**Recent spatial dynamics of high-tech industry: a taxonomy based on R&D
intensity and trade performance**

Abstract

Tese de doutorado

André Tortato Rauen

In the past, the high-tech production was exclusive made in high per capita income countries. But, currently, this kind of production is also made in low per capita income countries. This change happened due to the possibility of production fragmentation. In this context, countries with high technology intensities focus on the production of complex components and R&D. On the other hand, countries with low technology intensities focus on the assembling or on the production of simple components. Based on these premises, this doctoral thesis aims to understand the geographical macrodynamics related to this new international division of labor. To achieve this objective, the product life cycle theory, the production fragmentation perspective and the evolutionary theory were used. Based on these theoretical approaches, it was observed that the manufacture and consumption of high tech products has started a process of dispersion through different countries in the globe, including low income ones, and that, at the same time, technology development of these high tech products have remained concentrated in the high income countries. It was also possible to observe that the displacement of production, from the high per capita income countries to the low per capita income countries, could be diminished through the establishment of strong national industrial/innovation policies. Analogously, the attraction, by low per capita income countries, of fragmented production relies on the presence of these same policies. Finally, in this new international division of labor, it was identified four different groups of countries: (i) surplus technology leaders; (ii) deficit technology leaders; (iii) surplus technology followers; and (iv) deficit technology followers.

Key-words: high-tech industry, international trade, economic geography.

Introdução

Há quarenta anos, a atual geografia das indústrias de alta tecnologia poderia ser concebida pelos geógrafos econômicos da época apenas com uma boa dose de imaginação. De lá para cá, inúmeros fatos remodelaram as relações econômicas entre os países, dentre eles destacam-se o abandono do acordo de *Bretton Woods*, o colapso do bloco socialista e a convergência tecnológica e econômica do Japão.

Mesmo que a indústria de alta tecnologia represente apenas uma parcela marginal do emprego e renda mundiais (SMITH, 1999, SMITH, 2000, HIRSCH-KREISEN *et al* 2003, e HIRSCH-KREISEN, 2008), ela se constitui, tal como mostram PAVITT (1984), PAPAConstantinou, Sakurai e Wyckoff (1996) e Castellacci (2008), num importante vetor de mudança técnica intersetorial. De fato, as atividades que a compõem quase sempre são as pioneiras na incorporação de conhecimentos científicos de ponta.

Tal como as universidades e institutos de pesquisa, empresas de alta tecnologia possuem grande relevância na constituição dos sistemas nacionais de inovação, não só porque difundem tecnologia de ponta, mas também porque a consomem intensamente.

O processo de desenvolvimento econômico, que muito depende da mudança técnica, está, nesse sentido, associado à internalização de atividades de alta tecnologia. Mesmo que sua presença não signifique desenvolvimento econômico, com certeza representa uma boa chance para tal. De fato, esta tese constatou que alguns países de baixa renda per capita despontam como importantes exportadores mundiais de produtos de alta tecnologia, o que significa dizer que os padrões de especialização no comércio exterior podem não representar os reais níveis de desenvolvimento nacional, pois comumente se associa a exportação de alta tecnologia com alto nível de desenvolvimento.

Por outro lado, em razão da alta e crescente demanda, a especialização produtiva em setores de alta tecnologia tem sido uma estratégia importante de obtenção de receitas de comércio exterior, estratégia esta seguida, inclusive, por países de baixa renda per capita (PALMA, 2005).

Seja pela geração de tecnologia de ponta, que estimula o desenvolvimento econômico, ou pela geração de receitas no comércio internacional, a internalização de atividades industriais de alta tecnologia representa importante vetor de crescimento econômico nacional.

Apesar do reconhecimento da relevância da alta tecnologia para o conjunto da economia e da indústria, principalmente no contexto da mudança técnica, as recentes transformações globalizantes tornaram confusa e incerta a determinação da dinâmica de localização destas atividades, principalmente quando se tenta identificá-la com o uso de abordagens tradicionais da geografia econômica.

Habitualmente, atividades industriais de alta tecnologia encontravam-se localizadas apenas em países desenvolvidos de elevada renda per capita. Contudo, as transformações econômicas, sociais e políticas que se iniciaram em meados da década de setenta do século XX, e que estão associadas com o fim da era de ouro do capitalismo (HOBBSAWM, 1995), redefiniram a geografia econômica mundial. A abertura de economias antes fechadas ao capital internacional e a revolução tecnológica que se inserem nestas transformações alargaram as possibilidades de localização das unidades fabris (CASTELLS, 1999). Antes restrita à tríade Estados Unidos, Europa e Japão, a decisão locacional da firma industrial de alta tecnologia agora é muito mais difusa e complexa. Nesse contexto, a simples divisão entre norte e sul não é mais suficiente para compreender os fluxos de comércio internacional ou mesmo a geografia industrial contemporânea.

As estatísticas de comércio exterior demonstram que existe uma intensa atividade industrial mesmo na periferia do sistema, muito embora os centros dinâmicos permaneçam como os principais mercados consumidores. Estas mesmas estatísticas mostram ainda que os produtos de alta tecnologia são justamente os de crescimento mais acelerado no atual comércio internacional (SRHOLEC, 2007). De fato, como poderá ser observado neste trabalho, houve uma grande dispersão da produção acompanhada de uma também significativa dispersão no consumo.

Tal como mostra CHESNAIS (1996), o aprofundamento da dinâmica de abertura econômica que levou, com raras exceções e ao contrário do que postula a escola ortodoxa do comércio exterior, ao recrudescimento das desigualdades tecnológicas

entre os países talvez seja a característica mais marcante da atual geografia das indústrias de alta tecnologia. Ou seja, a geografia industrial norte e sul, que existiu durante toda a primeira metade do século XX, foi substituída por uma muito mais complexa, na qual novos centros industriais surgem e antigos perdem relevância.

Nesse contexto, o atual panorama do comércio internacional mostra um quadro um tanto diferente daquele observado no passado. Estatísticas oficiais (principalmente baseadas em dados do COMTRADE) mostram que países como Coréia, China, Cingapura e Tailândia, dentre outros classificados como em desenvolvimento, são importantes exportadores de produtos classificados como de alta tecnologia. É verdade que boa parte das exportações de produtos tecnologicamente complexos ainda seja feita por países desenvolvidos, contudo, pela primeira vez na história recente do sistema capitalista, países em desenvolvimento estão exportando produtos tipificados como de alta tecnologia.

Sendo assim, como explicar, a presença de atividades de alta tecnologia na China, no México ou mesmo no Brasil? Como explicar o fato de Cingapura ser, de acordo com dados do COMTRADE, o maior exportador mundial de semicondutores? Conseqüentemente, como explicar o déficit em produtos de alta tecnologia da economia estadunidense? De fato, existe uma nova geografia da indústria de alta tecnologia, da qual países muito distintos do ponto de vista socioeconômico fazem parte.

Nesse contexto, esta tese objetiva responder, através de um trabalho exploratório e baseado fundamentalmente na estatística descritiva, as seguintes questões: qual é a moderna dinâmica espacial da indústria de alta tecnologia que emerge das recentes transformações tecno-econômicas mundiais e como se posicionam os diferentes países frente a esta nova dinâmica?

A preocupação central do trabalho reside, então, na discussão das macrodinâmicas espaciais. Trata-se de um estudo que precisa ser observado como um momento inicial de identificação e categorização de um problema que, caso seja julgado relevante, exigirá um maior esforço analítico no futuro, principalmente no sentido de detalhar a análise.

A complexidade desta nova geografia mundial e das macrodinâmicas a elas associadas não pode ser explicada apenas com a utilização de um único marco teórico.

É preciso que diferentes correntes do pensamento econômico sejam analisadas, pois a multiplicidade de forças que atuam no sentido de dar localização a atividades de alta tecnologia transcendem o objeto de estudo de uma única corrente teórica.

A explicação deste novo fenômeno espacial tampouco pode ser encontrada na ortodoxia econômica. A perspectiva ortodoxa – que afirma que os mecanismos de mercado, quando deixados livres para funcionar, eliminariam automaticamente as assimetrias entre os parques industriais nacionais – não permite compreender a atual geografia das indústrias de alta tecnologia, simplesmente porque historicamente pouco se observou períodos de convergência econômica ao nível mundial. Em realidade, como poderá ser visto neste trabalho, em que pese a forte dispersão da produção e do consumo, não se verifica o mesmo nível de dispersão da tecnologia, que permanece concentrada na tríade. Tal como mostram FAJNZYLBER (1983), DOSI, PAVITT e SOETE (1990), CHESNAIS (1996) dentre outros, a assimetria nos níveis tecnológicos entre os países é uma condição intrínseca à atual dinâmica de comércio internacional e, ao contrário de caminhar em direção ao equilíbrio, esta dinâmica tende ao recrudescimento.

Assim sendo, a análise da moderna dinâmica espacial da indústria de alta tecnologia feita neste trabalho teve de se basear num modelo teórico que pode classificado como heterodoxo. Esse modelo fundamenta-se na teoria do ciclo de vida do produto e é complementado pelas abordagens das cadeias produtivas globais e pela perspectiva evolucionária do comércio exterior. O resultado foi a construção de um modelo eminentemente apreciativo, que, embora não seja inteiramente inédito, ousa em estabelecer relações ainda pouco discutidas.

A escolha do arcabouço teórico do ciclo de vida do produto deve-se ao fato de que o mesmo permite observar o comportamento espacial da produção, notadamente de alta elasticidade renda, em função de elementos como o consumo e a tecnologia, fundamentais ao entendimento do objeto. Por outro lado, reconhecendo-se de antemão as transformações ocorridas desde os escritos originais de Raymond Vernon, foi preciso inserir na análise da teoria do ciclo de vida do produto a possibilidade de fragmentar a produção, elemento até então inexistente. Por isso, utilizou-se as modernas abordagens das cadeias produtivas globais. Finalmente, era preciso ainda,

no intuito de atingir os objetivos propostos, compreender a forma pela qual os países realizam o aprendizado tecnológico que irá determinar a forma de inserção nas cadeias produtivas agora fragmentadas. Nesse sentido, optou-se por incorporar as abordagens evolucionárias de comércio exterior.

Acredita-se, então, que a principal contribuição deste trabalho resida no fato de que ele procura integrar distintas abordagens teóricas de maneira a explicar fenômenos espaciais que de outra forma, como através do uso de abordagens convencionais, só poderiam ser compreendidos parcialmente. Ou seja, este estudo, com seu escopo abrangente, tenta explicar, através de uma abordagem heterodoxa, os grandes determinantes da localização espacial de atividades industriais de alta tecnologia.

A análise baseada nessa perspectiva mostra que a localização das atividades industriais de alta tecnologia nos diferentes países do mundo é o resultado da interação de três principais vetores: produção, consumo e geração de tecnologia.

Além disso, com base nesse modelo, foi possível afirmar que a indústria de alta tecnologia que opera globalmente, em razão da elevada oportunidade tecnológica e dos desenvolvimentos recentes no campo da engenharia de produção possui um ciclo de vida mais curto do que os demais setores da indústria de transformação. Esse curto ciclo de vida, dividido em apenas duas fases (novo produto e produto obsoleto), faz intenso uso das cadeias produtivas globais, nas quais a inserção dos diferentes países depende de seus esforços de capacitação tecnológica e de suas estratégias de atração e manutenção de investimentos.

Atualmente, mesmo na fase de introdução no mercado, o produto já pode ter boa parte de seu processo produtivo deslocado para países de custos menores. Isso porque a significativa redução das incertezas quanto ao processo produtivo - que está associada a inovações no campo da informação e da comunicação, bem como a melhorias na logística e no transporte - tem atuado no sentido de expandir o escopo de localização da produção industrial. Isso é ainda mais verdadeiro em indústrias como a de alta tecnologia, que têm alta relação valor/peso, pois estas podem mais facilmente fragmentar-se globalmente.

Se na fase de introdução a maior parte da produção já pode ser deslocada para outros países, na fase final, de produto obsoleto, esse deslocamento é ainda mais intenso, pois a relevância dos custos, principalmente daqueles associados à mão de obra, crescem substancialmente e o deslocamento para países de baixos salários parece ser o padrão mais comum de localização industrial.

A existência de processos produtivos fragmentados está associada ao fato de que, diferentemente do que ocorre com a mão de obra, na atual dinâmica de globalização¹, as mercadorias estão integradas mundialmente assim como as tecnologias e o capital. As empresas que agora operam globalmente podem então, em razão de suas estratégias de manutenção de competitividade, explorar, por exemplo, as diferenças internacionais nos custos da mão de obra.

Notadamente, o aumento do escopo das regiões passíveis de receber a produção de alta tecnologia também está relacionado a políticas de convergência científica/tecnológica realizadas em boa parte da periferia do sistema capitalista. Em linhas gerais, o modelo aqui apresentado propõe pensar a dinâmica de localização internacional da indústria de alta tecnologia em função do grau de complexidade tecnológica das inúmeras etapas que compõem seu processo produtivo.

Assim sendo, diferenças internacionais nos custos de produção são relevantes na determinação da localização, mas outros elementos, tais como as políticas industriais nacionais, podem alterar as posições dos países nessa moderna divisão internacional do trabalho.

Não se trata apenas, então, de separar países em função de suas rendas per capita, mas de observar como estes se comportam frente aos estímulos de fragmentação que influenciam a decisão locacional da firma de alta tecnologia. Muito embora o movimento geral seja o de deslocamento da produção de países de alta renda per capita para países de baixa renda per capita, a existência ou não de políticas industriais efetivas influenciará a forma de inserção internacional nos fluxos fragmentados de produção de alta tecnologia.

¹ Segundo GIDDENS (1990: 64), a globalização pode ser entendida como “[...] a intensificação das relações sociais mundiais, a qual conecta locais distantes de forma que os acontecimentos locais são moldados pelos eventos que ocorrem muitas milhas longe e vice-versa”.

Nessa dinâmica de localização, foram identificados quatro grupos distintos de países, cada qual com suas características distintivas, quais sejam: (i) países líderes tecnológicos superavitários; (ii) países líderes tecnológicos deficitários; (iii) países seguidores tecnológicos superavitários e; (iv) países seguidores tecnológicos deficitários.

Para definir empiricamente a posição dos países frente a esta dinâmica foram selecionados dois indicadores: a intensidade tecnológica e o saldo da balança comercial. Com base em dados de 2006 oriundos de diversas bases, estes indicadores foram analisados para os principais países produtores de alta tecnologia e, com algum esforço analítico e de categorização, os países foram tipificados segundo as quatro categorias idealizadas.

Essa metodologia, apesar de estar de acordo com o escopo com que se pretende trabalhar, possui limitações. A principal delas diz respeito à falta de séries históricas. Em virtude do amplo escopo da pesquisa e do grande número de países analisados, a coleta e o tratamento dos dados foram substancialmente prejudicados pela ausência destes e pela dificuldade de comparação entre eles. Foi comum encontrar indicadores com a mesma denominação, mas com metodologias de coleta distintas, fato este que exigiu um grande esforço de compatibilização e harmonização. Correndo-se o risco de apresentar apenas uma “fotografia”, estas dificuldades exigiram que, em nome do rigor científico, fossem considerados dados referentes a um único ano, no caso, o último ano disponível: 2006.

Não obstante, quando da análise dos países mais representativos de cada grupo, notadamente Alemanha, Estados Unidos, China e Brasil, os quais representam, respectivamente, países líderes tecnológicos superavitários, países líderes tecnológicos deficitários, países seguidores tecnológicos superavitários e países seguidores tecnológicos deficitários, foi possível utilizar dados históricos para alguns indicadores e, com isso, de certa forma, ilustrar as relações inerentes à dinâmica avaliada.

Por outro lado, a metodologia proposta está associada a um número um tanto limitado de vetores. Obviamente, outros elementos contribuem para explicar a existência de atividades de alta tecnologia nas diferentes economias do mundo. Contudo, seria impossível tratar de todas ao mesmo tempo num único trabalho. Então,

levando-se em conta os óbvios riscos de um excessivo determinismo técnico-econômico, fez-se a opção por utilizar apenas indicadores associados ao consumo, à produção e à geração de tecnologia, pois, acredita-se, com base nas abordagens teóricas utilizadas, que estes sejam os de maior relevância.

É preciso destacar que importantes países emergentes ficaram de fora da análise, dentre eles Índia, Rússia e Taiwan. De maneira geral, estas ausências devem-se à dificuldade de obtenção de dados passíveis de serem comparados internacionalmente. Porém, ao final do trabalho, fez-se um esforço de extrapolação que tenta inseri-los dentro das categoriais idealizadas. Nesse esforço de extrapolação, procurou-se apresentar o que seria o *mapa mundi* resultante da mesma.

Consciente das limitações do trabalho e com base no objetivo proposto a tese foi planejada para ser executada em quatro capítulos. Para analisar a moderna dinâmica de localização foi definido, no primeiro capítulo, o conceito de indústria de alta tecnologia, isto porque, em que pese o reconhecimento de sua relevância econômica, acredita-se que seu conceito e, principalmente, sua operacionalização setorial ainda sejam utilizados de forma um tanto confusa e equivocada. O primeiro capítulo, então, define as características da indústria de alta tecnologia e os setores que dela fazem parte. Este capítulo, baseado, sobretudo em CASTELLACCI (2008), HATZICHRONOGLOU (1997) e PAVITT (1984), postula que, na indústria de manufatura, os setores de alta tecnologia possuem lógica produtiva distinta daquela de setores tradicionais e que essa lógica leva a padrões próprios de localização.

No segundo capítulo, foi definida uma base teórica que permitiu explicar a complexa dinâmica de localização da alta tecnologia. Essa base teórica foi confeccionada tomando como ponto de partida a teoria do ciclo de vida do produto descrita por VERNON (1966), WEELS (1968 e 1969) e HIRSH (1967), complementada pela perspectiva da fragmentação da produção tal como apresentada por ARNADT e KIERZKOWSKI (2001), LALL, WEISS e ZHANG (2005) e SRHOLEC (2007), bem como pela abordagem evolucionária do comércio exterior, principalmente através das contribuições de DOSI, PAVITT e SOETE (1990), FREEMAN (1987), FREEMAN e SOETE (2008) e ALBUQUERQUE (1999). Ao final do capítulo, é possível observar que setores de alta tecnologia possuem ciclos de vida mais curtos, nos quais países com

baixa renda per capita também participam da produção mesmo na fase de produto novo. Ou seja, o capítulo mostra que houve uma dispersão tanto da produção, quanto do consumo, mas não da tecnologia.

O terceiro capítulo é o mais curto da tese e objetiva discutir a metodologia empregada para classificar os países em relação ao seu comportamento frente à capacitação tecnológica e aos saldos comerciais da indústria de alta tecnológica. Nele, são apresentados os países avaliados, os indicadores selecionados, as fontes dos dados e a forma de tratamento dos mesmos.

No último e quarto capítulo, foi realizado um exercício empírico que objetiva enquadrar os países avaliados na tipologia idealizada, bem como, através da análise individual de países representativos de cada grupo, verificar, mesmo que superficialmente, a validade dos pressupostos teóricos. Ao final, este capítulo tenta, através de uma simples extrapolação, identificar como seria o mapa do mundo em função dos achados de pesquisa. É preciso chamar atenção para o fato de que a tipologia proposta não é de forma alguma exaustiva. Seu objetivo é unicamente o de apresentar o mecanismo geral de localização, procurando, assim, contribuir de alguma forma com a nova geográfica internacional das atividades industriais de alta tecnologia.

Antecipa-se que a dinâmica espacial encontrada a partir da utilização desse modelo teórico diz respeito a uma produção mundial altamente fragmentada, na qual a participação dos países ocorre independentemente da existência de renda per capita, mas que exige dos mesmos algum nível de capacitação tecnológica. Nessa dinâmica, a produção e o consumo encontram-se muito mais difundidos do que a geração de tecnologia.

1. Indústria de alta tecnologia: definições e critérios de classificação

A indústria de alta tecnologia compreende um leque extremamente variado de atividades, que vão desde a produção de equipamentos médicos e de automação, equipamentos eletrônicos e de comunicação, produtos farmacêuticos, equipamentos de informática a aeronaves. Não obstante a variedade de produtos desenvolvidos, estes setores são definidos como de alta tecnologia, pois os artefatos neles produzidos possuem elevada complexidade tecnológica desempenhando no conjunto do tecido industrial o papel de principais difusores do progresso técnico.

Nesse contexto, o objetivo deste capítulo é o de definir, à luz da realidade internacional, o conceito de alta tecnologia, de forma a encontrar os setores da indústria de manufatura que a este conceito se adequem. Para tanto, optou-se por dividir este capítulo em duas seções. A primeira seção faz um pequeno resgate teórico e apresenta alguns conceitos fundamentais associados à mudança técnica, à tecnologia, à alta tecnologia. A segunda seção apresenta o conceito de atividades de pesquisa e desenvolvimento, bem como, em subseção específica, a metodologia de classificação de intensidade tecnológica utilizada pela OCDE, destacando-se os atuais quatro grupos de intensidade.

1.1 Conceitos fundamentais no contexto da indústria de alta tecnologia

A moderna política de desenvolvimento econômico tem superestimado o papel da indústria de alta tecnologia como vetor do crescimento. A razão pela qual, comumente, e por vezes de forma equivocada, imputa-se à alta tecnologia a responsabilidade pelo crescimento econômico contemporâneo deve-se em parte ao “fenômeno fundamental do desenvolvimento econômico”, no qual as inovações tecnológicas estão no centro da mecânica de funcionamento do sistema econômico, que, tal como postulado por SCHUMPETER (1912), encontra-se, de

forma dinâmica, em constante mutação. Na medida em que, em setores de alta tecnologia, as inovações são mais facilmente percebidas do que em outros setores e em que estas inovações são também mais pervasivas, a política industrial contemporânea tem associado à mesma a liderança no processo de desenvolvimento econômico contemporâneo. Porém, os determinantes da mudança técnica são demasiados complexos e múltiplos, fazendo com que dificilmente a indústria de alta tecnologia sozinha possa ser responsabilizada pela direção e velocidade da mudança técnica industrial. Mesmo assim, postula-se aqui, em razão das evidências empíricas, que ela seja predominante neste processo, principalmente quando se considera a difusão intersetorial da mudança técnica.

A mudança técnica industrial, expressa através de inovações tecnológicas e de processo, ocorre através da criação e, principalmente, da difusão de novos produtos e ou novos processos. Ela é derivada de esforços inovativos (deliberados ou não) internos às firmas e do conhecimento científico e tecnológico proveniente de universidades e/ou institutos de pesquisa. Essa mudança se difunde ao longo das cadeias de valor de forma incorporada em insumos produtivos e investimentos de capital. As fontes de progresso técnico dependem, nesse sentido, da base tecnológica e da forma de organização da cadeia de valor.

Em razão dos múltiplos agentes que interferem na criação de novos produtos e novos processos e da grande variedade das fontes de conhecimento, o progresso técnico caracteriza-se, então, por ser sistêmico, tal como propõem NELSON e WINTER (2005), e interativo, como postulam KLINE e ROSENBERG (1986), no qual existe forte interdependência entre os agentes que promovem e difundem a mudança. Sistêmico, pois, a mudança técnica deve-se à relação entre diferentes instituições e organizações que atuam sob uma base comum e, interativo, pois o desenvolvimento do conhecimento que leva a essa mudança não se caracteriza pela linearidade, mas sim, pelos constantes *feedbacks* entre a ciência, a tecnologia, o processo produtivo e o ambiente no qual a firma se insere, sem que haja uma clara hierarquização entre estas esferas.

A presença de inúmeros agentes interferindo tanto na taxa da mudança técnica quanto na sua direção impossibilita a existência de informação perfeita. O processo inovativo é de fato muito complexo e, por isso, incerto. Sendo assim, é preciso que seja observado através de uma perspectiva capaz de compreender a possibilidade de insucessos, mesmo em condições supostamente ideais.

Para SCHUMPETER (1912), a mudança técnica, principal responsável pelo desenvolvimento econômico – isto é, pela transformação qualitativa no sistema econômico – deve-se ao desejo do empreendedor de realizar lucros extraordinários derivados do estabelecimento de monopólios temporários. Por outro lado, os níveis de concorrência contemporâneos acabam por exigir, no intuito próprio de sobrevivência, tal como afirmam FREEMAN e SOETE (2008) e NELSON e WINTER (2005), que a firma realize esforços inovativos constantes. Ou seja, a inovação, seja tecnológica, seja organizacional, é condição de existência das firmas contemporâneas e, por isso, parte essencial no mecanismo de concorrência capitalista.

A relação entre a mudança técnica e o crescimento econômico encontra respaldo em diferentes correntes do pensamento econômico. É assim na literatura neoshumpeteriana e sua ênfase na capacitação tecnológica nacional, na teoria do crescimento endógeno, construída com base na relação entre o conhecimento e os aumentos de produtividade, bem como na perspectiva pós-keynesiana, que relaciona a especialização produtiva em segmentos de alta elasticidade renda da demanda (tal como a maioria dos produtos de alta tecnologia) com melhores perspectivas de crescimento (SRHOLEC, 2007)².

Seguindo o encadeamento proposto neste trabalho, a fim de compreender o significado do termo “indústria de alta tecnologia” e as relações a ele subjacentes, é interessante, primeiramente, tratar do que vem a ser a tecnologia propriamente dita.

² Entende-se por capacitação tecnológica nacional “[...] o conjunto de habilidades, experiências e esforço que permite que as empresas de um país adquiram, utilizem, adaptem, aperfeiçoem e criem tecnologias com eficiência. Embora a empresa individual continue sendo a unidade fundamental da atividade tecnológica, a capacidade nacional é mais do que a soma de aptidões das empresas individuais. Ela abrange o sistema extra-mercado das redes e vínculos entre empresas, os estilos de fazer negócios e a rede de instituições de apoio” (LALL, 2005: 26).

SÁBATO (1978: 61) afirma que tecnologia é “[...] o conjunto ordenado de todos os conhecimentos utilizados na produção, distribuição e uso de bens e serviços”³. Contudo, DIAS (1996: 09) chama atenção para o fato de que a conceituação proposta por SÁBATO (1978) abstrai o conhecimento incorporado nos equipamentos, os quais se mostram necessários tanto a sua operação e funcionamento quanto a sua manutenção e reparo. De maneira mais abrangente, SCHON (1967:01) define tecnologia como sendo “[...] toda a ferramenta ou técnica, todo produto ou processo, todo equipamento físico ou método para fazer ou fabricar, que possibilite o aumento da capacidade humana”⁴. Para DOSI (1982:151-152):

“a teoria econômica usualmente representa a tecnologia como um dado conjunto de combinações definido (quantitativamente e qualitativamente) em relação a certos resultados. O progresso tecnológico é geralmente definido em termos dos movimentos da curva de possibilidades produtivas ou em termos do aumento de bens produzíveis. A definição que sugerimos aqui é, ao contrário, mais abrangente. Definimos tecnologia como um conjunto de partes do conhecimento, tanto diretamente prático (relacionado a instrumentos e problemas concretos) quanto teórico (mas praticamente aplicáveis apesar de não necessariamente já aplicado), saber-fazer, métodos, procedimentos, experiências de sucesso e fracasso e também, é claro, instrumentos físicos e equipamentos”⁵.

Assim, a definição de tecnologia deve considerar tanto a técnica de produção quanto a produção propriamente dita, constituindo-se, ao mesmo tempo, em consequência e fomento do avanço científico, e não sendo, dessa forma, a simples aplicação da ciência no processo produtivo (KLINE S. J. ROSENBERG, N. 1986: 275).

As primeiras discussões tratando de uma indústria de alta tecnologia remontam ao fim da segunda guerra mundial e possuem, segundo HIRSCH-KREINSEN *et al* (2003: 07), as seguintes bases históricas e intelectuais: a) o relatório Vannevar Bush para a ciência e o crescimento econômico; b) o

³ Tradução do autor.

⁴ Tradução do autor.

⁵ Tradução do autor.

desenvolvimento de longo-prazo do capitalismo corporativo⁶; c) o recrudescimento da guerra fria e finalmente; d) percepções a respeito da competição triádica. Estes elementos estariam, segundo os autores, associados a uma particular abordagem do progresso tecnológico. O modelo de inovação surgido nesse contexto, então, seria descrito como modelo linear, no qual a pesquisa básica precederia o desenvolvimento de novos produtos.

É importante inserir no contexto de criação e surgimento do conceito de alta tecnologia a participação da P&D militar e dos esforços de guerra. Sejam eles associados à segunda grande guerra ou à guerra fria:

“As experiências do tempo de guerra, com os radares, os sistemas de controle de tiros e os dispositivos de orientação de mísseis estabeleceram as bases para avanços revolucionários nos sistemas de controle de processos industriais e de controle numérico de máquinas operatrizes” (FREEMAN e SOETE, 1997:159)⁷.

Para DIAS (1996:11), as atividades de alta tecnologia iniciam-se com a dura indústria nuclear e seus relacionamentos com a “*Big Science*” - evidentemente realizados no âmbito de grandes corporações -, passam pelo que se convencionou chamar de “revolução verde” (associada aos elevados aumentos de produtividade na agricultura) e se consolidam com a criação dos microprocessadores, os quais permitiram que estas atividades pudessem ser desenvolvidas inclusive por micro e pequenas empresas. Contudo, é apenas na década de oitenta do século XX que o conceito ganha força e se difunde, contaminando, inclusive, o discurso político, tanto público quanto privado:

⁶ Este desenvolvimento diz respeito à consolidação de grandes corporações industriais e seus departamentos, agora, inclusive, realizando pesquisa: “Isto é claro nos escritos de Schumpeter, o qual muda seu foco analítico, passando do heroico empreendedor (Schumpeter, 1911/34) para o departamento de P&D das grandes corporações (Schumpeter, 1934/81)” (Hirsch-Kreinsen *et al*, 2003).

⁷ Tradução do autor.

“Se no curso da história uma única expressão tornou-se associada com os 1980’s é provável que esta seja “alta tecnologia”, ou mais coloquialmente “*high-tech*”. Em apenas poucos anos este rótulo foi relacionado a todo tipo de atividade e artefato, de processos industriais avançados, a modernas construções, tênis de corrida, móveis, métodos de fertilidade humana e muito mais” (BREHENY, MCQUAID, 1998:296)⁸.

Apesar da intensa utilização do termo “indústria de alta tecnologia”, tanto no discurso político quanto no meio acadêmico, as definições existentes são extremamente variadas e a operacionalização setorial dos conceitos, feita por organismos oficiais, é considerada por muitos autores (MCDONALD, 1998, BREHENY, MCQUAID, 1998, KODAMA, 1991, HIRSCH-KREINSEN *et al*: 2003, entre outros) inadequada e insuficiente.

Nesse contexto, as discussões sobre a alta tecnologia têm considerado dois níveis de análise, quais sejam, o nível conceitual e a operacionalização do conceito. As principais críticas concentram-se na utilização prática dos conceitos – ou seja, na operacionalização – num contexto de segregação das atividades industriais. Importante ressaltar que esta operacionalização conceitual sempre será limitada pela inexistência de indicadores confiáveis.

Sobre as dificuldades em se definir claramente a indústria de alta tecnologia MACDONALD (1988), afirma:

“[...] Suas firmas possuem poucas características em comum, exceto a alta intensidade da informação, que é muito difícil de medir e não é de maneira alguma exclusiva da alta tecnologia. [...] Nesse sentido, nem sempre se poderá pensar na indústria de alta tecnologia como uma única entidade” (p.224)⁹.

FREEMAN e SOETE (1997), ao tratarem da então nascente indústria elétrica, apresentam uma caracterização da mesma que pode, com algumas ressalvas, ajudar a definir a indústria de alta tecnologia de hoje:

⁸ Tradução do autor.

⁹ Tradução do autor.

“O desenvolvimento tecnológico delas foi mais complexo, mais custoso e demorou mais tempo do que o de outras indústrias. E requereu pesquisas especializadas e departamentos de projetos de desenvolvimento” (FREEMAN e SOETE,1997:81)¹⁰.

Para BENKO (1996:225), o conceito de alta tecnologia está ligado ao de tecnologia, uma vez que “a tecnologia pode ser definida como a sistematização dos conhecimentos e das técnicas que permitem à indústria realizar concretamente a produção. A alta tecnologia simboliza o grau de aperfeiçoamento do produto realizado”.

De maneira mais específica, o Departamento de Ciência e Tecnologia australiano *apud* MACDONALD (1981:224) define indústria de alta tecnologia como sendo aquela na qual os gastos com P&D são significativos, existe interação entre habilidades técnicas e científicas, são gerados novos produtos e processos e existem empreendedores com *background* científico e/ou tecnológico.

Para POTTIER (1988:193), num contexto setorial, “a indústria de alta tecnologia é o setor da produção no qual o nível das habilidades técnicas é alto, como mostram o número de trabalhadores qualificados e os montantes gastos em pesquisa e desenvolvimento”. Assim sendo, as atividades de alta tecnologia estão relacionadas àqueles setores da indústria que dependem de maneira mais formal de técnicas científicas do que outras atividades de manufatura (FREEMAN, 1982).

Especificamente sobre o complexo eletrônico, o qual transpassa diferentes setores de alta tecnologia, FREEMAN e SOETE (1997:160) afirmam que “a interação das inovações nos componentes, nos materiais, no *software* e em novos bens de capital e de consumo constitui uma das características mais importantes do ramo¹¹”. Ou seja, as inovações típicas de setores de alta tecnologia tendem a se retroalimentar num contexto de convergência tecnologia de produtos e serviços.

Ressaltando a relevância da ciência, DORFMAN (1983:300), ao se referir a empresas de alta tecnologia, assim as conceitua:

¹⁰ Tradução do autor.

¹¹ Tradução do autor.

“[...] estabelecimentos que estão engajados no *design*, desenvolvimento ou produção de novos produtos ou processos através da aplicação sistemática de conhecimento científico ou técnico, utilizando largamente técnicas do estado-da-arte”¹².

Portanto, nestes setores, a proporção de trabalhadores dedicados à produção propriamente dita tende a ser inferior do que é verificado em outras atividades fabris.

As atividades de alta tecnologia, não apenas consomem mais conhecimentos do estado-da-arte comparativamente a outros setores, mas também consomem temporalmente antes. Ou seja, novos desenvolvimentos nos campos técnicos e científicos são primeiramente utilizados nos setores de alta tecnologia, uma vez que o grau de desafios tecnológicos enfrentado por esses setores exige soluções inovadoras e por vezes totalmente inéditas. Em outras palavras, o consumo antecipado de conhecimentos de fronteira deve-se às características dos setores de alta tecnologia, nesse sentido, por definição, já imersos em grandes incertezas e com pesados investimentos em P&D em execução. A produção de conhecimentos de fronteira exige, portanto, o consumo de conhecimento de fronteira.

Em conhecido trabalho, PAVITT (1984) classifica as atividades industriais a partir: (a) das fontes setoriais da tecnologia usada no setor; (b) das fontes institucionais e da natureza da tecnologia produzida no setor e; (c) das características das firmas inovadoras. Essa classificação culmina com o agrupamento dos setores industriais a dois dígitos em três categorias: (i) firmas dominadas por fornecedores; (ii) firmas intensivas em produção (subdivididas em intensivas em escala e fornecedores especializados) e; (iii) firmas baseadas em ciência.

O grupo de firmas baseadas na ciência ou de alta tecnologia produz tecnologia a partir das suas próprias atividades internas de P&D, acompanhando de perto os desenvolvimentos em ciência básica e aplicada de instituições

¹² Tradução do autor.

públicas de pesquisa e universidades, além disso, apropria-se da tecnologia desenvolvida através de patentes, segredo industrial e *know-how*.

CASTELLACCI (2008) apresenta uma nova taxonomia setorial desagregada a dois dígitos, que além de considerar as atividades indústrias, tal como faz PAVITT (1984), incorpora também o setor de serviços. Esta taxonomia foi construída com base em duas características inerentes aos setores avaliados, quais sejam: (i) a função que o setor possui no sistema econômico como provedor e/ou receptor de produtos avançados, serviços e conhecimento e; (ii) o modelo inovativo dominante que caracteriza suas atividades tecnológicas (seu regime e trajetória tecnológica).

CASTELLACCI (2008), portanto, divide as atividades econômicas em quatro grupos: (i) bens e serviços pessoais; (ii) bens de produção em massa; (iii) serviços de infraestrutura e; (iv) provedores de conhecimento avançado. O grupo de provedores de conhecimento avançado possui características similares àquelas presentes no conceito de alta tecnologia. Segundo CASTELLACCI (2008:983), este último grupo possui uma “[...] grande capacidade tecnológica e uma significativa habilidade para administrar e criar complexos conhecimentos tecnológicos”¹³. Deste grupo fazem parte tanto atividades de manufatura quanto de serviços. No subgrupo de manufatura, os representantes são os fornecedores especializados de manufatura e equipamentos e os instrumentos de precisão. Por outro lado, nas atividades relacionadas no subgrupo de serviços encontram-se os fornecedores especializados de conhecimento e soluções tecnológicas, tais como software, P&D, engenharia e consultoria (conhecidos na literatura como serviços intensivos em conhecimento). A característica essencial desse setor e que torna ambos os subgrupos comuns é o fato de que esses setores executam a mesma função no sistema de inovação, qual seja, a de fornecer conhecimento tecnológico avançado para outros setores. De acordo com CASTELLACCI (2008:983), “eles representam a base de conhecimentos na qual as atividades inovativas de todos

¹³ Tradução do autor.

os outros setores são construídas, sendo que renovam e aprimoram continuamente essa base¹⁴”.

Importante ressaltar que na taxonomia proposta existe um subgrupo denominado “base científica”, que integra o grupo de produção em massa. Esse subgrupo, assim como todo o grupo de provedores de conhecimentos avançados, possui características inerentes à alta tecnologia. Ou seja, mesmo dependendo de economias de escala, este subgrupo possui grande habilidade para criar conhecimentos internamente, sendo que seu esforço inovativo encontra-se estreitamente ligado aos avanços científicos e tecnológicos alcançados pelas universidades e institutos públicos de pesquisa (CASTELLACCI, 2008). Deste subgrupo fazem parte os setores químico, equipamentos de informática, material eletrônico e equipamentos de comunicação.

Com base nestas características, pode-se afirmar que, as inovações de caráter mais pervasivo provenientes de setores de alta tecnologia não podem surgir a partir da observação rotineira e casual, mas tão somente da investigação deliberadamente planejada.

Do ponto de vista microeconômico, os setores de alta tecnologia caracterizam-se pela existência de importantes economias de escala dinâmicas, ou seja, pela redução dos custos unitários decorrentes de uma curva de aprendizado descendente. Ainda sob esta perspectiva, estes setores, por trabalharem na fronteira do conhecimento, possuem alto grau de incerteza e elevados custos de produção. Estes elementos criam por sua vez, importantes barreiras à entrada nos mercados em que atuam.

A relevância da indústria de alta tecnologia justifica-se, então, por seus encadeamentos intersetoriais que desenvolvem e difundem a mudança técnica. Ou seja, a base de conhecimentos de uma indústria dificilmente é totalmente interna a esta indústria, mas, ao contrário, comumente ela está também associada a encadeamentos intersetoriais, que através de tecnologia incorporada em máquinas, equipamentos e insumos, difunde a mudança técnica. E, se a firma

¹⁴ Tradução do autor.

receptora de tecnologia incorporada possuir capacidade de absorção, os ganhos de produtividade difundem-se no conjunto da estrutura setorial.

A mudança técnica num determinado setor industrial, dessa forma, é fruto tanto de esforços internos às firmas quanto de transações comerciais que ela estabelece ao longo da cadeia de valor. Ou seja, parte da mudança técnica realizada por uma dada firma acaba por ser incorporada em seus produtos finais, os quais servem de insumos a outras firmas que não necessariamente precisam empregar esforços formais de mudança técnica, tal como pesquisa e desenvolvimento.

Em verdade, boa parte dos avanços tecnológicos realizados em um determinado setor difunde-se através de compras intersetoriais de insumos e investimentos em capital. Tal como mostram SAKURAI, IOANNIDIS e PAPACONSTANTINO (1996), essa difusão intersetorial da tecnologia é responsável por boa parte dos aumentos de produtividade no conjunto da indústria de manufatura. Notadamente, a base tecnológica das firmas, bem como sua posição nas cadeias de valor, determinam os setores intensivos em difundir o progresso técnico e os setores intensivos em incorporá-lo.

Dada sua proximidade com a ciência e tecnologia de fronteira – em parte derivada do intenso relacionamento com universidades e institutos de pesquisa –, seu alto esforço em P&D e sua posição nas cadeias de valor, atividades industriais de alta tecnologia caracterizam-se por serem mais propagadoras do que consumidoras de tecnologia incorporada.

De fato, o complexo eletrônico, que se constitui na maior parte das atividades de indústrias de alta tecnologia, é um exemplo clássico de difusão de tecnologia incorporada, sendo inclusive relevante para as outras atividades de alta tecnologia. Desde a última década do século XX, virtualmente todas as atividades industriais de países de alta renda per capita utilizavam algum tipo de aparelho eletrônico produzido no vasto leque de atividades de alta tecnologia. Especificamente sobre a indústria de semicondutores – parte integrante do complexo eletrônico – HENDERSON (1991) afirma que:

“Não apenas eles [semicondutores] são o componente central na transmissão, recepção e amplificação de sinais eletrônicos e tão essenciais às telecomunicações, armazenamento de dados, recuperação e manipulação (computadores), mas também são fundamentais para o entretenimento caseiro (TV, vídeo, hi-fi etc.), ciências médicas, equipamentos militares, equipamentos aeroespaciais etc. Sem semicondutores, as sociedades industriais não funcionariam e a vida social a eles associadas seria quase impensável” (p.3)¹⁵.

Esse ponto de vista de que o complexo eletrônico revolucionou a sociedade industrial contemporânea é amplamente conhecido, não cabendo aqui nele alongar-se. De fato, na política industrial contemporânea, ele é dominante e tem entre seus principais expoentes Manuel Castells e seu livro “A sociedade em rede” (1999).

PAPACONSTANTINOU, SAKURAI e WYCKOFF (1996), ao realizarem estudo sobre a incorporação de tecnologia em 10 países da OCDE, concluem que os setores de alta tecnologia são os de menor aquisição de tecnologia incorporada de outros setores industriais, e que, inversamente, os setores de baixa e média tecnologia são aqueles de maior aquisição. Mesmo assim, este não é de forma alguma um processo linear no qual a mudança técnica flui apenas da alta tecnologia para os setores tradicionais e no qual inexistente dependência mútua:

“[...] fluxos tecnológicos não se movem apenas a partir de setores novos e de maior intensidade tecnológica para setores velhos e de menor intensidade tecnológica. A análise das relações entre empresas de baixa tecnologia e firmas de alta tecnologia no interior das cadeias de valor, claramente mostra o papel estratégico que empresas de baixa tecnologia exercem sobre a inovação na alta tecnologia. Reconhece-se que, em diversos casos, empresas de baixa tecnologia de fato incrementam a capacidade inovativa de empresas de alta tecnologia” (HIRSCH-KREISEN, 2008: 13)¹⁶.

A interdependência entre indústrias com intensidades tecnológicas distintas é tamanha que o esforço em P&D das firmas de alta tecnologia depende da demanda dos setores de baixa intensidade, seus principais clientes:

¹⁵ Tradução do autor.

¹⁶ Tradução do autor.

“Se por um lado a produtividade dos setores de baixa intensidade baseia-se nas inovações de alta tecnologia, por outro, a capacidade inovativa dos setores de alta tecnologia depende do seu estreito relacionamento com indústrias de baixa tecnologia” (HIRSCH-KREISEN, 2008:14)¹⁷.

Apesar de sua maior oportunidade tecnológica, da maior proximidade com conhecimentos científicos de fronteira e de sua relevância no processo de difusão da mudança técnica, com base em SMITH (1999), SMITH (2000), HIRSCH-KREISEN *et al* (2003) e HIRSCH-KREISEN (2008), postula-se que a importância da indústria de alta tecnologia para o conjunto das modernas economias precisa ser relativizada e tomada com as devidas ressalvas, pois, uma excessiva valorização do papel da alta tecnologia no processo de desenvolvimento econômico, pode levar, e tal como mostram os autores tem levado de fato, a erros na construção das agendas de desenvolvimento, as quais desprezam a relevância das atividades tradicionais no processo de mudança técnica.

Essencialmente as críticas de SMITH (1999,2000) e, de certa forma, de HIRSCH-KREISEN *et al* (2003,2008) referentes ao excesso de peso conferido a indústria de alta tecnologia como vetor do desenvolvimento econômico podem assim serem sumarizadas:

- O crescimento econômico não está associado a um único setor particular, mas encontra-se distribuído na estrutura industrial. Isso permite que países com estruturas industriais orientadas para atividades de média e baixa intensidades tecnológicas possam crescer rapidamente.
- Os setores de baixa e média intensidades tecnológicas também desenvolvem e difundem inovações.
- Mesmo setores de baixa intensidade tecnológica consomem conhecimentos científicos. Isto porque a base tecnológica dos setores não necessariamente está ligada à P&D.

¹⁷ Tradução do autor.

- Os insumos científicos e tecnológicos dependem de uma complexa dinâmica inerente aos sistemas setoriais. Portanto, atividades de baixa tecnologia podem e, de fato, muitas vezes fazem parte dos sistemas de inovação de setores de alta tecnologia.

Portanto, a política científica e tecnológica, ao invés de se basear no fomento exclusivo à alta tecnologia precisa compreender, de forma empírica, a forma pela qual se estruturam os sistemas de inovação, pois, mesmo em atividades industriais de alta complexidade tecnológica, setores de baixa intensidade também desempenham um papel relevante no processo inovativo e de mudança técnica, muito embora, ambos sejam ambos qualitativamente diferentes entre si.

NELSON e ROSENBERG (1993) também relativizam o peso da indústria de alta tecnologia no processo de mudança técnica afirmando que as relações entre ciência e tecnologia que levam a inovações, que, por sua vez, difundem-se pelo tecido industrial, são por demais complexas para depender exclusivamente da indústria de alta tecnologia, muito embora reconheçam seu papel central. De acordo com esses autores,

“Hoje, em áreas como a de equipamentos eletrônicos e sistemas, produtos e processos químicos e aviação, instalações de P&D, cientistas e engenheiros treinados na universidade ligados a empresas, universidades e agências governamentais são os principais veículos a partir dos quais o avanço tecnológico ocorre. A maior parte dos analistas da capacitação tecnológica nacional foca nestas instituições e setores [...]” Acredita-se “[...] que essa visão do avanço tecnológico e suas fontes é um tanto quanto restrita. Mesmo assim, estas instituições e setores são uma parte central do objeto” (NELSON e ROSENBERG, 1993:06)¹⁸.

¹⁸ Tradução do autor.

Com isso, é possível afirmar que o crescimento econômico possui uma complexa distribuição setorial que também envolve atividades de menor intensidade tecnológica, não sendo dependente apenas da mudança técnica promovida e difundida por setores de maior complexidade tecnológica, ainda que estes sejam muito relevantes para o crescimento econômico contemporâneo.

De fato, a indústria de alta tecnologia constitui-se em apenas numa pequena fração da indústria de manufatura. Considerando a economia estadunidense – maior produtora de artefatos de alta tecnologia do mundo – dados de 2006 mostram que esses setores respondiam por apenas 13,07% do emprego, 17,66% do valor adicionado e 22,11% da formação bruta de capital físico frente ao total da indústria. Não obstante, cerca de 70% da P&D total da indústria era, em 2006, realizada nestes setores (OCDE). O peso da indústria de alta tecnologia na atividade econômica parece, então, muito mais associado à difusão intersetorial da mudança técnica do que à geração direta de emprego e valor.

Como já mencionado, apesar de não possuir o mesmo peso econômico que a indústria tradicional, a indústria de alta tecnologia é qualitativamente diferente das demais atividades de manufatura. A diferença mais marcante da indústria de alta tecnologia frente às demais reside no fato de que estes setores precisam inovar mais constantemente do que setores tradicionais, pois as elevadas oportunidades tecnológicas forçam a rápida obsolescência dos produtos e, por estarem em estreito contato com tecnologias de fronteira, estes setores são os principais difusores de mudança técnica e não apenas, tal como setores tradicionais, grandes consumidores de tecnologia. De acordo com GUERRIERI e MILANA (1995),

“Isto significa que as indústrias de alta tecnologia não geram benefícios sociais apenas refletidos na magnitude de seu valor adicionado. A contribuição das indústrias de alta tecnologia, em razão de sua contribuição indireta ao desenvolvimento tecnológico nacional e riqueza econômica, claramente vai além de sua contribuição direta à produção e ao comércio exterior de um país” (p. 226)¹⁹.

Portanto, e de maneira geral, o termo indústria de alta tecnologia diz respeito àquelas atividades de manufatura caracterizadas por alta cumulatividade e alta oportunidade tecnológica, que se encontram em estreito contato com conhecimentos científicos e tecnológicos de fronteira, tanto influenciando-os quanto alimentando-se antecipadamente e constantemente dos mesmos, constituindo-se, dessa forma, nas principais atividades responsáveis, mas não únicas, pela difusão do progresso técnico no conjunto da estrutura industrial e da economia como um todo.

Apesar de todas as críticas que possam ser feitas, e que serão apresentadas na próxima seção, difundiu-se entre as instituições de fomento ao desenvolvimento econômico o uso dos gastos em P&D como medida do nível de intensidade tecnológica dos diferentes setores industriais e, portanto, de suas possibilidades de mudança técnica. A própria classificação na qual se baseia este trabalho apoia-se nesse indicador de esforço tecnológico. Assim sendo, dado os objetivos aqui propostos é preciso que, no intuito de definir o conceito de alta tecnologia de forma a inclusive operacionalizá-lo, conceitue-se a atividade de pesquisa e desenvolvimento.

Não obstante, assume-se que inúmeros outros indicadores poderiam ser, em conjunto ou isolados, utilizados para realizar tal tarefa. Atualmente encontram-se à disposição de *policy makers* e analistas diversos outros indicadores que medem tanto os insumos do processo inovativo quanto seus resultados. Contudo, em razão de sua ampla disponibilidade, que permite, inclusive, comparações interacionais, os gastos em pesquisa e desenvolvimento se sobrepuseram frente a

¹⁹ Tradução do autor.

outras escolhas possíveis, tais como, na esfera dos insumos: pessoal técnico/científico empregado, outros gastos em inovação, P&D incorporada em insumos e investimento de capital, bem como, na esfera do resultado: patentes, taxa de inovação, variações no *mix* de produtos, entre outros.

1.2 Atividades de pesquisa e desenvolvimento segundo a OCDE

Sobre as definições de pesquisa e desenvolvimento na OCDE, a referência básica é o Manual Frascati, cuja última atualização data de 2002. De maneira geral, o Manual define as atividades de pesquisa e desenvolvimento como sendo

“[...] o trabalho criativo realizado sistematicamente de maneira a aumentar o estoque de conhecimento, incluindo o conhecimento do homem, da cultura e da sociedade, bem como o uso deste estoque de conhecimento para criar novas aplicações” (OCDE, 2002:30).

Indiretamente, considerando-se certa linearidade na concepção da mudança técnica, o conceito de pesquisa e desenvolvimento da OCDE incorpora três atividades, quais sejam: pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental.

A pesquisa básica pode ser definida como “o trabalho experimental ou teórico realizado fundamentalmente para adquirir novo conhecimento subjacente às bases de um fenômeno e de fatos observáveis, sem que haja qualquer aplicação particular ou uso previstos” (OCDE, 2002:77).

A pesquisa básica fundamentalmente trabalha no campo da formulação de hipóteses, teorias e leis. Nesse sentido, seus resultados, por terem pouca aplicação prática, não se tornam mercadorias, mas quase sempre são publicados na forma de artigos científicos. Mesmo tendo como objetivo elementos puramente cognitivos, a pesquisa básica também pode ser orientada a uma possível aplicação econômica ou benefício social, mas obviamente sua preocupação fundamental está relacionada com o aumento do estoque de conhecimento num nível genérico (OCDE, 2002).

A OCDE (2002:78) apresenta a seguinte definição de pesquisa aplicada: “[...] aplicação original realizada objetivando adquirir novo conhecimento. É, contudo, dirigida fundamentalmente em direção a um objetivo prático específico. A pesquisa aplicada é realizada objetivando a utilização dos conhecimentos desenvolvidos pela pesquisa básica e ou pela experiência prática, ou seja, a pesquisa aplicada “[...] dá forma operacional às ideias [...]”.

Por sua vez, o desenvolvimento experimental “[...] é o trabalho sistemático realizado sobre o conhecimento adquirido a partir tanto da pesquisa e da experiência prática, que é direcionado à produção de novos materiais, produtos ou dispositivos, à implementação de novos processos e serviços, ou à complementação e melhorias substanciais daqueles já produzidos ou instalados” (OCDE, 2002:79).

Portanto, “[...] o critério básico na distinção entre pesquisa e desenvolvimento e atividades correlatas é a presença evidente de um elemento de novidade, bem como, a resolução de incertezas científicas e ou tecnológicas. Por exemplo, quando a solução de um determinado problema não está aparentemente pronta para alguém familiar com o estoque básico de conhecimento e técnicas comuns à área considerada” (OCDE, 2002:34)²⁰.

O Manual Frascati elenca uma série de situações que podem dificultar a mensuração dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, mas talvez as mais relevantes sejam aquelas relacionadas às áreas de criação de *softwares* e às ciências sociais. O referido Manual, afirma que sua construção esteve originalmente associada à lógica de P&D inerente às ciências naturais e das

²⁰ Segundo o Manual Frascati, as seguintes atividades devem ser excluídas da mensuração dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento: “(a) educação e treinamento; (b) outras atividades científicas e tecnológicas associadas (coleção de dados de uso geral, testes e padronização, estudos de viabilidade, tratamento especializado de saúde, trabalhos referentes a patentes e licenças, estudos relacionados a políticas públicas e criação rotineira de *softwares*); (c) outras atividades industriais (atividades inovativas de apoio, produção e atividades correlatas) e, finalmente; (d) administração e outras atividades de suporte (atividades puramente de financiamento e atividades de suporte). Evidentemente, existe certo grau de flexibilidade na mensuração dos investimentos em P&D, ou seja, caso as atividades aqui relacionadas sirvam diretamente a projetos específicos de P&D, então, devem ser consideradas como parte dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Em outras palavras, caso estas atividades sejam parte de um projeto específico que vise aumentar o estoque de conhecimento ou promover um elemento de novidade devem ser computadas como esforços de P&D” (tradução do autor).

engenharias, e que atualmente com o exponencial crescimento do setor de *software* e da crescente utilização de pesquisa e desenvolvimento nas áreas sociais, o mesmo tem se esforçado em incorporar estas novas dinâmicas, as quais se caracterizam fundamentalmente por terem como resultados de seus projetos de P&D, inovações intangíveis. Especificamente sobre a questão do *software*, o Manual Frascati afirma que um projeto de P&D em *software* é aquele cuja conclusão depende de um avanço técnico e/ou científico, tendo como objetivo, portanto, a resolução sistemática de alguma incerteza científica e ou tecnológica (OCDE, 2002).

O problema de medir a P&D está relacionado à dificuldade de considerar as fontes de informação que não proveem do departamento de pesquisa e desenvolvimento. Ou seja, como é possível medir o conhecimento construído a partir de informações obtidas através das relações com fornecedores, clientes, universidades, contratação de pessoal etc.

“A mensuração da eficiência em P&D constitui um dos problemas mais complexos da economia administrativa, e não existem soluções simples para sua resolução. Os insumos na P&D podem ser medidos e reduzidos a um denominador financeiro comum, mas, até nesse caso, existem complicações sérias, tais como a do peso dos insumos de informação vindos de fora da estrutura formal de P&D” (FREEMAN e SOETE, 2008:199).

Ressalta-se que os gastos em P&D podem ter eficiências distintas, ou seja, o dispêndio nessa atividade pode ter resultados inovativos totalmente distintos. E uma importante medida de eficiência da P&D é a existência de compreensão por parte da firma das necessidades dos usuários e não simplesmente de *know-how* tecnológico.

1.2.1 Classificação de intensidade tecnológica da OCDE

A OCDE, a fim de classificar as atividades industriais de acordo com suas intensidades tecnológicas, utilizava três indicadores, quais sejam: (i) gastos em pesquisa e desenvolvimento em relação à produção; (ii) gastos em pesquisa e

desenvolvimento em relação ao valor adicionado e; (iii) gastos em pesquisa e desenvolvimento mais tecnologia incorporada em bens de capital em relação à produção.

Estes indicadores foram escolhidos em função de captar tanto os impactos diretos da pesquisa e desenvolvimento na atividade industrial quanto os impactos indiretos. Segundo a OCDE, a escolha da intensidade tecnológica da P&D como *proxy* da intensidade tecnológica deve-se sobretudo à disponibilidade e confiabilidade deste indicador frente aos demais atualmente utilizados. De fato, devido à ausência de atualização das tabelas de insumo-produto da *International Standard Industrial Classification – ISIC third revision*, necessárias ao cálculo da tecnologia incorporada, apenas os dois primeiros indicadores são utilizados na atual classificação de intensidade tecnológica²¹. Importante ressaltar que o cálculo da intensidade incorporada, se realizado fosse, permitiria mensurar os fluxos de tecnologia entre os diferentes setores industriais. Assim, a classificação contemporânea foi construída a partir da análise dos investimentos em P&D, produção e valor adicionado de doze países membros²² da OECD no período 1991-1999, de acordo com a classificação de atividades econômicas descritas na ISIC Res.3²³ (Tabela 1.1).

21 O método de avaliação da intensidade indireta de P&D, quando de sua utilização, consistia na estimação da matriz de fluxos tecnológicos entre setores industriais por país e por ano. O P&D total incorporado no setor j era calculado a partir da seguinte equação:

$$RT_j = R_j + \sum_{i \neq j} RII_{ij}^d + \sum_{i \neq j} RII_{ij}^m + \sum_{i \neq j} RINV_{ij}^d + \sum_{i \neq j} RINV_{ij}^m$$

Ou seja, o P&D incorporado total pelo setor j é igual ao P&D direto realizado pelo setor j – R_j, mais a soma do P&D incorporado, tanto na compra de insumos domésticos – $\sum RII_{ij}^d$ quanto importados – $\sum RII_{ij}^m$, feita a partir dos demais setores industriais, excluídas as compras feitas no setor j, mais a soma do P&D incorporado tanto na compra de bens de capital domésticos – $\sum RINV_{ij}^d$ quanto importados – $\sum RINV_{ij}^m$ (ambos matrizes inversas), realizada a partir dos demais setores industriais, excluídas as compras feitas no setor j (HATZICHRONOGLU, 1997). Para se obter o indicador de intensidade indireta, o resultado da equação deve ser dividido pelo valor bruto da produção industrial do setor j e multiplicado por 100. Para uma melhor compreensão do cálculo da intensidade tecnológica indireta ver HATZICHRONOGLU (1997).

²² Estados Unidos, Canadá, Japão, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Espanha, Suécia e Reino Unido.

²³ A primeira classificação realizada pela OECD utilizou dados referentes ao período 1973-1992 (HATZICHRONOGLU, 1997).

Assumindo alguma arbitrariedade nos pontos de transição que definem os grupos de intensidade tecnológica, as atividades industriais podem ser classificadas como de alta tecnologia, média-alta tecnologia, média-baixa tecnologia e baixa tecnologia. A classificação proposta foi realizada após ordenarem-se as atividades industriais de acordo com suas médias no período 1991-1999 contra o agregado da indústria de transformação no conjunto da OCDE, e é apresentada nas Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3 (OCDE, 2007)²⁴.

As atividades classificadas nas categorias superiores possuem intensidades de P&D agregadas maiores do que atividades classificadas em categorias inferiores em ambos os indicadores, ou seja, considerando tanto a produção quanto o valor adicionado (OCDE, 2007). Ressalta-se ainda que, no ordenamento das atividades, levam-se em consideração tanto a estabilidade temporal (para anos próximos, atividades enquadradas em categorias superiores possuem maiores intensidades médias do que aquelas classificadas em categorias inferiores) quanto a estabilidade média nacional (atividades classificadas em altas categorias possuem maiores intensidades medianas entre os países num determinado ano do que as associadas à atividades pertencentes às categorias inferiores) (OECD, 2007)²⁵.

Importante ressaltar que, apesar do peso dos critérios de classificação não ser rígido (intensidades agregadas, estabilidade temporal e estabilidade média nacional), prepondera a intensidade média dos setores no período 1991-99.

As Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3 foram construídas a partir de OCDE (2007). Elas apresentam as intensidades tecnológicas sob a ótica do valor adicionado para

²⁴ Os dois indicadores atualmente empregados foram construídos com base nos gastos internos em P&D executado pela empresa, independente de seu financiamento.

²⁵ O documento da OCDE intitulado *Science, Technology and Industry Scoreboard 2007* chama atenção para o fato de que: (a) “os pontos de transição” [...] entre os níveis de intensidade [...] são claros, exceto possivelmente na distinção entre os grupos de média-baixa e baixa intensidade tecnológica”; (b) “devido ao limitado nível de detalhamento dos dados referentes aos gastos em P&D nos diferentes países, o grupo de atividades classificado como baixa tecnologia mostra-se relativamente coeso. Os poucos casos nos quais as intensidades de P&D estão disponíveis em níveis mais detalhados (a 2 dígitos) a depuração dos dados confirmam a alocação destas atividades no respectivo grupo, e, por fim, de suma importância à aplicabilidade da classificação em diferentes países”; (c) **“a classificação diz respeito à OCDE como um todo. Para países considerados individualmente, a alocação na classificação de intensidade tecnológica pode diferir. Pode-se, inclusive, a partir de dados nacionais mais detalhados, construir-se uma classificação própria mais ajustada”** (OECD, 2005:181). Grifos do autor.

setores industriais desagregadas a quatro, três e dois dígitos segundo a ISIC-Rev.3²⁶. Concomitantemente à desagregação setorial, antecipa-se a divisão por grupos de intensidade.

As Tabelas 1.1 e 1.2 ainda fazem um esforço de harmonização entre a ISIC-Rev.3 e a Classificação Nacional das Atividades Econômicas – CNAE 1.0 utilizada no Brasil. Ressalta-se que, para as intensidades sob a perspectiva do valor adicionado, só foi possível obter dados referentes ao primeiro e ao último ano do período que definiu a atual classificação. Mesmo assim, nele apresentam-se tanto a intensidade agregada para o conjunto selecionado de 12 países, como as intensidades medianas para esse conjunto.

Quando as intensidades são tomadas pela ótica do valor adicionado, assim como no caso das intensidades pela perspectiva do valor bruto da produção, tem-se elevada heterogeneidade nos dados. Ou seja, tomando apenas os cinco setores que compõem o grupo de alta tecnologia e considerando o último ano do período escolhido para a classificação vigente (1999), verifica-se uma variação nas intensidades medianas, entre a atividade de maior intensidade e a de menor, de cerca de 15 pontos percentuais. Essa variação diminui quando considerada, para o mesmo ano, a intensidade agregada (cerca de 11 pontos percentuais), contudo, permanece significativa. Nesse contexto, assim como no caso das intensidades sob a ótica do valor bruto da produção, que se verá a seguir, a maior homogeneidade está nos setores de média-baixa tecnologia e baixa tecnologia (Tabela 1.1).

²⁶ Na medida em que os setores aeroespacial e farmacêutico se destacam quanto à intensidade tecnológica frente ao conjunto dos demais setores listados em suas respectivas divisões, a OCDE optou por separá-los e apresentá-los isoladamente.

Tabela 1.1 – Intensidade tecnológica agregada, por setores industriais selecionados (% do VTI). OCDE²⁷, 1991 e 1999

Grupos de Intensidade	Setores	ISIC Rev.3	CNAE 1.0	Intensidades			
				1991		1999	
				Intensidade agregada ²⁸	Intensidade mediana ²⁹	Intensidade agregada	Intensidade mediana
Alta tecnologia	Aeroespacial	353	353	34,7	32,1	29,1	27,5
	Farmacêutico	2423	245	20,6	19,7	22,3	25,8
	Equipamentos de escritório e computadores	30	30	29,4	15,2	25,8	15,1
	Equipamentos eletrônicos e de comunicação	32	32	17	21,5	17,9	22,4
	Instrumentos de precisão	33	33	15,6	12,5	24,6	11,9
Média-alta tecnologia	Máquinas e material elétrico	31	31	9,3	5,9	9,1	6,7
	Veículos automotores	34	34	14,3	11,9	13,3	11,7
	Química (exceto farmacêutica)	24 – 2423	24 – 245	9,8	8,0	8,3	7,1
	Equipamentos ferroviários e equipamentos de transporte	352 + 359	352 + 359	7,6	5,4	8,7	7,9
	Máquinas e equipamentos	29	29	4,6	4,7	5,8	5,3
Média-baixa tecnologia	Construção e reparação de barcos e navios	351	351	2,8	2,6	3,1	2,9
	Borracha e plástico	25	25	2,6	1,5	2,7	3,0
	Refino de petróleo e combustíveis nucleares	23	23	5,4	3,8	1,9	2,7
	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	26	26	2,4	1,5	1,9	1,3
	Produtos de metal	27 + 28	27 + 28	2	1,6	1,6	1,4
Baixa tecnologia	Móveis e Reciclagem	36 + 37	36 + 37	1,2	0,9	1,3	1,2
	Madeira e papel	20 a 22	20 a 22	0,8	0,3	1,0	0,3
	Alimentos, bebidas e fumo	15 + 16	15 + 16	1,1	1,1	1,1	1,0
	Têxteis, confecções e calçados.	17 a 19	17 a 19	0,7	0,7	0,8	1,0
Total da manufatura		15 a 37	15 a 37	7,0	5,7	7,2	6,5

Fonte: Adaptado de OCDE (2007).

Por outro lado, a Tabela 1.2 apresenta, para o período 1991-1999, as intensidades agregadas médias sob a ótica do valor bruto da produção industrial para o conjunto de 12 países selecionados e os mesmos setores industriais

²⁷ Estados Unidos, Canadá, Japão, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Espanha, Suécia e Reino Unido.

²⁸ Intensidade agregada calculada após a conversão dos dispêndios em P&D, valor adicionado e valor bruto da produção dos países através da PPP.

²⁹ Intensidade mediana das intensidades encontradas nos países em cada setor.

apresentados na Tabela 1.1, só que desta vez para todos os anos do período e não somente para o primeiro e o último. A última coluna apresenta a intensidade média no período. Infelizmente, em virtude da ausência de dados disponíveis, não foi possível construir a mesma tabela para as intensidades sob a ótica do valor adicionado, contudo, julga-se que a forma como os setores foram ordenados seja análoga ao representado na Tabela 1.2.

Também do ponto de vista da intensidade tecnológica calculada sob a ótica da produção, as diferentes atividades industriais revestem-se, como se antecipou, de elevada heterogeneidade. Ou seja, considerando os dois extremos da classificação proposta pela OCDE, enquanto o setor aeroespacial possui uma intensidade média (1991-99) de 13,3%, o setor têxtil possui uma intensidade média de apenas 0,3%. Contudo, essas diferenças também são bem marcantes no interior dos próprios grupos, ou seja, tomando apenas o grupo de alta tecnologia, verifica-se que coexistem no mesmo grupo intensidades médias de cerca de 10% (aeroespacial e farmacêutica) e intensidade média de menos de 8% (instrumentos de precisão). Esta heterogeneidade também ocorre no interior dos demais grupos, porém, as maiores diferenças estão no setor de alta tecnologia. Portanto, a menor variação, ou seja, a maior proximidade, assim como no caso das intensidades sob a ótica do valor adicionado, encontra-se no grupo de baixa tecnologia (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 – Intensidade tecnológica agregada, por setores industriais selecionados (% do VBP). OCDE³⁰, 1991-1999

Grupos de Intensidade	Setores	ISIC Rev.3	CNAE 1.0	Intensidades									Intensidade média
				1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
Alta tecnologia	Aeroespacial	353	353	13,9	13,9	13,5	13,9	16,2	14,8	12,8	10,7	10,3	13,3
	Farmacêutico	2423	245	9,4	10,1	10,8	10,9	10,6	10,3	11,0	11,1	10,5	10,5
	Equipamentos de escritório e computadores	30	30	10,9	10,4	9,3	8,8	7,5	9,1	10,4	8,9	7,2	9,2
	Equipamentos eletrônicos e comunicação	32	32	7,9	8,3	7,9	7,8	7,7	8,2	8,0	8,6	7,4	7,9
	Instrumentos de precisão	33	33	6,6	6,8	7,1	7,7	7,7	7,4	8,0	8,0	9,7	7,7
Média-alta tecnologia	Máquinas e material elétrico	31	31	4,2	4,0	4,0	3,8	4,0	3,9	3,9	4,0	3,6	3,9
	Veículos automotores	34	34	3,7	3,4	3,5	3,4	3,5	3,7	3,5	3,3	3,5	3,5
	Química (exceto farmacêutica)	24 - 2423	24 - 245	3,4	3,3	3,4	3,1	2,8	3,1	2,7	3,1	2,9	3,1
	Equipamentos ferroviários e equipamentos de transporte	352 + 359	352 + 359	2,9	2,4	2,4	2,7	2,6	3,2	3,5	3,0	3,1	2,9
	Máquinas e equipamentos	29	29	1,9	2,0	2,0	2,1	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1
Média-baixa tecnologia	Construção e reparação de barcos e navios	351	351	0,9	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0
	Borracha e plástico	25	25	1,0	1,0	0,9	1,0	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9
	Refino de petróleo e combustíveis nucleares	23	23	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,9	0,4	0,9
	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	26	26	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9
	Produtos de metal	27 + 28	27 + 28	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6
Baixa tecnologia	Móveis e Reciclagem	36 + 37	36 + 37	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5
	Madeira e papel	20 a 22	20 a 22	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
	Alimentos, bebidas e fumo.	15 + 16	15 + 16	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
	Têxteis, confecções e calçados.	17 a 19	17 a 19	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Fonte: Adaptado de OCDE (2007).

³⁰ Estados Unidos, Canadá, Japão, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Espanha, Suécia e Reino Unido.

Ainda considerando a intensidade tecnológica apenas sob a ótica da produção, a indústria de manufatura como um todo possui para o período 1991-1999 uma intensidade média de 2,5% do VBP. A heterogeneidade verificada quando da análise isolada dos setores evidencia-se quando tomam-se os setores de maneira agregada (grupos de intensidade), assim, o setor de alta tecnologia de intensidade agregada média de 9,3% contrasta com o de baixa tecnologia de intensidade agregada média de 0,3% (Tabela 1.3).

Tabela 1.3 - Intensidade tecnológica agregada, por grupos de intensidade (% do VBP). OCDE³¹, 1991-1999

Grupos	Intensidades									Intensidade agregada média
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
Total da indústria de manufatura	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5
Alta tecnologia	9,4	9,5	9,3	9,3	9,2	9,3	9,5	9,3	8,7	9,3
Média-alta tecnologia	3,1	3,0	3,1	3,0	2,9	3,1	2,9	3,0	3,0	3,0
Média-baixa tecnologia	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8
Baixa tecnologia	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3

Fonte: Adaptado de OCDE (2007).

Do ponto de vista operacional, considerando a metodologia da OCDE, pode-se definir a indústria de alta tecnologia como aquela que contém setores industriais com um investimento médio em pesquisa e desenvolvimento acima de 5% em relação ao valor bruto da produção e acima de 10% em relação ao valor adicionado. Chegou-se a essa linha de corte depois de se analisarem os cinco setores de alta tecnologia e seu comportamento comum no período histórico de 1991-1999. Notadamente, a definição dos setores de alta tecnologia deve-se mais ao posicionamento frente à média e frente aos outros setores do que a uma determinada linha de corte empiricamente determinada. Assim sendo, os setores de alta tecnologia apesar de terem intensidades um tanto heterogêneas entre si, frente aos outros setores e à média da manufatura, estes se destacam, merecendo por isso serem agrupados juntos.

A atual classificação resultante da metodologia descrita é composta de quatro grupos de intensidade reunindo 19 setores industriais, quais sejam: (i) alta

³¹ Estados Unidos, Canadá, Japão, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Espanha, Suécia e Reino Unido.

tecnologia (5 setores): aeroespacial, farmacêutico, equipamentos de escritório e computadores, equipamentos eletrônicos e de comunicação, e instrumentos de precisão; (ii) média-alta tecnologia (5 setores): máquinas e material elétrico, veículos automotores, químico, equipamentos ferroviários e equipamentos de transportes e, máquinas e equipamentos; (iii) média-baixa tecnologia (5 setores): construção e reparação de barcos e navios, borracha e plástico, refino de petróleo e combustíveis nucleares, outros minerais não-metálicos e, produtos metalúrgicos; (iv) baixa tecnologia (4 setores): móveis e reciclagem, madeira e papel, alimentos, bebidas e fumo, têxteis, confecções e, calçados.

A variação das intensidades tecnológicas observada nas Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3, na indústria de transformação deve-se à variação nas oportunidades e nas apropriabilidades tecnológicas setoriais, assim, quanto maiores forem as oportunidades e as apropriabilidades – *ceteris paribus* – maiores serão as intensidades tecnológicas (KLEVORICK *et al*, 1995).

Apesar da atual configuração empregada, ao longo da existência da classificação, os grupos de intensidade tiveram variações. Originalmente, a classificação da OECD possuía apenas três grupos, ou seja, alta tecnologia, média tecnologia e baixa tecnologia. Mesmo na atual configuração, com quatro grupos de intensidades, os setores industriais podem variar suas posições relativas. Por exemplo, o setor de instrumentos de precisão, que no passado figurava no grupo de média-alta tecnologia, hoje pertence à alta tecnologia, assim como o setor de material elétrico já pertenceu ao grupo de alta tecnologia e hoje compõe o grupo de média-alta tecnologia. As variações mencionadas se deveram obviamente a um aumento no decorrer dos anos da intensidade tecnológica do setor de instrumentos de precisão e da diminuição da intensidade tecnológica do setor de material elétrico.

Muitos autores têm demonstrado a emergência do setor de serviços e do possível surgimento de uma sociedade “*pós-industrial*”, marcada pela intensa produção, difusão e uso de *softwares*³², contudo, a classificação de intensidade tecnológica setorial proposta pela OCDE trata apenas das atividades industriais

³² CASTELLS (1999), BELL (1973) e LOJKINE (2002).

não incorporando assim, nem o setor de serviços como um todo e nem o desenvolvimento de *softwares* especificamente.

A relevância do setor de serviços nas modernas atividades econômicas é reconhecida pela OCDE, no entanto, sua ausência na classificação de intensidades tecnológicas deve-se, segundo a organização, ao fato de que as estatísticas disponíveis são muito recentes e que um dos importantes critérios de classificação é justamente a estabilidade temporal, por isso, ainda não foi possível introduzir os diversos segmentos do setor de serviços na classificação proposta. HATZICHRONOGLOU (1997) inclusive afirma que a introdução dos setores de serviços na classificação de intensidade tecnológica deva acontecer em categorias de maior intensidade tecnológica, pois este setor da economia, com especial destaque para o desenvolvimento de *softwares*, tem se movimentado de uma posição de intenso uso de tecnologia para uma de intensa produção.

Destaca-se nesse sentido que, o setor de serviços, em 2002, era responsável por mais de um quarto do investimento privado total em P&D, respondendo, inclusive, por um crescimento em relação a 1993 da ordem de oito pontos percentuais. A partir de 1993, as taxas médias de crescimento anual do investimento total em P&D neste setor têm sido superiores às taxas referentes ao setor de manufatura para todo o conjunto da OCDE, com exceção da Finlândia, República Tcheca e Polônia (OCDE, 2005).

Estes fatos, apesar da ressalva da OCDE (2005:26) de que “[...] enquanto esforços têm sido feitos para ajustar os dados, é importante ter cautela na utilização dos mesmos”³³, levam a crer que na eventual inclusão do desenvolvimento de *softwares* na classificação de intensidade, esta ocorra nos grupos de alta tecnologia ou média-alta tecnologia. Mesmo porque os indicadores extraídos do setor de informática (o qual inclui o desenvolvimento de *softwares*) dos Estados Unidos no ano de 2000 assim o permitem fazer, ou seja, utilizando a produção como critério tem-se um investimento em P&D da ordem de 5,74%, por outro lado, considerando o valor adicionado tem-se uma intensidade da P&D de 9,05%, números estes que, caso seja verificada estabilidade temporal, poderiam

³³ Tradução do autor.

permitir a inclusão do desenvolvimento de *softwares* nas categorias de maior intensidade.

Muito embora esta seja a classificação difundida e usualmente aceita, o fato da mesma considerar a mudança técnica como unicamente dependente dos gastos em P&D tem permitido que esta classificação seja alvo de duras críticas no meio acadêmico. Dentre as principais vozes que se opõem à classificação proposta pela OCDE encontra-se o grupo de pesquisa denominado *Policy and Innovation in Low-Tech – PILOT Project*, que, com base em dois argumentos básicos, critica severamente a classificação de intensidade tecnológica setorial proposta pela OCDE, quais sejam (i) investimentos em P&D não são as únicas atividades conhecimento-intensivas realizadas pela indústria e (ii) a classificação “[...] ignora o fato de que o conhecimento que é relevante para uma indústria pode ser distribuído ao longo de muitos setores ou agentes” (HIRSCH-KREINSEN *et al*, 2003:14). Nesse sentido, mesmo atividades ditas de baixa tecnologia podem ser intensivas no uso de conhecimento gerado em outro setor (HIRSCH-KREINSEN *et al*, 2003:14)³⁴.

PAVITT (1984) já chamava atenção para o fato de que, no contexto da mudança e intensidade técnicas, é insuficiente considerar apenas os gastos em P&D, uma vez que boa parte da tecnologia provém de firmas de outros setores industriais e encontra-se incorporada nas compras inter-setoriais:

“Nossa análise sugere que as estatísticas de P&D não mensuram duas fontes importantes de mudança tecnológica: os departamentos de engenharia de produção das firmas intensivas em produção e as atividades de projeto e desenvolvimento de fornecedores pequenos e especializados de equipamentos de produção” (PAVITT, 1984:29).

³⁴ O grupo de pesquisa denominado PILOT – *Policy and Innovation in Low-Tech* - constitui-se de pesquisadores provenientes de nove países europeus e possui como tema central a representatividade econômica das atividades classificadas, pelo padrão da OCDE, como de baixa tecnologia. Talvez seu argumento mais relevante refira-se à hipótese de ainda serem as atividades não intensivas em pesquisa, as responsáveis pelo crescimento econômico de boa parte dos países europeus, negando assim, as ideias presentes no *mainstream* da política tecnológica contemporânea, a qual imputa às atividades intensivas em pesquisa a responsabilidade pelo crescimento econômico.

Por outro lado, a própria OCDE atenta para o fato de que apenas a mensuração de investimentos em pesquisa e desenvolvimento não é suficiente para avaliar a intensidade tecnológica de um determinado setor, ou seja, a OCDE é consciente de que nem toda tecnologia desenvolvida está relacionada a processos deliberados e estruturados de pesquisa e desenvolvimento.

Especificamente sobre a dificuldade de se definir alta tecnologia, a OCDE afirma que:

“A pesquisa é uma característica extremamente importante da alta tecnologia, mas não é a única. Outros fatores também podem desempenhar um papel significativo (por exemplo, pessoal técnico e científico, tecnologia incorporada em patentes, licenças e know-how, estratégias de cooperação entre empresas, rápida obsolescência do conhecimento disponível, elevada rotatividade do equipamento etc)” (HATZICHRONOGLOU, 1997:08)³⁵.

Para FREEMAN e SOETE (1997), apesar de parte da mudança técnica ser gerada fora dos departamentos formais de P&D e por isso escapar às estatísticas oficiais, os setores de alta tecnologia se caracterizam justamente pela preponderância dos departamentos de P&D frente a todos os outros na geração de inovação que levam à mudança técnica.

Sobre o grau de ignorância das estatísticas oficiais sobre pesquisa e desenvolvimento, os autores afirmam:

“O que não se sabe é qual é a contribuição relativa dos trabalhos de P&D para o progresso técnico em comparação com as invenções e melhorias geradas inteiramente fora do sistema de P&D formal. Uma hipótese plausível é a de que a contribuição proporcionada pelo sistema formal de P&D é muito maior nos ramos industriais intensivos em pesquisa” (FREEMAN e SOETE, 2008:377).

Existem ainda outras limitações quanto ao uso dos indicadores de intensidade empregados pela OCDE, quais sejam: (a) em situações de forte crescimento da demanda, os indicadores tornam-se enviesados uma vez que a produção cresce mais que proporcionalmente do que os investimentos em P&D;

³⁵ Tradução do autor.

(b) os investimentos em P&D no interior de um setor podem ser típicos de atividades de outros setores (por exemplo, parte da P&D feita no setor aeroespacial se dá na área de comunicações) e; (c) ausência de dados mais desagregados.

Mesmo assim, na ausência de dados que possam incorporar de maneira segura os processos de desenvolvimento tecnológico, a OCDE optou por considerar nos cálculos que servem de base à classificação apenas os esforços de pesquisa e desenvolvimento.

Na medida em que a atual classificação possui apenas poucas mudanças em relação àquela originalmente desenvolvida (na qual se utilizava a P&D indireta), pode-se assumir que ela incorpora a P&D distribuída entre os setores industriais. Nesse contexto é importante ressaltar que mesmo que o cálculo da tecnologia incorporada em bens intermediários e de capital não altere significativamente a composição dos grupos, a ordem de intensidade dentro dos grupos provavelmente seria afetada (HATZICHRONOGLU, 1997).

Não obstante as críticas, a classificação de intensidade tecnológica proposta pela OCDE é amplamente difundida pela organização e serve de base para todas as suas análises e comparações internacionais que versam sobre indicadores de ciência, tecnologia e inovação.

Em que pesem as críticas quanto ao papel da indústria de alta tecnologia no processo de desenvolvimento contemporâneo, bem como ao uso dos gastos em P&D como único indicador de intensidade tecnológica, estabeleceu-se ao longo deste capítulo que, frente a outras atividades de manufatura, a indústria de alta tecnologia é qualitativamente diferente.

Essa diferença se expressa em sua alta relevância na difusão de conhecimento entre os setores industriais, nas fontes de informação ao progresso técnico, na necessidade de alta acumulação de conhecimento, na elevada oportunidade tecnológica, bem como, na alta complexidade do processo produtivo.

Por serem assim tão diferentes, estas atividades industriais possuem padrões próprios de localização espacial, os quais, via de regra, exigem algum

nível de capacitação tecnológica local refletida principalmente na qualificação da mão de obra.

Baseado numa perspectiva na qual a tecnologia não se encontra livremente disponível aos países, mas ao contrário, é fruto de esforços deliberados de construção de capacidade tecnológica nacional, o capítulo a seguir procura apresentar e integrar, três blocos teóricos distintos de forma a compreender a nova lógica de localização espacial das atividades de alta tecnologia, quais sejam: (i) a teoria do ciclo de vida do produto, (ii) a organização das cadeias produtivas globais e, (iii) a perspectiva evolucionária do comércio exterior.

Estas três correntes teóricas foram selecionadas, pois, cada uma delas apresenta elementos que quando analisados conjuntamente permitem explicar os determinantes atualmente mais relevantes da localização industrial.

A teoria do ciclo de vida do produto estabelece um padrão de localização já amplamente conhecido, no qual, produtos novos, de processo produtivo pouco conhecido, tendem a ser manufaturados próximos de seus mercados consumidores e em locais nos quais exista um *pool* suficiente de fornecedores especializados. Apenas quando os produtos atingem um dado nível de padronização, no qual as incertezas produtivas foram resolvidas, é que se passa a aventar a possibilidade de se deslocar a produção para países de custos de produção inferiores. Nessa dinâmica, a produção é nacionalmente circunscrita e, portanto, tomada como sendo totalmente ou na maior parte internalizada por um país.

Por outro lado, a atual possibilidade de fragmentar a produção exige que a teoria do ciclo de vida do produto seja revista e atualizada em razão dos modernos arranjos das cadeias produtivas globais. Nessa perspectiva, mesmo a produção de um produto em fase de introdução pode ser, pelo menos em parte, fragmentada em diversos países e depois vendida ao país de alta renda per capita que desenvolveu o produto. Assim, a produção moderna, principalmente de artefatos de alta tecnologia, ocorre de forma fragmentada e mesmo na fase inicial do ciclo. O consumo interno deixa, então, de ser essencial para a presença de produção em larga escala. Atividades genéricas, que exigem pouca interação com

os consumidores, podem ser deslocadas em razão de diferenças de custos de produção. Esse corpo analítico traz, portanto, a possibilidade de separar as etapas produtivas em razão de seus custos de produção e das necessidades tecnológicas.

A dinâmica de produção fragmentada cria certa divisão internacional do trabalho na qual coexistem países que realizam atividades tecnologicamente complexas e países que executam atividades intensivas em mão de obra de pouca complexidade tecnológica. A determinação das especializações nacionais, num ou outro conjunto de atividades, depende dos esforços de capacitação historicamente construídos e das trajetórias tecnológicas dos setores escolhidos, por isso, a divisão internacional do trabalho que emerge da produção fragmentada precisa ser observada também a partir da abordagem evolucionária de comércio exterior, pois, para esta corrente, as especializações nacionais são cumulativas, sistêmicas e deliberadamente construídas.

Como resultado da interação destas três correntes tem-se um modelo teórico no qual a localização da produção de alta tecnologia está associada à possibilidade de explorar diferenças nos custos de produção, bem como diferenças nas capacitações tecnológicas nacionais.

Este trabalho apoia-se, então, tal como poderá ser observado no capítulo a seguir, numa abordagem heterodoxa da localização espacial da produção. Nessa abordagem, o desenvolvimento tecnológico é polarizado, cumulativo e interdependente.

2. Uma abordagem heterodoxa da localização de atividades de alta tecnologia

Esta tese expressa a ideia de que a tecnologia não se encontra livremente disponível a todos os países, mas, ao contrário e assim como a mão de obra qualificada, sua difusão é espacialmente e geograficamente desigual. Atualmente, este processo de difusão está condicionado à existência de mercados consumidores, ao moderno arranjo das cadeias produtivas e aos esforços públicos e privados de avanço técnico. Nesse sentido, este trabalho propõe-se a analisar a dinâmica de localização internacional de atividades de alta tecnologia através da utilização da teoria do ciclo de vida do produto complementada pela perspectiva da fragmentação da produção e pela abordagem evolucionária do comércio internacional.

A principal mensagem que este capítulo pretende passar é de que, apesar de desatualizada, a teoria do ciclo de vida do produto continua válida. As firmas continuam atentas a diferenças nos custos de produção, contudo, como agora é possível fragmentar a produção, estas tendem a deslocá-la mesmo na fase inicial do ciclo de vida do produto.

Este capítulo, que apresenta e discute o modelo teórico proposto, é composto de quatro seções. Na primeira seção, tem-se a discussão da teoria do ciclo de vida do produto elaborada por VERNON (1966) e outros. Na segunda seção, discute-se como o processo de fragmentação da produção tem alterado a lógica de localização de produtos de alta tecnologia. A terceira seção procura incluir na discussão a abordagem evolucionária do comércio internacional. Ou seja, questionam-se os determinantes da difusão desigual de tecnologia e os diferentes níveis de capacitação tecnológica nacional.

Por fim, a quarta e última seção procura unir os três corpos teóricos apresentando a atual mecânica de localização internacional de atividades de alta tecnologia. Como resultado, esta última seção apresenta uma tipologia de países

construída de acordo com suas posições na moderna divisão internacional do trabalho.

2.1 Uma perspectiva heterodoxa do comércio internacional e a teoria do ciclo de vida do produto

Segundo LALL (2005:29), a teoria econômica convencional supõe que:

“[...] todas as empresas possuem conhecimento igual e pleno de todas as tecnologias disponíveis (em uma dada função de produção) e podem utilizar a tecnologia selecionada de modo eficiente e instantâneo (o conhecimento sobre a existência da tecnologia supõe inclusive o conhecimento sobre seus elementos ‘tácitos)’”.

De fato, a concepção ortodoxa da localização internacional da produção postula que, num ambiente de perfeita informação, de agentes maximizadores, de demandas idênticas entre países e de tecnologia livre e disponível, as diferentes economias nacionais alcançariam níveis de bem estar maiores caso se abrissem incondicionalmente ao comércio exterior. As polarizações de níveis tecnológicos e de produção no mundo seriam, portanto, derivadas da falta de abertura ao comércio, sendo automaticamente solucionadas através do mecanismo de ajustamento de mercado que equalizaria preços.

DOSI, PAVITT e SOETE (1990) apresentam uma interessante anedota sobre a perspectiva ortodoxa do comércio internacional, que, por sua vez, é relevante para a compreensão da dinâmica locacional da indústria de alta tecnologia sobre os moldes da teoria do ciclo de vida do produto:

“Era uma vez, como os teóricos do comércio internacional gostam de contar uns aos outros, um paraíso no qual todos viviam eficientemente, produzindo e trocando tudo o que era demandado na mais perfeita combinação entre fatores. Aí veio um anjo e pintou cores diferentes nas testas de todos, talvez uma bandeira nacional, permitindo a todos produzir e trocar capital e terra apenas entre as mesmas cores.

A dispersão que se seguiu levou a grandes diferenças na eficiência em todo o mundo, com grande perda de bem estar mundial. Desde este infeliz momento, os teóricos do comércio – por definição, economistas com uma perspectiva de bem estar mundial ao invés de nacional – vêm tentando mostrar como retornar esta situação paradisíaca” (DOSI, PAVITT e SOETE, 1990:01)³⁶.

Notadamente, a citada situação é utópica e não explica a atual dinâmica do comércio internacional. Tal como demonstram os autores com dados internacionais para um período de quase cem anos, essa dinâmica é marcada pela assimetria na distribuição das atividades inovativas, nos graus de mudança técnica entre os países, bem como na eficiência do uso de insumos produtivos.

Portanto, a correta análise desta dinâmica espacial exige que se observe a indústria de alta tecnologia a partir de uma perspectiva que considere o caráter desigual na distribuição, adoção e aprendizado de tecnologia, de forma a compreender este processo também com um enfoque temporal e espacial, que é historicamente determinado. Isto é justamente o que fazem a teoria do ciclo de vida do produto, a perspectiva evolucionária do comércio internacional e a abordagem da fragmentação das cadeias produtivas globais³⁷.

Em artigo intitulado *International Investment and International Trade Product Cycle*, publicado na *Quarterly Journal of Economics*, em maio de 1966, Raymond Vernon apresentou um elegante modelo gráfico que objetivava compreender por que novos produtos ou inovações tendem a surgir primeiro em países ricos de altos salários médios. O modelo foi construído com base na experiência

³⁶ Tradução do autor.

³⁷ Na tentativa de atingir os objetivos propostos, aventou-se a possibilidade de utilizar a nova teoria do comércio. Contudo, apesar de considerar a possibilidade de múltiplos equilíbrios e, por isso, se constituir num avanço frente às abordagens mais ortodoxas de comércio internacional, a nova teoria do comércio elaborada por KRUGMAN (1979 e 1980) não permite uma visão correta dos processos de localização fragmentada produção de alta tecnologia. Principalmente, pois, como se verá ao final deste capítulo, o “efeito mercado interno” estabelecido por este corpo teórico é incompatível com o moderno arranjo espacial das cadeias produtivas de alta tecnologia. De fato, a análise aqui proposta, é em alguns pontos, antagônica a este corpo teórico. Muito embora, de forma pontual, ele tenha sido útil na compreensão das estratégias globais da firma. Similarmente ao postulado pela teoria do ciclo de vida do produto, e ao contrário dos pressupostos desta tese, o efeito mercado interno estabelece que os principais exportadores mundiais de um determinado produto seriam justamente aqueles países que possuem os maiores mercados internos do referido produto.

estadunidense de comércio exterior e nas de seus principais parceiros comerciais. Mesmo assim, a originalidade e a simplicidade do mesmo permitiram que o modelo fosse generalizado a todos os países.

O artigo de VERNON (1966) foi a base para o também seminal trabalho de WELLS (1968), este publicado no *Journal of Marketing*, em julho de 1968, e intitulado *A Product Life Cycle for International Trade?* Ambos davam início a uma nova discussão heterodoxa sobre o comércio internacional. De forma geral, estes trabalhos afirmam que novos produtos, tendem a surgir primeiro em países ricos de altos salários médios, pois neles existem tanto a demanda por novos produtos quanto as condições para que sejam produzidos. Os autores afirmam ainda que os bens produzidos no modo de produção capitalista alcançam a fase de maturidade e que o deslocamento internacional da produção para países menos desenvolvidos está, portanto, associado à fase de padronização na qual se encontra o produto, uma vez que o acesso ao conhecimento não é igualmente difundido entre os países.

Para DICKEN (2007), a principal contribuição de VERNON (1966) está associada ao fato de que este último introduziu na teoria do ciclo de vida do produto a dimensão espacial, a qual, até então, não tinha tal preocupação.

Para a construção de seu modelo, que se preocupa em explicar a difusão espacial de novos produtos ou inovações, VERNON (1966) afirma que a noção clássica de vantagens competitivas (estáticas), determinadas unicamente pelos custos relativos, não é capaz de explicar os fluxos de comércio até então observados. Portanto, segundo o autor, seria necessário incorporar à análise o desenvolvimento de novos produtos, a relevância das economias de escala e a informação imperfeita.

Por ter sido construída na segunda metade dos anos sessenta do século XX, a modelagem confeccionada por VERNON (1966) representa o comportamento das grandes empresas transnacionais estadunidenses em suas estratégias locais. Assim, a atual análise da veracidade e da capacidade explicativa do modelo deve considerar o período histórico no qual o mesmo foi escrito. DICKEN (2007) afirma inclusive que, no momento em que Vernon

desenvolvia seu modelo, pouco se sabia sobre a participação dos países em desenvolvimento (à época, terceiro mundo) na produção internacional de bens. Ou seja, ao prever o deslocamento da produção para outros países em desenvolvimento, o modelo obteve relativo grau de sucesso.

Contudo, as intensas transformações das últimas décadas do século XX, em particular aquelas ocorridas nas décadas de setenta, oitenta e noventa, alteraram significativamente a validade explicativa do modelo quanto ao padrão internacional de localização da produção.

Na formulação original da teoria do ciclo de vida, três elementos explicam a maior incidência de inovações na economia estadunidense. O primeiro elemento seria o de cunho geográfico. Para VERNON, que se distancia da visão clássica de informação perfeita, o conhecimento não é um bem universalmente livre, mas, ao contrário, é geograficamente determinado. Assim, a capacidade de identificação de oportunidades por parte de um empreendedor é função da fácil ou azeitada comunicação e, na medida em que o conhecimento é geograficamente circunscrito, a identificação da oportunidade tende a ocorrer por agentes geograficamente próximos.

O segundo elemento diz respeito à alta renda per capita existente no mercado americano, sendo à época na qual foi escrito o artigo, o maior mercado e com a renda per capita mais elevada no mundo. É justamente neste mercado que existe uma maior demanda por produtos de custos mais elevados e de maior complexidade quanto a seu funcionamento e/ou constituição.

Dado que o mercado estadunidense caracteriza-se também por altos custos unitários do trabalho, existem fortes incentivos à criação de inovações de processo, as quais são, em boa parte das vezes, poupadoras de mão de obra. Nesse sentido, o terceiro elemento relacionado aos determinantes do ciclo de vida produto está associado ao fato de que elevados custos trabalhistas junto com alta renda per capita tendem a estimular a criação de novos produtos ou processos.

O modelo propõe, então, que o surgimento da inovação é função positiva da renda per capita da economia e dos custos trabalhistas. Ou seja, $I = f(Y_p, W_t)$. Sendo, I o volume de inovações, Y_p a renda disponível, W_t os custos trabalhistas.

Para o autor, na medida em que, à época de seus escritos, a economia estadunidense era aquela com maior renda per capita (excluindo-se alguns pequenos países produtores de petróleo do oriente médio), maiores custos trabalhistas, e maior disponibilidade de capital, que está associada à alta renda per capita, é nela que primeiro surgiam os novos produtos.

Com o passar do tempo, o produto vai se tornando mais comum, suas práticas produtivas tornam-se rotineiras e conhecidas e as economias de escala e escopo tornam-se gradativamente mais relevantes. Com isso, a produção do mesmo transfere-se primeiro para economias desenvolvidas e, num último estágio – agora já completamente padronizado –, aos países em desenvolvimento.

É importante ressaltar que VERNON (1966) chama atenção para o fato de que seu modelo é uma simplificação de um processo complexo e imperfeito. No contexto do comércio e investimentos internacionais, o autor destaca que a história está repleta de casos nos quais a localização da produção não está associada a uma decisão puramente contábil, mas a decisões estratégicas frente a ambientes políticos instáveis, posicionamento de concorrentes e implicações tecnológicas.

O modelo compreende, portanto, três fases distintas no ciclo de vida de um produto, cada qual associada a um determinado grau de padronização, quais sejam: (i) novo produto, (ii) produto em maturação, e (iii) produto padronizado.

A produção de um novo produto é caracterizada pela incerteza em seu processo de manufatura e pela multiplicidade de possibilidades. Nessa fase, a produção ainda é muito experimental e as rotinas não estão estabelecidas.

“Nos estágios iniciais da introdução de um novo produto, os produtores usualmente confrontam-se com um número crítico, por vezes transitório, de condições. Considerando o mesmo, o produto em si pode ser, em grande medida, temporariamente não padronizado, seus insumos, seu processamento, bem como suas especificações finais podem cobrir um vasto leque de opções” (VERNON, 1966:195)³⁸.

³⁸ Tradução do autor.

Nessa primeira fase, os produtores estão mais preocupados com a liberdade de escolha e a disponibilidade dos insumos do que com o preço dos mesmos. Isto se deve, em parte, ao fato de que o alto grau de diferenciação do produto ou a elevada concentração de mercado fazem com que a demanda seja inelástica. Nesse sentido, pelo lado da demanda, pequenas diferenças de custos tendem a ter um peso menor na decisão locacional da firma.

Devido à elevada incerteza inerente a essa etapa da produção, existe a necessidade de constante absorção de informação, tanto sobre o mercado consumidor dos produtos e o mercado fornecedor dos insumos quanto sobre o comportamento das firmas concorrentes.

Estes fatores acabam por determinar a localização da produção de novos produtos em plantas produtivas que permitam a fácil e ágil comunicação entre o mercado e os responsáveis pela produção, bem como em locais nos quais exista variedade de insumos que possam vir a ser necessários³⁹. Notadamente, nesta fase, a produção localiza-se em países ricos de altos salários médios, que não só demandam tais produtos como possuem capital e tecnologia para tanto⁴⁰.

Na medida em que ocorre a expansão da demanda, certo grau de padronização começa a surgir e o produto passa à sua segunda fase, a de maturação. O aumento de conhecimento do processo produtivo e a consequente redução de incertezas quanto aos insumos impelem a uma maior ponderação dos custos de produção em detrimento da flexibilização do processo. O estabelecimento de padrões mínimos de produção aliado à massificação da produção e ao comprometimento de longo prazo com certos processos produtivos permite que a firma inicie esforços no sentido de realizar economias de escala.

³⁹ CANTWHEEL (1995), numa robusta revisão do ciclo de vida do produto, refuta a hipótese de que a inovação ocorra apenas em um país. Com base em dados históricos de patentes, o autor mostra que existem múltiplos centros nos quais a inovação surge. Contudo, a maioria deles diz respeito a países de alta renda per capita e desenvolvidos. Portanto, apesar de ser uma constatação relevante, ela não inutiliza este corpo teórico, principalmente sob a perspectiva utilizada aqui, uma vez que, se está focando, principalmente, na distinção entre grandes grupos de países, notadamente desenvolvidos e em desenvolvimento.

⁴⁰ SAYER e MORGAN (1988) chamam atenção para o fato de que a produção de alta tecnologia próxima ao mercado consumidor está relacionada também às estratégias empresariais que visam evitar o protecionismo, à necessidade de obtenção de aprovação e certificação por órgão nacional e, principalmente, à possibilidade de obtenção de apoio financeiro por parte do estado nacional.

Mesmo que os custos de produção passem a se tornar cada vez mais importantes nas estratégias da firma, na medida em que ainda não existe uma concorrência baseada em preço, os custos ainda precisam ser relativizados frente às demandas tecnológicas.

Se aquele produto novo, antes produzido apenas nos Estados Unidos, tiver alta elasticidade renda ou for poupador de mão de obra de alto custo, sua demanda tenderá a crescer nos países desenvolvidos, notadamente, à época dos escritos originais do autor, no oeste europeu. Na medida em que a demanda por esse produto se expande nestes países, as firmas estadunidenses passam a avaliar a possibilidade de se estabelecer em tais mercados.

Para VERNON, o tempo no qual se processa a mudança de estágio, entre produto novo e produto em maturação, dependerá de uma análise comparativa entre os custos marginais de produção nos Estados Unidos somados aos custos de transporte dos produtos frente aos custos médios estimados no mercado prospectado. Ou seja, diferentemente da fase anterior, nessa fase – na qual o produto já não é uma novidade mundial – os custos de produção assumem papel muito mais relevante na tomada de decisão locacional da firma.

Mesmo assim, essa análise não é puramente contábil, também considerará a dificuldade de projeção de custos num mercado no qual os custos dos fatores de produção, bem como a apropriação de tecnologia, difere daquela do mercado originalmente explorado, trazendo, portanto, à firma incertezas antes não consideradas.

Esse movimento em direção à maturação do produto é, portanto, um movimento que se processa primeiro em direção a mercados de renda per capita elevada, pois o produto ainda complexo carrega ares de novidade e preços relativamente elevados.

Uma vez estabelecida a decisão de produzir fora do mercado original, no caso o estadunidense, novos mercados são explorados. Nesse momento de transição de um novo produto produzido apenas nos Estados Unidos para um produto em fase de maturação, que passa a ser produzido em outros países desenvolvidos, a produção estadunidense passa a diminuir e a produção em

outros países passa a aumentar. Conseqüentemente, o saldo comercial estadunidense do produto diminui até se tornar negativo e o saldo comercial dos outros países desenvolvidos aumenta até se tornar positivo. Nesse estágio do ciclo do produto, os demais países em desenvolvimento permanecem como importadores líquidos, contudo, com exportações em ascensão.

A decisão de deslocar a produção para um segundo país desenvolvido não é um simples processo de escolha através da análise de custos de produção tal como já mencionado. Apesar da relevância conferida aos custos, a ameaça à posição de mercado conquistada pela firma é talvez mais forte do que a própria oportunidade identificada.

Esta ameaça pode ter raízes econômicas, tais como a existência de concorrentes nos mercados explorados, ou mesmo políticas, tais como estratégias nacionais de substituição de importações ou instabilidades nos regimes de representação política. Assim, o processo de decisão de deslocamento da produção de um produto já introduzido no mercado estadunidense envolve uma multiplicidade de fatores, dentre os quais a ameaça ao *status quo* é muito relevante.

Nesse contexto, VERNON (1966) chama atenção inclusive para o fato de que a escolha feita pela firma de deslocamento da produção, nessa fase do ciclo do produto, pode não ser estritamente racional ou voluntária. Uma vez que determinada firma decida produzir fora dos Estados Unidos, existe forte estímulo para que as concorrentes também desloquem a produção para o mesmo mercado ou país.

Considerando o mercado mundial para um determinado produto, o deslocamento da produção para um outro país desenvolvido alterará necessariamente o *market share* das firmas concorrentes. Há, assim, um deslocamento do *status quo* em detrimento das firmas concorrentes que não deslocarem a produção para o mesmo mercado. Ao permanecer no mercado estadunidense, as concorrentes terão dificuldades em compreender as especificidades dos mercados estrangeiros, já explorados pela firma pioneira.

Visando restabelecer o *status quo* inicial, as concorrentes tendem a seguir a firma pioneira e a também deslocar a produção. Portanto, na medida em que o produto torna-se conhecido e padronizado, sua produção passa a se difundir para países desenvolvidos, contudo, o processo decisório de deslocamento inicial da produção pode, como o autor demonstra, ser por vezes pouco racional, segundo o ponto de vista da racionalidade microeconômica neoclássica ou maximizadora de recursos.

Ao longo desse processo, os Estados Unidos passam de exportadores líquidos a importadores líquidos, na medida em que há um deslocamento das plantas produtivas para outros países desenvolvidos (Figura 2.1).

A partir do momento que o produto atinge um estágio avançado de padronização, a localização das plantas produtivas em países em desenvolvimento torna-se gradativamente vantajosa, pois as incertezas se reduzem substancialmente. Quando a produção se difunde mundialmente, o padrão de concorrência se estabelece em torno do preço do produto, o qual tende a se comportar como uma *commodity*. Nessa fase do ciclo, as firmas pouco se importam com informações sobre o mercado local, mesmo porque conhecem de antemão o esgotamento das possibilidades econômicas do produto, e se concentram em encontrar países que ofereçam fatores de produção a baixo custo.

Nesse sentido, o baixo custo da mão de obra constitui-se num atrativo a novas plantas produtivas. Contudo, a existência de economias externas ou economias de aglomeração também influencia na decisão locacional da nova planta produtiva. Isto é, determinadas atividades industriais, principalmente aquelas tecnologicamente mais complexas, tendem a exigir certo nível de vantagens locais, tais como mão de obra qualificada ou o fornecimento de peças e partes sobressalentes. Países em desenvolvimento tendem a possuir, nesse sentido, maiores vantagens competitivas quando essas economias de aglomeração não são necessárias.

A Figura 2.1 apresenta graficamente o modelo proposto por VERNON (1966). A partir dela é possível perceber que o surgimento de um novo produto ocorre primeiro em um país que possua uma demanda capaz de consumir

produtos nesta fase do ciclo de maturidade (custoso, complexo e de pouca oferta). Pelos mesmos preceitos teóricos já apresentados (associados à vantagem da proximidade com clientes e fornecedores), a produção inicial para atender este mercado ocorre no próprio país que circunscreve este mercado. No caso do modelo e da figura, os Estados Unidos.

A produção inicia-se, então, no país que originou a demanda. Num primeiro momento, ocorre apenas a produção para o mercado interno, mas, gradativamente, o produto passa a ser demandado em outros países, tanto desenvolvidos quanto menos desenvolvidos. Esta fase compreende o lançamento do produto e é marcada pelas exportações líquidas do país pioneiro e as importações líquidas dos outros países. Ou seja, existe um virtual monopólio mundial na produção do bem considerado.

O produto novo, ou a inovação, difunde-se e sua produção e consumo aumentam consideravelmente, primeiro, no país pioneiro e depois, nos outros países desenvolvidos. Nesse momento, o consumo dos países menos desenvolvidos é ainda relativamente pequeno.

A resolução de incertezas iniciais quanto à tecnologia e ao mercado fazem com que a firma concentre-se, agora, na redução dos custos de produção. Para tanto, a mesma desloca sua produção para países de salários médios mais baixos, iniciando, assim, um processo de deslocamento do país pioneiro para os outros países desenvolvidos. Esse deslocamento também é determinado pela necessidade de proximidade com os mercados consumidores estrangeiros, uma vez que o “estímulo de mercado não é igualmente disponível para todos, mas é mais forte para aqueles que se encontram mais perto do mercado” (WELLS, 1969: 153).

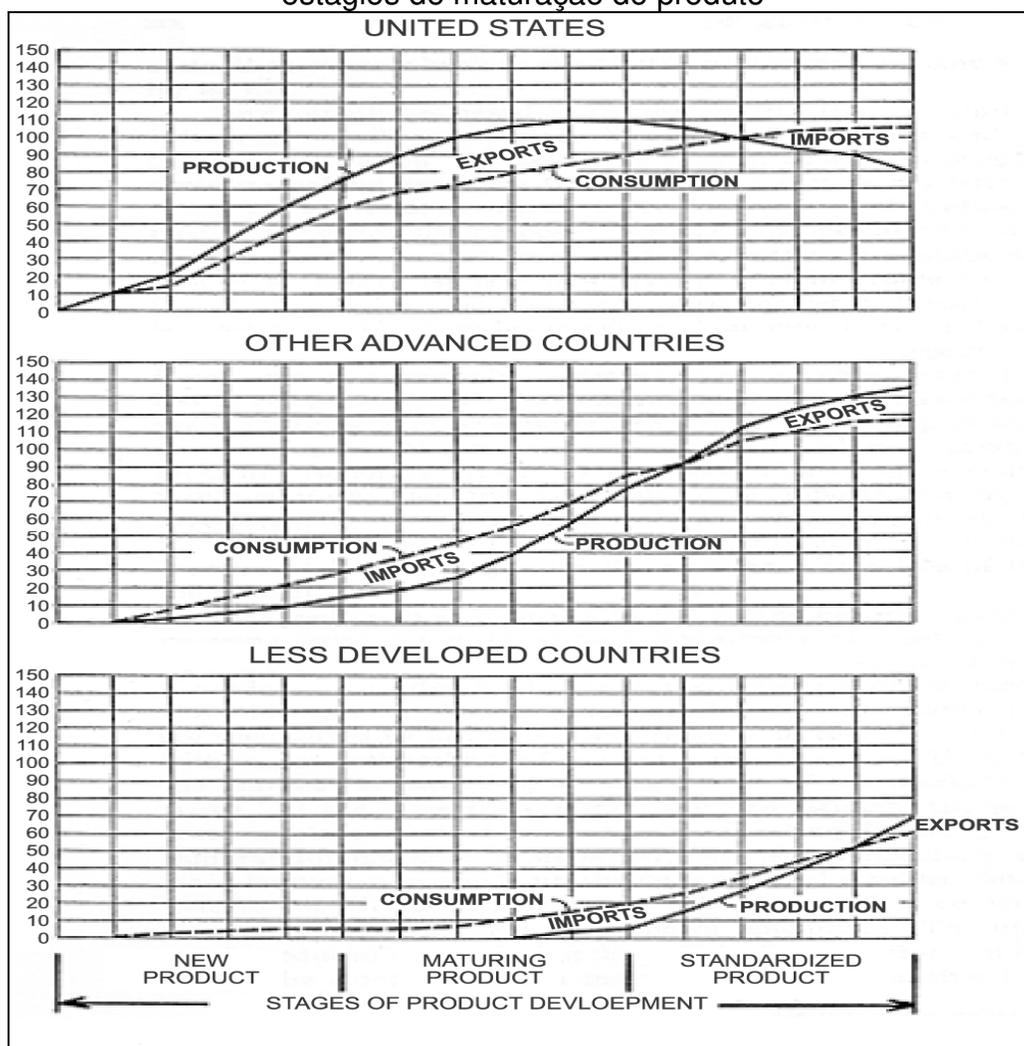
Tem-se início, então, a segunda fase, a de maturação do produto. Nesta fase, a produção cresce significativamente em outros países desenvolvidos, dominando gradativamente o mercado interno antes monopolizado pelo país pioneiro. Depois da metade desta segunda fase, já passa a existir uma tímida produção em países menos desenvolvidos. O deslocamento da produção do país pioneiro para outros países desenvolvidos e em desenvolvimento é motivada pela

necessidade de redução de custos e de aproximação com os mercados consumidores estrangeiros. Mesmo nesta segunda fase, o país pioneiro é ainda um exportador líquido.

Uma vez conhecido e padronizado, o processo produtivo deste produto que já foi uma novidade mundial pode se deslocar para países de custos trabalhistas ainda menores, ou seja, na medida em que a produção se tornou rotineira e o mercado conhecido, não existe mais a necessidade da proximidade com fornecedores específicos e tampouco do mercado consumidor. O país pioneiro volta-se, então, à produção de novos produtos destinados a atender suas demandas nacionais.

Na fase de produto padronizado, a necessidade de economias de escala se sobrepõe às pequenas incertezas tecnológicas e econômicas que ainda possam existir. A competitividade inerente à produção em outros países desenvolvidos permite que os mesmos dominem seus mercados internos e aumentem sua participação em mercados de exportação, tornando-se exportadores líquidos. Nesse momento do ciclo, ocorre uma inversão de papéis e o país pioneiro, antes exportador líquido, passa para a categoria de importador líquido (Figura 2.1).

Figura 2.1 – Produção, consumo, exportações e importações, por tipo de países e estágios de maturação do produto



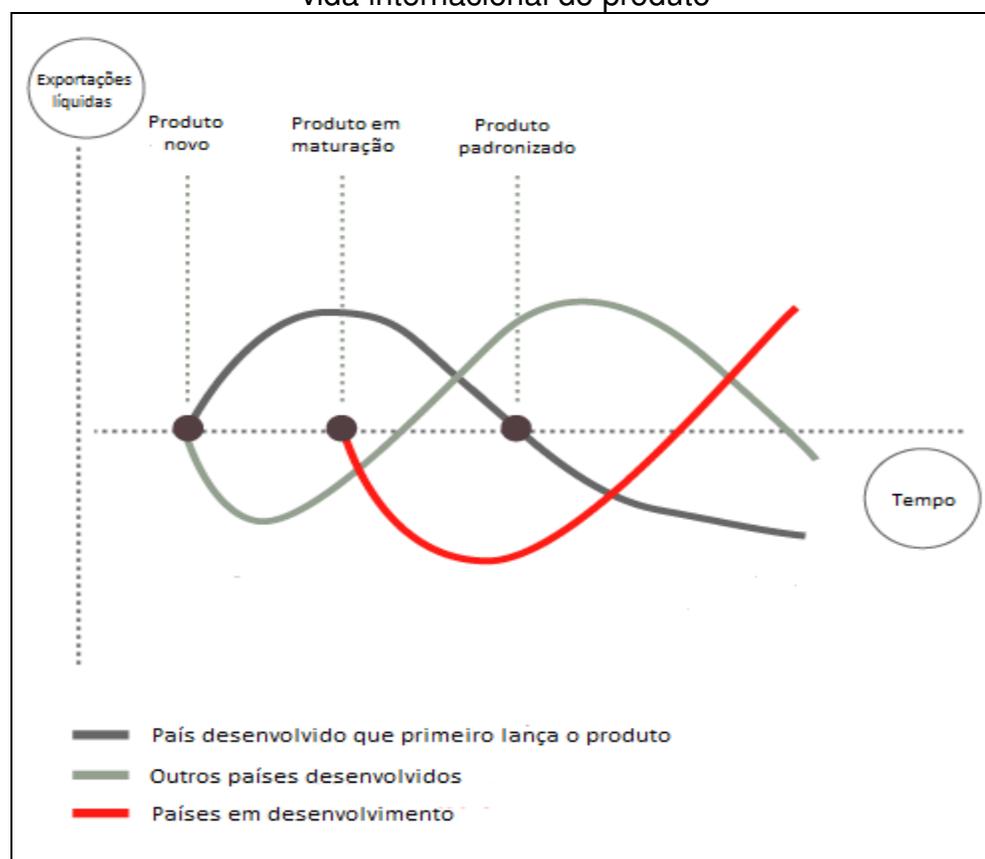
Fonte: VERNON (1966).

Do ponto de vista do país pioneiro, as fases de maturação do produto estão também associadas à elasticidade renda da demanda. Ou seja, *ceteris paribus*, quanto mais maduro o produto menor a elasticidade renda do mesmo no mercado pioneiro. Por isso, pode-se afirmar que novos produtos ou inovações caracterizam-se, de maneira geral, por alta elasticidade renda da demanda. Isto porque, a incerteza quanto ao processo produtivo, aliada ao elevado grau de monopólio que caracterizam a fase de produto novo, forçam preços relativos elevados. Assim, esses novos produtos só podem ser consumidos em países com

rendas per capita também elevadas. Quando o bem se torna comum, essa elasticidade renda da demanda tende a cair, pois os níveis de renda não são mais tão relevantes para a aquisição do bem, que agora pode ser adquirido a um baixo preço.

Neste contexto, pode-se afirmar que, do ponto de vista espacial, quanto maior for a padronização do produto, maior tenderá a ser a possibilidade de atração das atividades de manufatura por parte dos países em desenvolvimento.

Figura 2.2 – Representação gráfica de uma interpretação do modelo de ciclo de vida internacional do produto



Fonte: Adaptado de Proven Models (2009).

Na Figura 2.2, tem-se uma representação gráfica em três categorias de países do modelo de ciclo de vida do produto proposto por VERNON (1966). Essa representação gráfica interpreta os princípios do modelo e define os países em função de seu grau de desenvolvimento econômico, não se limitando apenas aos Estados Unidos e ao oeste europeu, tal como faz originalmente VERNON (1966).

Nela é possível perceber que apenas na última fase do ciclo, quando o produto e o mercado tornaram-se completamente conhecidos, o país pioneiro perde a posição de exportador líquido e passa a ser importador líquido. Essa figura é, em verdade, uma derivação da Figura 1.1 originalmente elaborada por VERNON (1966).

WELLS (1968), baseando-se principalmente nas ideias seminais de VERNON (1966), realiza importantes contribuições ao que hoje se denomina teoria do ciclo de vida do produto, inclusive testando e comprovando a teoria de VERNON (WELLS, 1969)⁴¹. Também analisando a introdução de novos produtos a partir da realidade estadunidense de meados da década de sessenta do século XX e considerando os mesmos pressupostos (existência de mercados de alta renda e elevados custos trabalhistas), WELLS (1969) divide o ciclo de vida internacional de um produto em quatro fases e não apenas três como faz VERNON (1966), quais sejam: (i) exportações do país pioneiro (no caso específico do artigo de WELLS, os Estados Unidos); (ii) produção estrangeira inicial; (iii) competição estrangeira em mercados para a exportação; e (iv) importações do país pioneiro.

WELLS (1968), portanto, insere, no modelo originalmente proposto por VERNON (1966), a discussão sobre a competitividade das exportações de firmas localizadas em solo estrangeiro, não só destinadas ao mercado estadunidense ou ao país pioneiro na inovação, mas aos outros mercados internacionais. O autor em questão propõe a existência de um período adicional entre a produção estrangeira e as importações líquidas por parte do país pioneiro, no qual, antes de se tornarem competitivas no mercado pioneiro, as firmas estrangeiras passam a ganhar participação em mercados de países terceiros em detrimento às exportações do país pioneiro.

Ou seja, as firmas estrangeiras tornam-se concorrentes primeiro no mercado mundial e só depois podem concorrer e ganhar o mercado interno do país pioneiro, tornando-o, assim, um importador líquido. Para WELLS (1968), a fonte da competitividade das firmas estrangeiras, quando disputam mercados de

⁴¹ O artigo de Louis T. Wells Jr. baseia-se em seu trabalho de doutoramento na *Harvard Business School* e utiliza, além do trabalho seminal de VERNON (1966), os trabalhos de HUFBAUER (1966) e HIRSCH (1967).

exportações com o país pioneiro, reside nos custos salariais mais baixos e nas vantagens associadas a plantas produtivas mais novas. Ressalta-se, contudo, que as vantagens de plantas mais novas construídas por países estrangeiros é um elemento de competitividade introduzido apenas por WELLS (1968):

“Assim que os produtores estrangeiros atingem a produção em massa baseada em seu próprio mercado e nos mercados de exportação, seus custos trabalhistas mais baixos e talvez novas plantas produtivas permitem que estes produzam a custos mais baixos do que um produtor estadunidense” (WELLS, 1968:03).

Para WELLS (1968), três variáveis são críticas para a validade e extensão do modelo do ciclo de vida do produto, quais sejam: (i) especificidade do produto a um determinado mercado de alta renda; (ii) existência de significativas economias de escala; e (iii) custos de frete e tarifas alfandegárias.

Analisando o mercado estadunidense, o autor chama atenção para quatro tipos de produtos que, à época de seus escritos e dado o elevado número de indivíduos com alta renda, tenderiam a surgir primeiro neste país e, por isso, poderiam ser analisados pelo modelo. São eles: produtos de luxo, produtos caros para comprar, produtos caros para manter e produtos poupadores de mão de obra.

A existência de significativas economias de escala pode prolongar o ciclo, uma vez que pequenas demandas em países estrangeiros não podem ser atendidas facilmente por produtores locais, pois a nascente e pequena demanda por um produto estrangeiro, em função dos altos custos unitários, não permitiria a produção em pequena escala, fato este que estenderia o monopólio do país pioneiro. Nesse sentido, *ceteris paribus*, quanto maiores forem as economias de escala, mais extensa, temporalmente, serão as fases do ciclo. Por fim, quanto maiores os custos de transporte (frete) bem como as barreiras tarifárias, menor tendem a ser as fases do ciclo e o monopólio dos produtores localizados no país pioneiro. Custos de fretes e tarifas muito elevados encarecem os produtos no mercado final e incentivam o surgimento de produtores locais.

Mesmo considerando um único produto, podem haver, de acordo com as possibilidades de segmentação, distintos ciclos de vida. Por isso, uma estratégia empresarial de alongamento do ciclo, ou do monopólio do pioneiro, seria promover inovações incrementais baseadas em *design*.

Importante ressaltar que a teoria do ciclo de vida do produto preocupa-se em analisar o local onde a produção é realizada e não por quem ela é feita. Assim, a produção local pode ser feita ou não por capitais locais. A questão central, portanto, diz respeito ao país que internaliza a produção e não ao país que financia ou investe na produção:

[...] o argumento é o de que a produção irá começar no estrangeiro – **instituída por um investidor estrangeiro ou estadunidense** – quando o mercado estrangeiro se tornar grande o bastante para permitir uma planta capaz de produzir a um custo médio menor do que o custo marginal estadunidense, mais transportes e obrigações” (WELLS, 1969:154)⁴².

Apesar das verificações empíricas levadas a cabo por WELLS (1969) e HIRSH (1967), tanto VERNON (1971) quanto o próprio WELLS (1969) chamam atenção para o fato de que pouco se podia afirmar à época dos trabalhos sobre o comportamento do ciclo de vida do produto em sua fase madura, ou seja, sobre a internalização da produção por parte dos países menos desenvolvidos. Os dados empíricos até então disponíveis demonstravam a validade do modelo especificamente para as dinâmicas de comércio exterior de países desenvolvidos, especialmente entre os Estados Unidos e os países do Oeste europeu.

Na teoria do ciclo de vida do produto, tal como ela foi originalmente concebida, de forma geral, apenas os Estados Unidos e, posteriormente, alguns países europeus possuíam as condições para manufaturar novos produtos de alta elasticidade renda. Porém, a possibilidade de fragmentar essa manufatura em locais geograficamente distantes dos mercados consumidores invalidou este pressuposto.

⁴² **Grifos do autor.**

Na formulação original, então, estes produtos novos só seriam manufaturados em países de baixas rendas per capita quando deixassem de ser novidade. Contudo, atualmente se observa uma grande produção, mesmo de produtos novos, na periferia do sistema, muito embora, o consumo destes novos produtos continue concentrado em países de alta renda per capita⁴³.

Nesse sentido, a principal limitação da teoria do ciclo de vida do produto diz respeito ao fato de que ela, por ter sido escrita em momento histórico distinto, não considera que um novo produto de alta elasticidade renda, tal como a maioria daqueles manufaturados pela indústria de alta tecnologia, possa ser produzido em diferentes partes do mundo, independentemente dos mercados e das rendas per capita locais.

A fragmentação da produção, que ocorre em função das possibilidades tecnológicas de segmentar a manufatura de um mesmo produto em diferentes países de acordo com os custos de produção, insere a possibilidade de produção fora do país, mesmo de produtos ainda em fases iniciais do ciclo, fato este que só poderia ocorrer, de acordo com a teoria do ciclo de vida do produto, em fases de maior maturidade.

Talvez a maior deficiência deste marco teórico seja justamente o fato de considerar que a produção de novos produtos, inclusive de alta tecnologia, seja realizada totalmente no interior do país de alta renda per capita que originou esta demanda. Fato este já refutado por alguns autores, dentre os quais se destacam: ARNDT e KIERZKOWSKI (2001), STURGEON (2003), LALL, WEISS e ZHANG (2005), LINDEN, KRAEMER e DEDRICK (2007) e SRHOLEC (2007), que consideram que a produção, mesmo de produtos em fases iniciais do ciclo, pode ser difundida em diferentes países de acordo com seus salários médios.

Considerando a forte tendência atual a fragmentar a produção que existe na manufatura de produtos de alta tecnologia, o pressuposto de que novos produtos de alta elasticidade renda só sejam primeiro manufaturados nos Estados Unidos ou em países desenvolvidos é ainda menos válido. O fato é que se tem observado

⁴³ O atual volume de consumo de alta tecnologia na China, talvez possa indicar uma diminuição desta concentração.

a produção de novos produtos de alta tecnologia em um crescente número de países antes excluídos das cadeias produtivas de tais bens.

O argumento, então, é o de que a fragmentação da produção permite que novos produtos sejam manufaturados em países de baixa renda per capita. Além disso, considerando que produtos de alta tecnologia possuem uma maior propensão a se fragmentar, é justamente na análise destes que a teoria do ciclo de vida precisa ser revista.

Muito embora toda a construção teórica de VERNON e WELLS sobre os padrões de localização industrial se baseie no comportamento de produtos considerados individualmente, esta tese utiliza tal marco teórico para analisar setores industriais. Esta escolha pauta-se pela crença de que o comportamento espacial do produto se reflete no comportamento espacial do setor no qual ele é classificado, caso contrário, não seria lógico dividir produtos em diferentes setores industriais.

Obviamente tem-se consciência de que, dentro de um setor, determinados produtos podem ter um comportamento um tanto diferente, ou que um setor industrial pode ser um tanto heterogêneo. Contudo, na medida em que o trabalho se preocupa em analisar macrodinâmicas espaciais, as diferenças que possam existir entre o comportamento de um produto e o setor no qual ele é classificado acabam se diluindo no grande número de produtos e setores considerados na alta tecnologia.

2.2 A opção global e a fragmentação do processo produtivo de alta tecnologia

O fim da era de ouro do capitalismo, ocorrido em meados dos anos setenta do século XX, causou uma robusta crise econômica, principalmente no centro do sistema, que só pôde ser superada em razão de novas estratégias empresariais baseadas no intenso uso das tecnologias de informação e comunicação, na globalização das atividades industriais e na desverticalização da produção. O

estabelecimento da produção fragmentada foi, portanto, o resultado destas estratégias empresariais.

Sob uma perspectiva estruturalista, a crise vivida pelas economias centrais está associada ao esgotamento das possibilidades econômicas do paradigma de produção fordista que se consolidou no pós-guerra e tem suas causas relacionadas a condicionantes de demanda, de oferta e de mudança técnica (FAJNZYLBBER, 1983).

Pelo lado da demanda, a procura por produtos dos complexos químico e eletro-metal-mecânicos, principal *drive* do padrão de crescimento anterior, passa a dar sinais de saturação. De fato, como afirma FAJNZYLBBER (1983), a produção associada à substituição de materiais naturais por sintéticos, bem como a produção automobilística e de bens de consumo duráveis - notadamente geladeiras, máquinas de lavar etc -, diminuem consideravelmente suas taxas de crescimento quando comparadas com as décadas de cinquenta e sessenta do século XX. Em razão dessa saturação, empresas industriais passam a auferir altos índices de ociosidade agravando ainda mais a crise já instaurada.

Pelo lado da oferta, destacam-se o alto valor da mão de obra qualificada e o crescente peso da tributação no processo produtivo.

A abundância de mão de obra que caracterizou o pós-guerra passa, em meados dos anos setenta, a escassear e a se tornar cada vez mais avessa à flexibilização. O crescimento dos salários, dadas as características tecnológicas da produção à época, torna-se superior ao crescimento da produtividade, impossibilitando, assim, a manutenção dos níveis de emprego e renda até então vigentes. Por outro lado, FAJNZYLBBER (1983) chama atenção para o fato de que um setor público, que cresceu ao longo dos anos de prosperidade, aplicava crescente carga tributária às empresas mesmo depois da prosperidade.

Os problemas relacionados à oferta não se restringiam apenas à mão de obra e à crescente carga tributária. A natureza do progresso técnico até então vigente também influenciava negativamente a rentabilidade das operações econômicas, principalmente industriais. Tanto FAJNZYLBBER (1983) quanto PORTER (1986) concordam que a complexidade de produtos e processos atingida

em meados da década de setenta exigia escala de produção cada vez maiores no intuito de diluir os pesados investimentos em capital necessários à moderna manufatura. Num contexto de competição nacional, as escalas produtivas estavam, então, restritas ao mercado interno e a alguns pouco mercados externos.

Essa necessidade de amortizar volumes cada vez maiores de capital associados ao alto custo da mão de obra e à crescente tributação erodia a rentabilidade das firmas, as quais, ao enfrentar uma demanda em crescente saturação, viram-se forçadas a reestruturar seu processo produtivo no sentido de otimizá-lo/flexibilizá-lo e a ampliar seu escopo geográfico no intuito de aumentar a escala de produção.

Visando tanto se proteger da ociosidade resultante de uma demanda cada vez mais volátil e reduzir a necessidade de amortizar capital, as firmas se desverticalizam e se concentram apenas nas atividades de maior competência.

No caso de grandes firmas de alta tecnologia, a manufatura passa a ser subcontratada a terceiros. Nesse processo de desverticalização os riscos de ociosidade são reduzidos, assim como a necessidade de investimento em capital. Tanto é assim que STURGEON (2003: 35) afirma que “a atual volatilidade do mercado tem sido uma das forças motrizes do aumento da subcontratação da manufatura na indústria eletroeletrônica”⁴⁴.

Por outro lado, os elevados custos de produção, associados à mão de obra e aos impostos existentes em países de alta renda per capita tornaram a produção em países de baixos salários mais atrativa do que a doméstica. Nesse sentido, no contexto de uma produção desverticalizada, a opção global acabou por fragmentar a produção pelo mundo, uma vez que a mão de obra e os impostos permanecem, a despeito do que ocorre com as mercadorias e o capital espacialmente enraizados. Grandes firmas de alta tecnologia antes verticalizadas agora delegam sua produção a terceiros, os quais têm sua vantagem competitiva baseada na alta flexibilidade e nos baixos custos de produção.

⁴⁴ Tradução do autor.

Do ponto de vista da demanda, a produção para mercados globais permitiu tanto alcançar a escala necessária às operações industriais intensivas em capital quanto resolver, pelo menos em parte, a saturação da demanda. De fato, de acordo com a nova teoria do comércio estabelecida, primeiramente, por KRUGMAN (1979 e 1980), a ampliação da demanda e o conseqüente efeito escala, junto com o ganho em variedade (*love-of-variety-effect*), são as principais vantagens associadas ao comércio internacional contemporâneo.

Na teorização de KRUGMAN (1979 e 1980), a própria “opção global” se justifica por estes ganhos em escala e em variedade, permitindo que o comércio internacional ocorra independentemente da existência de vantagens comparativas estáticas.

O enfretamento da crise que se instaurou em meados dos anos setenta do século XX deu-se, então, pela otimização dos processos industriais e, principalmente, por sua intensa flexibilização, tanto em termos técnicos quanto financeiros e mesmo espaciais, ou, nas palavras de BENKO (1996), por uma intensa luta contra a rigidez.

Portanto, a saída encontrada para a crise do padrão de acumulação anterior está associada a dois elementos distintos, que, porém, se retroalimentam: (i) o alargamento espacial da produção para níveis globais (efeito escala) e (ii) a intensa desverticalização da produção com concentração nas competências centrais da firma.

Ao enfrentar índices de crescimento da produtividade decrescentes, grandes firmas multinacionais optam por alargar suas possibilidades de atuação ao mesmo tempo em que reduzem seu aporte de capital em atividades não centrais. Como conseqüência, o mercado passa a ser global e as firmas, altamente especializadas, mas fortemente conectadas em rede. É importante destacar, contudo, que o deslocamento da produção independe da desverticalização. Assim, ambos são movimentos associados, mas independentes.

A opção global, ou seja, o alargamento espacial da área de atuação da firma está associada a um novo padrão de acumulação baseado no intenso uso do espaço e na expansão das estruturas corporativas transnacionais (HENDERSON, 1991). Essa “opção” é, portanto, derivada do acirramento da concorrência e da necessidade de criar novas alternativas a taxas de lucros decrescentes, via exploração de diferenças internacionais nos custos de produção.

Tal como afirmam CASTELLS e HENDERSON (1987), essa opção global só se tornou possível graças a mudanças técnico-econômicas estruturais. “Técnico”, pois usam extensivamente inovações em comunicação e informação, as quais em conjunto permitiram, dentre outras coisas, amplo controle das cadeias globais de valor e, principalmente, flexibilização dos processos produtivos (PIORI e SABEL, 1984). “Econômicas”, pois, associam-se à forte integração das economias nacionais inseridas num processo de internacionalização e abertura dos mercados. Notadamente, estas mudanças são tanto causa como consequência do fim do padrão de acumulação anterior que, de forma dialética, se consolidam na estrutura econômica contemporânea.

Surge, nesse contexto, a “fábrica global” (HENDERSON, 1991). Nela, a decisão locacional da firma ocorre em função da análise dos custos de oportunidade, ou como coloca PORTER (1986), das vantagens comparativas, que são calculadas levando-se em conta os diferentes arranjos de fatores produtivos associados a cada localidade em particular (UNCTAD, 1993).

Importante destacar, nesse sentido que, a novidade na dinâmica econômica internacional, que se descortina a partir da década de 1990, diz respeito à operação global da firma, multinacional ou não, através de intenso uso de subcontratação. Não se trata, portanto, apenas de uma mudança no escopo geográfico de atuação da firma, mas também de uma alteração na sua própria forma de organização. Fato este que torna a coordenação das cadeias um tanto mais complexa, pois, nessa dinâmica, a firma precisa coordenar não uma cadeia de filias, mas uma cadeia de filiais e subcontratados mundo afora.

“Dessa forma, o processo de produção passou a ocorrer sob a forma de uma rede internacional, integrando diferentes países e diferentes empresas e realizando etapas da cadeia de valor sob a coordenação das grandes corporações, que gerenciam suas próprias filiais e as demais empresas da rede, com o objetivo de obter o máximo de retorno para o conjunto das suas atividades” (SARTI E HIRATUKA, 2010:09).

Gradualmente, emerge, então, um paradigma produtivo no qual a firma, aproveitando a possibilidade de segmentar o processo produtivo, o difunde pelo mundo em razão de diferenças nos custos de produção. A forma como a firma irá organizar a cadeia pode ou não estar relacionada a práticas de subcontratação.

A fragmentação da produção está inserida num processo de desverticalização com forte subcontratação da produção, apesar de não depender fundamentalmente dessa forma de coordenação da cadeia – típica da especialização flexível – a qual antagoniza com a grande empresa verticalmente integrada que foi centro da análise de SCHUMPETER (1942).

Boa parte dos processos de produção fragmentada atualmente existentes ocorre via subcontratação. Mesmo que o próprio fenômeno de fragmentação não exija tal modalidade de organização da cadeia, a subcontratação tem se constituído numa forma dominante de governança.

A moderna forma de subcontratação é, então, como mostra ZEITOUN (2009), uma forma de expressão da fragmentação da produção, pois ela enseja uma dinâmica mundial de produção guiada por diferenças nas vantagens competitivas (muitas das quais realizadas em países de baixa renda per capita). A subcontratação pode ser vista como a operacionalização de uma produção fragmentada, mas não como única alternativa às estratégias de grandes firmas de marca.

Importante observar, nesse sentido, que firmas subcontratadas para realizar atividades de manufatura, mesmo localizadas em países de baixos salários, podem se envolver em atividades de P&D, quase sempre em cooperação, mas não necessariamente, com grandes firmas de marca. O exemplo da história

recente da empresa FLEXTRONICS, que é líder mundial em “serviços de manufatura” é, nesse sentido, paradigmático (ZEITOUN, 2009).

Para SRHOLEC (2007), o processo de fragmentação da produção não é inédito, mas, ao contrário, trata-se de um processo gradual de divisão do trabalho que se inicia ainda na revolução industrial. A atual fragmentação da produção distingue-se tanto pelo alto número de países envolvidos quanto pelo grande número de etapas produtivas capazes de serem fragmentadas.

A produção fragmentada é, portanto, uma resposta às taxas de lucro declinantes, que só se tornou factível em razão da grande automatização do processo produtivo e da convergência tecnológica da periferia. De fato, é uma estratégia de maximização do lucro que surge a partir das decisões locacionais de grandes firmas de países de alta renda per capita, mas que, de tão intenso e dominante, leva a alterações nas formas de inserção internacional dos diferentes países do mundo.

Por outro lado, a produção fragmentada está associada a uma cadeia de valor mundialmente dispersa e segmentada, que ocorre independentemente da renda per capita e, conseqüentemente, da demanda interna dos países receptores. Sua dinâmica se estabelece em razão de diferenças nos custos de produção, dentre os quais se destaca o custo da mão de obra. Ela é, portanto, modular em termos de etapas produtivas, podendo, ou não, ser subcontratada. A questão central, então, não é de origem de capital, mas sim, espacial. Ou seja, a fragmentação não necessariamente ocorre via subcontratação. Mas, sempre de forma internacional e modular, explorando diferenças nos custos dos fatores de produção.

Deste tipo de produção emerge uma dada divisão internacional do trabalho, na qual países desenvolvidos executam atividades tecnologicamente complexas enquanto países em desenvolvimento realizam atividades mais simples, notadamente de montagem final ou de produção de componentes menos críticos. Por isso, a fragmentação não pressupõe internacionalização da P&D, a qual permanece concentrada nos países desenvolvidos, mesmo que a inserção de um

país nas cadeias produtivas fragmentadas possa ser a primeira etapa no processo de convergência tecnológica.

2.2.1 O processo produtivo fragmentado

Considerando que o conceito de fragmentação está associado à divisão *espacial* das etapas de manufatura entre países, espera-se que cadeias produtivas fragmentadas sejam compostas de diferentes empresas com diferentes funções, muito embora a fragmentação em si não exija necessariamente subcontratação.

Mesmo que a estratégia de produção fragmentada não exija subcontratação, para STURGEON (2003) o processo produtivo modular é a forma mais economicamente eficiente de se produzir sob o paradigma da produção fragmentada. A produção modular se caracteriza pela alta desverticalização das empresas com forte concentração das atividades nas áreas de maior eficiência. Assim, uma cadeia produtiva modularizada típica possui uma grande empresa com marca reconhecida no mercado que se concentra no desenvolvimento de novos produtos, atualizações e principalmente no *design*. Suas atividades exigem forte investimento em P&D, direcionado para a criação de inovações de produto, bem como mão de obra qualificada. Por outro lado, existe uma série de empresas dedicadas à manufatura servindo, quase sempre sem exclusividade, a essa grande empresa detentora de marca reconhecida.

“Em um extremo estão as empresas que detêm poder de comando sobre a cadeia, justamente por serem proprietárias de um conjunto de ativos que permitem a essas empresas capturar grande parte da quase renda criada (capacitações tecnológicas, organizacionais, de marketing/comercialização e de definição dos padrões dominantes). No entanto, a viabilização da criação de valor no conjunto da rede supõe que no outro extremo estejam as empresas que realizam as funções mais periféricas, responsáveis por etapas padronizadas e definidas pelos elos superiores da cadeia” (SARTI e HIRATUKA, 2010:09).

Apesar de se localizarem em países de baixos salários médios, empresas subcontratadas, principalmente nos ramos de alta intensidade tecnológica, realizam esforços relevantes de P&D, direcionados, principalmente, ao desenvolvimento e/ou aperfeiçoamento dos processos produtivos. De fato, mesmo em cadeias fragmentadas, a realização de tais esforços é condição de sobrevivência e inserção em cadeias de alta tecnologia.

Assim sendo, a firma, ao enfrentar situação adversa associada ao recrudescimento dos níveis de concorrência, se desonera de seus ativos menos críticos e se concentra naqueles associados às suas competências. Empresas detentoras de marcas reconhecidas em setores de alta tecnologia acabam por se especializar em *design* e desenvolvimento de novos produtos, deixando para outras empresas ou, algumas vezes, para outras divisões do mesmo grupo, as atividades de manufatura, que são menos críticas. Por outro lado, empresas cujas competências centrais estão associadas ao processo produtivo, com pouco reconhecimento de marca nos mercados finais, acabam concentrando-se na manufatura.

Do ponto de vista das firmas líderes nas cadeias de produção, a desverticalização, que ocorre em concomitância com a globalização das relações econômicas, permitiu a redução de riscos produtivos e, principalmente, o aumento do escopo de atuação, tanto de sua produção quanto de sua oferta de produtos. É importante ressaltar, nesse contexto, que a desverticalização em setores de alta tecnologia tende a ser maior do que em setores tradicionais, uma vez que a complexidade dos produtos e o vasto número de componentes empregados na produção tornam virtualmente impossível uma única empresa produzir sozinha todos os componentes de um produto de alta tecnologia. Especificamente sobre a indústria aeroespacial, MOWERY e ROSENBERG (2005: 253) afirmam que “a indústria aeronáutica, tal como se encontra atualmente estruturada, tornou-se fortemente dependente de subcontratação para os projetos, a produção e a aquisição de complexos bens de capital, nela havendo muito pouca integração vertical”.

Em interessante estudo que visa compreender os diferentes graus de apropriabilidade econômica em uma dada cadeia produtiva fragmentada de um artefato de alta tecnologia, LINDEN, KRAEMER e DEDRICK (2007) mostram que as firmas detentoras de marca, apesar de se concentrarem em poucas etapas do processo produtivo, são as que mais se apropriam das receitas geradas pelo produto. Por outro lado, estas firmas dependem cronicamente de uma intrincada rede internacional de subcontratados.

Nestas redes, existe forte integração e circulação de informações. Mesmo assim, as relações que podem ser rapidamente estabelecidas são também muito flexíveis, tal qual aquelas associadas puramente à relações puramente de mercado descritas na tipologia de (HUMPHREY e SCHMITZ, 2002).

Estas redes só se estabelecem em função da existência de padrões e protocolos amplamente difundidos, os quais se encontram associados a grande automatização dos processos produtivos. De fato, essa grande automatização vem substituindo gradualmente, pelo menos em parte, a necessidade de relacionamentos derivados de inúmeras transações feitas ao longo de grandes períodos de tempo (STURGEON, 2003). Importante ressaltar que a produção fragmentada, de maneira nenhuma, pressupõe estabelecimento de quase-hierárquicas (HUMPHREY e SCHMITZ, 2002) entre a contratante e a contratada. A coordenação das cadeias irá depender da estrutura de mercado e, principalmente, da base tecnológica na qual se apoia a produção. Ou seja, as redes que se estabelecem no contexto de uma produção fragmentada, que ocorre via subcontratação, são de uma enorme variedade, principalmente quando se observam as formas de governança.

Tal como apresenta ZEITOUN (2009), o esforço tecnológico das firmas subcontratadas pode levar a intensos processos de reorganização da cadeia e permitir que estas alterem em seu favor as relações de poder. Assim, mesmo que a firma subcontratada se coloque inicialmente como incorporadora líquida de tecnologia e ocupe uma posição de baixa agregação relativa de valor, essa posição não é de forma alguma estática. O posicionamento da firma na cadeia

produtiva e seu poder de barganha dependem das estratégias de mercado, principalmente do esforço tecnológico.

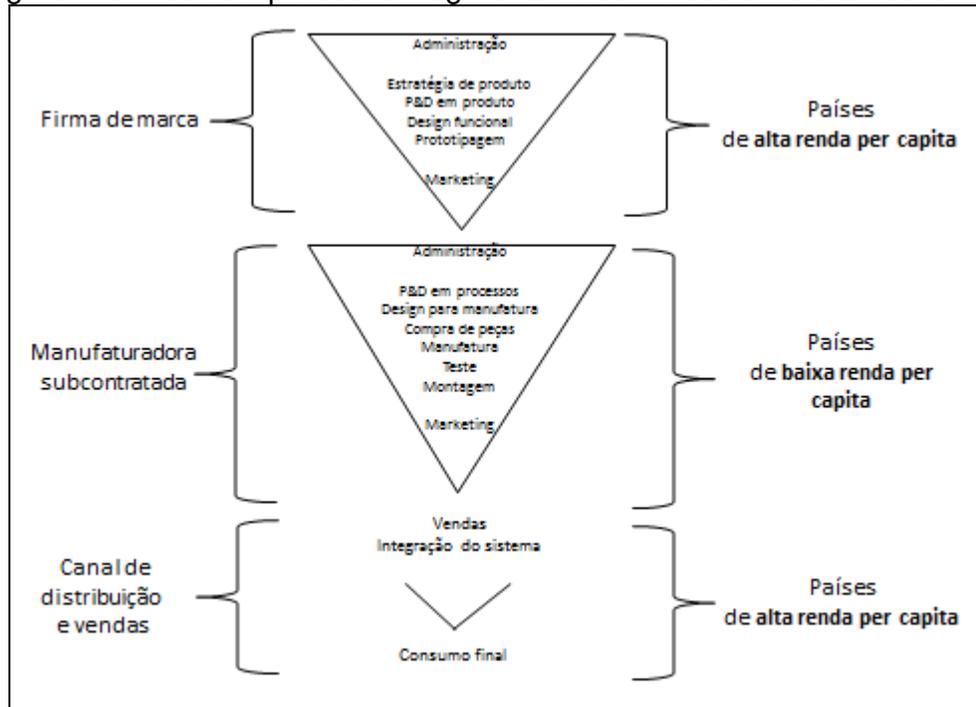
Portanto, a fragmentação da produção diz respeito à separação espacial das diferentes etapas de manufatura, quase sempre, com separação do controle de capital, que ocorre em razão do esgotamento do padrão de acumulação fundado na grande firma verticalizada e espacialmente enraizada. Nesse sentido, a fragmentação é o resultado de um processo produtivo modularizado e global.

De forma um tanto geral, LALL, ALBALADEJO e ZHANG (2004: 01) definem a fragmentação do processo produtivo como “a realocação dos processos ou funções entre países em resposta a diferenças nos custos e outros fatores”. Nesse sentido, a fragmentação é uma inovação organizacional, que foi desenvolvida para fazer frente aos limites impostos por um padrão de concorrência já com poucas possibilidades econômicas.

Nesse contexto, a manufatura se desprende das atividades de desenvolvimento inicial do produto, tanto do ponto de vista da estrutura interna da empresa quanto do ponto de vista espacial. O resultado é o estabelecimento de um paradigma produtivo modularizado e global, que está associado a uma certa divisão do trabalho na qual países de alta renda per capita concentram-se em atividades de maior complexidade tecnológica e, por isso, de maior apropriação de valor, enquanto países de baixa renda per capita especializam-se em atividades mais simples de produção (Figura 2.3).

Tal como poderá ser observado na última seção deste capítulo, se, ao nível da firma, a manufatura se desprende das outras etapas da cadeia de valor, ao nível dos países, a produção se descola do consumo.

Figura 2.3 – Cadeia produtiva fragmentada da indústria de alta tecnologia



Fonte: Adaptado de STURGEON (2003).

Na Figura 2.3 apresenta-se uma cadeia produtiva fragmentada típica da alta tecnologia, que não apenas é uma generalização, mas também uma simplificação da realidade. De fato, como mostra STURGEON (2003), diversos tipos de produção modularizada encontram-se presentes hoje no mundo⁴⁵. Contudo, a figura em questão apresenta as relações essenciais, mais comuns em cadeias produtivas fragmentadas, principalmente em setores de alta tecnologia. A partir dela é possível perceber que, na produção fragmentada que ocorre de forma modularizada, a produção, permitida pela transferência eletrônica de especificações, se descola do desenvolvimento do produto.

De forma geral, a produção de um artefato de alta tecnologia (principalmente do complexo eletrônico, mas não só) inicia-se com a pesquisa, básica ou aplicada, que por sua vez dá origem a um determinado desenho final. A

⁴⁵ STURGEON (2003) chama atenção para quatro tipos distintos de cadeias produtivas modularizadas, quais sejam: (i) o modelo japonês de rede hierarquizada e capturada; (ii) o modelo alemão de rede independente; (iii) o modelo italiano de rede cooperativa; e (iv) o modelo estadunidense de rede compartilhada.

manufatura do produto exige que uma série de insumos sejam previamente produzidos, e, num segundo momento, estes insumos são montados sob um desenho final, dando o origem ao produto. O número de insumos, bem como o número de etapas de produção, irá depender da complexidade tecnológica do produto.

Como já mencionado, a produção fragmentada acaba por criar uma determinada divisão do trabalho associada à posição das firmas locais nas cadeias produtivas globais. Em razão da disponibilidade de fatores produtivos e da existência de robustos e sofisticados mercados consumidores, firmas detentoras de marca e poder de monopólio localizam-se principalmente em países de alta renda per capita, realizando atividades nas quais os ativos sejam muito específicos e tecnologicamente complexos. Por outro lado, em razão do baixo valor relativo da mão de obra, empresas subcontratas, que realizam atividades intensivas em mão de obra e de menor especificidade dos ativos, tendem a estar presentes em países de baixa renda per capita. Então, mesmo que ocorra produção de alta tecnologia na periferia do sistema, esta serve a mercados consumidores e empresas de países de alta renda per capita. É importante destacar nesse contexto que, em razão da automatização que permite flexibilização do processo produtivo, algumas firmas subcontratadas têm conseguido realizar, inclusive, atividades de alta especificidade (ZEITOUN, 2009).

Firmas de marca que se localizam em países de alta renda per capita concentram-se na execução de etapas que exigem grande qualificação da mão de obra, tais como P&D em produto, design funcional e prototipagem. Por outro lado, estas firmas subcontratam firmas localizadas em países de baixa renda per capita que, em razão do baixo valor da mão de obra, acabam por atrair atividades que exigem baixa qualificação, dentre as quais se destacam: manufatura, teste e montagem.

Portanto, quanto menor for a necessidade de mão de obra qualificada, maior tende a ser o estímulo ao deslocamento da produção para países de baixo salários. Considerando que boa parte da manufatura moderna encontra-se automatizada e que mesmo assim ela ainda é mais intensiva em mão de obra do

que outras atividades da cadeia de valor, então, é justamente essa etapa do processo produtivo que possui maior tendência a ser deslocada para países de baixa renda per capita e de baixos salários. Analogamente, tal como estabelecido pela teoria do ciclo de vida do produto, quanto maior a dependência de mão de obra qualificada, menor a tendência ao deslocamento da etapa produtiva considerada. Se a manufatura é o exemplo clássico de atividade deslocada para países de baixos salários, a prototipagem é o exemplo clássico das atividades que permanecem em países de alta renda per capita.

Outro elemento a ser considerado diz respeito a uma possível classificação e segmentação da cadeia produtiva em atividades de manufatura propriamente dita e atividades de preparação à manufatura (que pouco se deslocam). Considerando a dinâmica aqui proposta, as etapas que ainda permanecem concentradas em países de alta renda per capita confundem-se com os serviços e, de fato, parecem mais adequadas a este conceito do que ao de manufatura tradicional. Seja como for, as etapas que permanecem em países de alta renda per capita atuam sobre a manufatura, tanto as influenciando quanto sendo por estas influenciadas. Ou seja, só podem ter sua função compreendida em razão da produção física dos bens.

Interessante perceber, com base na Figura 2.3, que a firma subcontratada e, por isso, o país em que a mesma se encontra, também realizam esforços de P&D. Contudo, diferente da firma líder e dos países de alta renda per capita, estes se concentram nos processos produtivos, competência central da subcontratada.

Assim, países que se especializam em atividades de manufatura, menos críticas no contexto da alta tecnologia e que exigem uma qualificação menor da mão de obra, também realizam esforço inovativo. Tal como afirmam STURGEON (2003) e LINDEN, KRAEMER e DEDRICK (2007), por vezes, esse esforço é tamanho que permite que algumas subcontratadas destes países lancem marcas próprias, subcontratando outras empresas para atividades menos críticas.

Ou seja, a inserção nas cadeias produtivas fragmentadas pode, de acordo com o esforço científico/tecnológico próprio, garantir aprendizado tecnológico nacional e, por isso, a convergência tecnológica. Trata-se de um processo que

não é automático e que, assim como propõe a escola evolucionária, exige, tanto das firmas quanto das instituições e organizações nacionais, esforço deliberado para tal.

Do ponto de vista dos países em desenvolvimento, a própria inserção em cadeias produtivas fragmentadas torna-se, então, elemento relevante no processo de convergência tecnológica e de progresso técnico nacional.

“A tecnologia importada proporciona o mais importante *input* inicial para o aprendizado tecnológico dos países em desenvolvimento. Uma vez que as tecnologias mudam constantemente, o acesso a fontes externas de inovação permanece essencial ao progresso técnico contínuo. A importação de tecnologia não é, porém, um substituto para o desenvolvimento de aptidões locais. A eficácia com a qual as tecnologias importadas são utilizadas depende de esforços locais. O esforço tecnológico local e a importação de tecnologia são em boa parte complementares” (LALL, 2008: 34-35).

Assim, a inserção nas cadeias produtivas fragmentadas da alta tecnologia pode tornar mais robusta e efetiva a política de convergência tecnológica nacional e vice e versa⁴⁶.

A representação feita aqui das cadeias produtivas fragmentadas é um tanto simplificada e não demonstra as inúmeras desagregações possíveis de subcontratação, pois, mesmo as grandes subcontratadas também realizam subcontratações e assim sucessivamente numa intrincada rede de relações inter-firmas, que possui óbvias implicações para o comércio internacional (LINDEN, KRAEMER e DEDRICK, 2007). Contudo, essa representação permite uma primeira observação de um fenômeno complexo que ainda precisa ser melhor mapeado.

Por fim, é importante ressaltar que, apesar das estratégias empresariais de desverticalização e internacionalização, nem todos os produtos podem ter seu processo produtivo fragmentado. Para tanto, os mesmos precisam ser compostos por muitas partes claramente dissociadas e, o que é mais importante, terem uma

⁴⁶ A seção 2.3 volta a discutir, de uma forma mais geral, a questão do aprendizado tecnológico nacional.

alta relação valor/peso, do contrário os custos de transporte se tornariam proibitivos.

“Dentro do grupo de alta tecnologia, por exemplo, o setor eletrônico é altamente fragmentado⁴⁷ (quase 45% das exportações de eletrônicos provêm de países em desenvolvimento), enquanto que os setores aeroespacial e farmacêutico não o são, e suas exportações permanecem exclusivas aos países ricos” (LALL, WEISS e ZHANG, 2005:4)⁴⁸.

A correta identificação do grau de fragmentabilidade do processo produtivo depende da análise criteriosa da estrutura produtiva e tecnológica do setor. Mesmo no interior de um único setor pode haver diferentes graus de fragmentabilidade. Ou seja, na medida em que o leque de bens produzidos num mesmo setor pode ser extremamente vasto, espera-se encontrar diferentes graus de fragmentação do processo produtivo⁴⁹.

Considerando a divisão internacional do trabalho, talvez a maior mudança produzida por um processo produtivo fragmentado seja a participação de países em desenvolvimento na produção de artefatos de alta tecnologia, mesmo que suas demandas internas sejam pequenas. Nessa divisão, países de alta renda per capita acabam por se concentrar na realização de atividades de maior apropriabilidade econômica, subcontratando atividades de menor apropriabilidade,

⁴⁷ De acordo com LALL, WEISS e ZHANG (2005:02) fragmentação da produção diz respeito à “subdivisão do processo produtivo entre países objetivando explorar diferenças nos salários, logística e outros custos”.

⁴⁸ As exportações brasileiras do setor aeroespacial, apresentadas no capítulo contrariam parte destas afirmações.

⁴⁹ SAYER e MORGAN (1988) previram determinados limites ao processo de fragmentação, que, num período de apenas duas décadas, perderam validade frente ao ritmo e direção das mudanças técnicas ocorridas, principalmente no complexo eletrônico. Para os autores a fragmentação da produção seria limitada por seis fatores: (i) pela tendência à escassez de mercados consumidores locais e de mão de obra qualificada, (ii) pela convergência salarial entre países ricos e em desenvolvimento, (iii) pelo aumento “natural” da resistência da mão de obra, (iv) pela instabilidade política dos países da periferia, (v) pelo fato de que apenas nos Estados Unidos a estrutura de tarifas era proibitiva, e (vi) pela diminuição da relevância da mão de obra no processo produtivo devido à forte incorporação de tecnologias de automação. Atualmente, o que de fato se observa quando se analisa a atual realidade político-econômica da periferia e o progresso técnico é uma dinâmica um tanto distinta, se não oposta. Parte da invalidação destes limites deve-se à emergência da China como importante produtora de artefatos de alta tecnologia e a desverticalização da produção intensamente baseada no conhecimento codificado.

notadamente de manufatura, a empresas localizadas em países de baixos salários médios.

As diferenças no esforço inovativo no interior da cadeia estão relacionadas com o nível de progresso técnico de cada país, bem como com as atividades realizadas na cadeia produtiva. Ou seja, dada esta dinâmica produtiva fragmentada, espera-se que países de alta renda per capita, nos quais se localizam as firmas de marca - que, por sua vez, se concentram em *design*, atualização e lançamento de produtos -, sejam intensivos em inovações de produto e, países de baixa renda per capita, nos quais se localizam a maioria das subcontratadas - que se dedicam à montagem final -, sejam intensivos em inovações de processos.

ARNDT e KIERZKOWSKI (2001), LALL, WEISS e ZHANG (2005) e SRHOLEC (2007), ao analisarem as diferentes especializações produtivas nacionais, concluem que as mesmas são fortemente afetadas pela moderna possibilidade de fragmentação da produção. Tal como já comentado, os desenvolvimentos tecnológicos e organizacionais de fins do século XX e inícios do século XXI permitiram que boa parte das atividades industriais, em qualquer fase do ciclo, pudesse ter sua produção dispersa pelo globo em função de diferenças nos custos de produção, independentemente do grau de desenvolvimento econômico dos países, tanto que:

“Muitas das coisas que utilizamos em nossa vida diária são derivadas mais e mais de uma crescente complexa geografia de produção, distribuição e consumo, cuja escala se tornou, se não totalmente, pelo menos vastamente, mais extensiva, e cuja coreografia se tornou altamente intrincada. De fato, muitos produtos possuem uma geografia tão complexa – com partes sendo feitas em diferentes países e depois montadas em algum outro lugar – que rótulos de origem raramente ainda possuem algum significado” (DICKEN, 2007:04)⁵⁰.

A partir de MACEDO (2008), é possível observar claramente uma tendência de aumento da participação de países em desenvolvimento nos fluxos de comércio internacional, inclusive em setores de alta intensidade tecnológica. O

⁵⁰ Tradução do autor.

autor apresenta dados de comércio exterior nos quais se percebe a crescente participação de economias em desenvolvimento no comércio de setores de média-alta e alta tecnologia. É verdade que o comércio mundial teve um incremento ao longo das última duas décadas, mas observa-se que o crescimento da participação de países em desenvolvimento foi superior ao dos países desenvolvidos.

Ou seja, o paradigma da produção fragmentada, mesmo que favoreça os países de alta renda per capita na apropriação dos retornos econômicos da produção, inseriu a periferia do sistema capitalista no comércio internacional de produtos classificados como de alta tecnologia. Notadamente, essa apropriação desigual ocorre em razão do fato de que a tecnologia continua sendo predominantemente criada em países de alta renda per capita.

Contudo, mesmo a realização de atividades menos complexas exige dos países de baixa renda per capita algum esforço de capacitação tecnológica, pois a grande automação e a intensa necessidade de flexibilização do processo produtivo associadas à própria complexidade final do produto requerem conhecimentos produtivos específicos e diferentes daqueles utilizados em setores tradicionais.

Concomitante ao estabelecimento de capacitações tecnológicas nacionais que permitem que a periferia se torne apta a inserir-se em atividades de produção de alta tecnologia, existe um movimento paralelo e não diretamente associado à lógica de fragmentação e de internacionalização da P&D.

O movimento de internacionalização da P&D é importante no contexto da divisão internacional do trabalho, que emerge da produção fragmentada, pois, tal como propõe a seção 2.3, atividades de P&D, quando deliberadamente fomentadas, podem possibilitar a convergência tecnológica da periferia em direção à execução de atividades tecnologicamente mais nobres do processo produtivo fragmentado. Interessante perceber, nesse sentido, que a internacionalização da P&D associa-se a um tipo específico de Investimento Externo Direto – IDE e que pode ser instrumento de política industrial por parte do país que o atrai.

Existe em torno das estratégias de internacionalização da P&D uma extensa literatura, principalmente sobre a recente localização em países de baixa renda per capita (ARCHIBUGI e MICHIE, 1995; CANTWELL, 1995; GRANSTRAND, 1999; KUMAR, 2001; SERAPIO e DALTON, 1999; ATHUKORA e KOHPAIBOON, 2010 e HEGDE e HICKS, 2008, dentre outros). Contudo, esta literatura preocupa-se, principalmente, com a internacionalização intra-firma, ou seja, com as estratégias das multinacionais, e, por isso mesmo, observa a geração global de conhecimento como o equivalente tecnológico do investimento externo direto (ARCHIBUGI e MICHIE, 1995).

Mesmo que exista uma antiga tendência à internacionalização das atividades de P&D, tal como demonstra CANTWELL (1995), estas atividades são, relativamente à produção, muito mais espacialmente concentradas (CANTWELL, 1995:166). Além de serem espacialmente mais concentradas do que a produção, boa parte da internacionalização das atividades de P&D acontece entre os países que formam a tríade (ARCHIBUGI e MICHIE, 1995).

Com base na literatura especializada, DUNNING (1992) afirma que a empresa multinacional realiza investimento internacional em P&D com objetivos de realizar, isoladamente ou em conjunto, as seguintes atividades: (a) adaptação e/ou melhoramento de produtos ou processos, (b) pesquisa em produtos e materiais básicos, (c) racionalização ou redução de custo da pesquisa, (d) pesquisa exploratória objetivando captar as capacitações estrangeiras.

Assim sendo, os determinantes da internacionalização da P&D estão associados ou ao mercado ou à tecnologia. As firmas são guiadas, então, não apenas por condicionantes de demanda – por exemplo, pela necessidade de adaptar os produtos aos mercados locais – mas também, de acordo com ARCHIBUGI e MICHIE (1995), pelo desejo de se apropriar de conhecimentos criados em razão de especificidades tecnológicas locais. Sobre este aspecto, CANTWELL (1995) afirma que “[...] um dos fatores que influenciam as firmas em tanto cooperar com firmas estrangeiras quanto investir em um país estrangeiro é a expertise técnica que estas firmas ou países têm para oferecer [...]”⁵¹.

⁵¹ Tradução do autor.

Em que pese à existência de estratégias de internacionalização da P&D, nas quais, atualmente, se destacam países de baixa renda per capita, as etapas tecnologicamente mais complexas do processo produtivo, tais como desenvolvimento, protótipos e produção de componentes centrais, ainda permanecem, como mostram HENDERSON (1991), ARNADT e KIERZKOWSKI (2001), LALL, WEISS e ZHANG (2005) e SRHOLEC (2007), concentrada em países desenvolvidos. ARNADT e KIERZKOWSKI (2001) afirmam, inclusive, que, apesar da ascensão da P&D em países como Índia e China, 94% das mil empresas que mais investem em P&D no mundo ainda o fazem na tríade: Estados Unidos, Europa e Japão.

De fato, como mostra RADAELLI (2006) com base no exemplo da P&D farmacêutica, as forças centrípetas (que tendem a concentrar) de localização das atividades de P&D são mais fortes do que as forças centrífugas (que tendem a dispersar).

Para ARCHIBUGI e MICHIE (1995), apesar do vasto número de análises, a internacionalização da P&D ainda é um fenômeno menor no contexto da geração internacional de conhecimento. Os autores afirmam inclusive que a principal manifestação da globalização técnica ora em curso diz respeito à exploração internacional da tecnologia, e vão além:

“Concluindo, nós compartilhamos com a visão de CASSON de que a história da P&D globalizada é a história de um pequeno número de grandes empresas que realizam pesquisa em um pequeno número de países industrializados líderes (ARCHIBUGI e MICHIE, 1995: 134)”.

Ou seja, mesmo que se observe um incremento na internacionalização da P&D, este movimento parece estar restrito a um pequeno grupo de países, principalmente desenvolvidos, e a um pequeno grupo de empresas, notadamente grandes multinacionais, não sendo, portanto, a principal forma de desenvolvimento tecnológico da atualidade.

Assim sendo, mesmo que exista uma tendência ao aumento da internacionalização da P&D, cuja principal via se dá pelo investimento de grandes multinacionais de países de alta renda per capita, persistem as diferenças nos

níveis tecnológicos entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. De fato, acredita-se inclusive que o atual volume de IDE destinado à P&D em países de baixa renda per capita não seja suficiente para causar uma alteração nas relações inerentes às cadeias produtivas fragmentadas e nem, portanto, para iniciar um amplo processo de convergência tecnológica da periferia.

Nesse sentido, a produção fragmentada não leva a um aumento da internacionalização da P&D. Tanto é assim que, uma das características da moderna divisão internacional do trabalho é justamente a grande diferença das intensidades tecnológicas dos setores de alta tecnologia entre os países. Contudo, no contexto de países de baixa renda per capita, a internacionalização da P&D pode ocorrer devido ao esforço deliberado de alterar o leque de etapas produtivas localmente executadas.

De acordo com DUNNING (1992), mesmo que estes fluxos de IDE sejam utilizados como instrumentos de políticas de convergência tecnológica existem poucas evidências de sua real efetividade.

Talvez o elemento mais relevante em se tratando dos investimentos em P&D, sejam eles internos ou externos ao país, esteja relacionado ao fato de que estes são direcionados em função da etapa produtiva internalizada. Ou seja, em países de alta renda per capita, que concentram empresas de marca, espera-se encontrar P&D voltada à inovação de produto e em países de baixa renda per capita, nos quais se localiza boa parte das subcontratas, espera-se, por sua vez, encontrar P&D voltada à inovação em processo.

Interessante perceber que, em se tratando da P&D, as diferenças internacionais não se dão apenas entre o volume de IDE com este fim, os gastos internos e a direção dos mesmos, mas também entre os agentes executores. Enquanto no mundo desenvolvido - notadamente Estados Unidos -, o grosso da P&D é realizada nas empresas privadas, nos países em desenvolvimento - entre eles o Brasil -, estas atividades são executadas principalmente pelo Estado, na forma de empresas públicas ou universidades e institutos públicos de pesquisa. Especificamente sobre o caso indiano e brasileiro, RAMAMURTI (1987) chama

atenção para o papel preponderante das empresas estatais de alta tecnologia no esforço de capacitação tecnológica nacional.

Portanto, independentemente das recentes estratégias de internacionalização da P&D em países de baixa renda per capita e dos possíveis encadeamentos positivos locais, a assimetria tecnológica persiste entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. De fato, é justamente em razão destas assimetrias que se organiza a produção fragmentada, na qual países de alta renda per capita acabam por se especializar em etapas produtivas de maior apropriabilidade econômica.

As estratégias de produção fragmentada seguidas pelas empresas possuem consequências nos padrões de especialização nacional, notadamente na pauta de exportações dos países. Nesse contexto, observa-se que países de baixa renda per capita, que, de acordo com o modelo aqui proposto, se especializam na montagem e fabricação de bens classificados como de alta tecnologia, passam a se tornar os principais exportadores mundiais em setores de alta tecnologia.

Como já mencionado, a incorporação tecnológica local por parte dos países em desenvolvimento é pequena, mas mesmo assim as estatísticas de comércio exterior apresentam um quadro no qual poder-se-ia pensar, erroneamente, que estes são especializados numa produção tecnologicamente complexa. O fato é que a classificação setorial esconde a grande heterogeneidade tecnológica que existe mesmo num setor de alta tecnologia. Assim, o reflexo direto da inserção dos países de baixa renda nas cadeias produtivas fragmentadas é o estabelecimento de saldos comerciais positivos em setores classificados como de alta tecnologia, mesmo que a geração endógena de tecnologia seja pequena.

Assim, quando se calculam as intensidades tecnológicas dos países de baixa renda per capita, se observa o baixo dispêndio em P&D da produção local. Ou seja, a classificação de alta tecnologia exaustivamente tratada no capítulo 1 deste trabalho, feita para um conjunto agregado de países, esconde distintas dinâmicas inovativas, principalmente quando se observam as economias

periféricas que agora emergem como importantes exportadoras mundiais de produtos classificados como de alta complexidade tecnologia.

Portanto, as pautas de exportações de países de baixa renda per capita inseridos em cadeias produtivas fragmentadas precisam ser analisadas sempre à luz das intensidades tecnológicas da produção local, pois

“[...] alguns dos maiores exportadores de alta tecnologia são países de baixos salários que apenas montam e testam produtos finais (***design avançado e manufatura de componentes permanecem em países ricos***)⁵². Como resultado, classificar os semicondutores como alta tecnologia leva a um resultado no qual as Filipinas possuem uma estrutura de exportação mais intensiva em tecnologia do que os Estados Unidos ou Japão” (LALL, WEISS e ZHANG, 2005:4).

Então, países em desenvolvimento de baixos salários podem internalizar setores de alta tecnologia que de maneira nenhuma se parecem com os mesmos em países desenvolvidos de altos salários, pois destinam sua produção, quase sempre, a mercados externos e concentram-se em etapas da cadeia de baixa complexidade tecnológica.

Por exemplo, os produtos do complexo eletrônico têm um processo produtivo muito fragmentado. Nele, países desenvolvidos concentram-se em atividades de *design* e produção de componentes eletrônicos críticos, que exigem, por sua vez, qualificação da mão de obra e alta precisão, deixando os países em desenvolvimento a cargo de atividades de montagem e produção de componentes menos críticos.

Para LALL, WEISS e ZHANG (2005), a utilização de dados setoriais é problemática para a análise dos padrões de comércio internacional e da localização da produção, pois são pouco precisos em termos de produtos individuais. Assim, no atual contexto econômico de elevada fragmentação das cadeias produtivas – inclusive dentro do mesmo setor –, os dados setoriais, quando utilizados sem as devidas ressalvas, podem não permitir a compreensão do vasto leque de comportamentos da produção de bens. Comumente, tal como

⁵² Grifos do autor.

neste trabalho, dados setoriais são disponibilizados a dois e em algumas vezes a três dígitos na CNAE, o que pode levar a excessiva generalização das análises.

Assim sendo, setores de alta tecnologia, como por exemplo, eletrônicos e comunicação, não só englobam produtos de alta complexidade tecnológica, mas também produtos caracterizados cada vez mais como *commodities*, ao passo que setores de baixa tecnologia possuem produtos inovadores com alta agregação tecnológica (SMITH, 1999; SMITH, 2000; HIRSCH-KREISEN *et al*, 2003 e HIRSCH-KREISEN, 2008).

Para LALL, WEISS e ZHANG (2005), dados setoriais podem, inclusive, mascarar a real base tecnológica dos produtos sob sua classificação e dificultar comparações internacionais. Ou seja, mesmo em produtos de alta complexidade tecnológica existem etapas da cadeia produtiva que exigem técnicas de produção muito mais simples do que aquelas comumente associadas ao setor.

Tal como aqui demonstrado, MAYER *et al* (2002) sugerem que o aumento da participação de países de baixa renda per capita no comércio de produtos de alta tecnologia está fortemente associado à crescente participação destes nas fases intensivas das cadeias produtivas. Para estes autores, trata-se, portanto, de uma ilusão provocada pela vasta abrangência da tipologia setorial comumente utilizada. O fato, tal como apontado por SRHOLEC (2007), é que o rápido crescimento das exportações de alta tecnologia provenientes de países em desenvolvimento não necessariamente está associado ao desenvolvimento da capacitação tecnológica local.

Portanto, acredita-se que dados de comércio exterior, principalmente quando são apresentados setorialmente, não são um bom indicador do grau capacitação científica/tecnológica dos diferentes países. Compartilha-se aqui, então, da perspectiva de LALL (2005:50) de que os dados de exportações não “distinguem entre os diversos níveis de tecnologia utilizados num determinado grupo de produtos”.

Considerando os produtos de alta tecnologia, se observa atualmente que não houve apenas uma dispersão internacional da produção, mas também do consumo. Porém, uma vez que é depende de aumentos nos níveis de renda dos

países, a dispersão do consumo é um pouco menor do que aquela observada na produção.

Mesmo que parte da produção não necessite estar próxima dos mercados consumidores, estes ainda exercem algum efeito na localização da produção. Na indústria de alta tecnologia existem produtos com processos produtivos de menor possibilidade de fragmentação ou mesmo produtos que exigem alta proximidade, em todas as etapas produtivas, com os mercados consumidores. Nestes casos, a presença de demanda é relevante para a existência de atividades locais de manufatura de alta tecnologia.

Dados da *National Science Foundation* (NSF) mostram que, no período 1995-2007, o consumo aparente⁵³ de produtos de alta tecnologia na China mais do que quintuplicou em termos nominais, enquanto que nos Estados Unidos e União Europeia ela apenas dobrou. Considerando-se apenas o setor de equipamentos eletrônicos e de comunicação, no qual o consumo final possui peso substancial, o consumo aparente Chinês aumentou cerca de 2,5 vezes no mesmo período.

Notadamente, principalmente em países de baixa renda per capita que têm se especializado nas exportações de manufatura não só de alta tecnologia, esse consumo pode ser do tipo intermediário, destinado a outras atividades exportadoras. Muito embora a NSF (2010) considere que é justamente isso que está ocorrendo atualmente na China, não se pode negar o efeito que a demanda interna por alta tecnologia causa na localização de unidades produtivas de tal indústria.

Acredita-se, especificamente para a China e outros países de baixa renda per capita semelhantes, que esse seja um vetor menor na localização da alta tecnologia, e que a maior parte da produção seja ainda destinada a mercados externos, pois, países de baixa renda per capita que possuem poder de atração de etapas produtivas fragmentadas inserem-se na divisão internacional do trabalho não como consumidores líquidos, mas como fabricantes de produtos consumidos em países de alta renda per capita.

⁵³ Produção doméstica (nesse caso medida pelo valor adicionado) somada às importações menos as exportações.

Essa moderna divisão internacional do trabalho está associada às históricas diferenças no esforço científico e tecnológico nacional, pois, como se verá na próxima seção, o desenvolvimento de novas tecnologias é um processo cumulativo e dependente do passado. Nesse contexto, a existência de sistemas nacionais de inovação, que de forma contínua transformam conhecimentos em tecnologia de produção, é fundamental na determinação das especializações nacionais e da conseqüente inserção na divisão internacional do trabalho. Em razão disso, as firmas líderes nos setores de alta tecnologia que realizam as inovações de maior pervasividade e de maior elasticidade renda da demanda estão localizadas em países de alta renda per capita, os quais, além de deter maior parcela do consumo (dada a alta renda), possuem os maiores volumes de gastos em P&D e o maior *pool* de mão de obra qualificada, essenciais para a sobrevivência das firmas desta indústria.

A análise evolucionista do comércio exterior é fundamental dados os objetivos deste trabalho, pois, através de seus pressupostos sobre a capacitação tecnológica nacional, ela permite compreender tanto os diferentes papéis desempenhados por cada país nas cadeias produtivas fragmentadas quanto as possibilidades de modificação destes papéis. Em outras palavras, a análise evolucionista pode explicar porque países de alta renda per capita apropriam-se da maior parte do retorno econômico dos produtos de alta tecnologia e porque alguns países de baixa renda per capita, antes completamente periféricos, gradativamente passam a aumentar sua apropriação de valor nestas mesmas redes fragmentadas.

Por outro lado, ao incorporar a teoria evolucionária do comércio exterior à discussão feita até aqui, torna-se possível compreender, pelo menos em parte, os requisitos necessários à inserção nas cadeias produtivas da alta tecnologia. Pois, mesmo estas cadeias sendo fragmentadas e procurando explorar mão de obra barata, exigem algum nível de capacitação tecnológica e produtiva nacional.

2.3 Teoria evolucionária do comércio internacional

A teoria evolucionária do comércio internacional considera que a geração de tecnologia é cumulativa e dependente dos níveis e do direcionamento dos investimentos em inovação. Ou seja, de acordo com esta teoria, não se observam forças nas relações de comércio internacional que levem automaticamente à difusão da tecnologia, pelo contrário, mesmo na presença de estratégias de internacionalização da P&D, a tecnologia permanece altamente concentrada em poucos países.

Sobre essa concepção heterodoxa, DOSI, PAVITT e SOETE (1990) dizem que

“[...] é a relação entre tecnologia, comércio e crescimento que está no centro da análise, e não o questionamento sobre os ganhos de curto prazo derivados do comércio realizado através de uma alocação de recursos baseada em economias abertas” (p. 11).

Outra distinção relevante à análise locacional que caracteriza a perspectiva evolucionária diz respeito à negação do equilíbrio. De fato, nessa perspectiva, as firmas, com diferentes tecnologias e estoques de conhecimento, concorrem em condições de desequilíbrio.

DOSI, PAVITT e SOETE (1990) colocam seis suposições associadas ao desenvolvimento industrial polarizado que marca a dinâmica econômica moderna:

- i. Diferenças nos níveis tecnológicos e nas capacidades inovativas são fatores fundamentais para explicar as diferenças no nível de produção e competitividade de cada país.
- ii. O comércio externo possui importantes efeitos nas taxas de atividade macroeconômicas de cada país. Ou seja, o crescimento das diferentes economias abertas depende de seus balanços de pagamentos e “[...] essa limitação é maior ou menor de acordo com os níveis e a composição da participação de cada país no fluxo internacional de comércio (DOSI, PAVITT e SOETE, 1990:11)”.

- iii. As diferenças intra-setoriais nos níveis de produção e comércio entre países se devem a vantagens absolutas específicas de cada país.
- iv. A tecnologia não é um bem livre e disponível a todos.
- v. A mudança técnica possibilita rendimentos crescentes em escala.
- vi. Os padrões de alocação de recursos induzidos pelo comércio exterior possuem implicações dinâmicas que podem acarretar, no longo prazo, tanto em efeitos multiplicadores positivos quanto negativos às economias nacionais.

As forças desencadeadas pelo comércio internacional podem, inclusive, agir em detrimento das especificidades produtivas nacionais, ocasionando, assim, a polarização das capacitações tecnológicas entre os países. Essa polarização das capacitações tecnológicas implica também numa polarização do crescimento econômico.

O fato essencial dessa abordagem heterodoxa do comércio internacional - que talvez possa ser chamada, tal como fazem DOSI, PAVITT e SOETE (1990), de abordagem do *gap* tecnológico - diz respeito à consideração de que a tecnologia não se encontra livre, instantaneamente e universalmente disponível, mas, ao contrário, dependendo dos setores considerados, sua difusão é difícil, sendo tanto firma-específica quanto país-específica. Existem, inclusive, vantagens associadas ao tempo de adoção de determinadas tecnologias. Ou seja, além de considerar os diferentes níveis de apropriação tecnológica, deve-se considerar também o caráter temporal de adoção.

Nas palavras de DOSI, PAVITT e SOETE (1990:36), o desenvolvimento tecnológico nacional está associado “[...] ao resultado de processos de aprendizagem, inovação, imitação e mudança organizacional, que possuem tanto especificidades **setoriais quanto nacionais**⁵⁴”. A pujança de um país num setor se deve, então, mais a um processo de construção deliberada de capacitação tecnológica e menos a diferenças nos preços relativos dos fatores e nas dotações estáticas. Ou seja, no contexto da economia mundial, a mudança técnica dos países depende de políticas públicas específicas e de longo prazo. Assim, as

⁵⁴ Grifos do autor.

participações dos países no comércio e produção mundiais são explicadas pelas divergências tecnológicas entre eles, as quais são tanto setorialmente quanto nacionalmente determinadas.

O processo cumulativo que caracteriza a mudança técnica não necessariamente implica em círculos virtuosos. Escolhas equivocadas, tanto referentes à tecnologia quanto a mecanismos de estímulos, podem dar início a ciclos viciosos, os quais, por sua vez, podem levar à criação de desvantagens tecnológicas.

Sendo assim, para a teoria heterodoxa do comércio internacional, tal qual estabelecida pela perspectiva evolucionária, as diferenças nos níveis tecnológicos verificados entre países de economia aberta não são consequência de falhas de mercado ou distorções de preços relativos, mas sim, derivadas de diferenças no contexto educacional, na competência em administrar recursos científicos e tecnológicos, no nível de qualificação da mão de obra, na natureza do sistema financeiro e no comportamento das grandes empresas. Diferenças estas que, apenas em parte podem ser associadas à intensidade tecnológica ou aos gastos em P&D. Seja como for, acredita-se que o mecanismo de ajustamento de mercado não garante a convergência tecnológica e/ou produtiva entre as diferentes economias nacionais (DOSI, PAVITT e SOETE, 1990).

Nessa perspectiva, a dinâmica tecnológica é marcada pelos retornos crescentes em escala, fato este que impossibilita o estabelecimento do equilíbrio, uma vez que o crescimento econômico e o desenvolvimento tecnológico são irreversíveis.

A mudança técnica, fonte das diferenças nos graus de desenvolvimento industrial, pode ser expressa pela existência de setores tecnologicamente mais dinâmicos. Ou seja, espera-se que a presença de setores de alta tecnologia seja tanto causa como consequência da capacitação tecnológica nacional. A capacidade de endogeneizar setores de alta tecnologia e promover a capacitação tecnológica nacional estão, de acordo com a abordagem evolucionária, associadas à trajetória tecnológica dos setores industriais.

A mudança técnica, expressa na introdução de um novo produto ou de um novo processo, não ocorre dissociada da realidade histórica, econômica e social na qual está imersa. Dentro de uma determinada lógica de identificação e resolução de problemas técnicos existe um caminho provável do progresso técnico que é resultado da interação entre as características tecnológicas e a sociedade. Esse caminho é estrangido pelo número de possibilidades de avanço técnico e a cada caminho está associado um nível de possibilidades de apropriação dos ganhos da mudança técnica e um nível de aprendizado.

A compreensão destas trajetórias torna-se necessária, principalmente, pois, a inserção em cadeias produtivas fragmentadas exige algum nível de capacitação tecnológica local com constante surgimento de inovações. Assim sendo, em setores de alta tecnologia, a mudança técnica, que se relaciona com a alta oportunidade tecnológica, constitui-se como elemento essencial à sobrevivência da firma, mesmo estando ela inserida em etapas de menor complexidade.

2.3.1 Trajetórias tecnológicas e as especificidades da indústria de alta tecnologia

No contexto das trajetórias tecnológicas, que definem as características dos diferentes processos inovativos industriais, os conceitos de oportunidade, cumulatividade e apropriabilidade se destacam. A trajetória tecnológica, por sua vez é definida como o progresso tecnológico ao longo dos *trade-offs* econômicos e técnicos de um paradigma (DOSI, PAVITT e SOETE, 1990). O paradigma tecnológico diz respeito a:

“[...] um padrão de solução de problemas técnico-econômicos baseado em princípios altamente selecionados derivados das ciências naturais, juntamente com regras específicas direcionadas à obtenção de novo conhecimento e à salvaguarda do mesmo frente à rápida difusão dos competidores (DOSI, 1988: 1127)⁵⁵.

⁵⁵ Tradução do autor.

De acordo com DOSI, PAVITT e SOETE (1990), seis fatos estilizados precisam ser compreendidos quando da análise das trajetórias tecnológicas. São eles:

- i. O processo inovativo possui regras próprias, ou seja, não pode ser descrito e previsto apenas em função de mudanças nas condições de mercado. Ao contrário, a natureza da tecnologia determinará em que medida estas inovações podem se adequar às demandas de mercado, muitas vezes, inclusive, direcionando a própria trajetória tecnológica.
- ii. Apesar do conhecimento científico se constituir apenas em uma fração dos insumos à inovação, o mesmo possui relevância substancial para mudanças técnicas radicais ou mesmo paradigmáticas, principalmente para setores de alta tecnologia.
- iii. A crescente complexidade, tanto das atividades inovativas quanto das atividades de pesquisa, exige organização e estrutura em torno do processo de busca de novas soluções. Nesse sentido, organizações estruturadas para este fim mostram-se mais adeptas à geração de inovações do que inovadores individuais.
- iv. Na medida em que boa parte da mudança técnica ocorre através de processos do tipo *learning by doing*, o conhecimento encontra-se também incorporado nas rotinas produtivas da firma.
- v. Apesar do alto grau de profissionalização e institucionalização das atividades de pesquisa, seus resultados tanto tecnológicos como econômicos permanecem sendo incertos e difíceis de prever.
- vi. A inovação não é aleatória, a direção da mudança técnica é comumente afetada pelo estado-da arte das tecnologias já utilizadas e as possibilidades futuras das firmas estão associadas ao que ela já fez no passado, ou seja, a mudança técnica é uma atividade cumulativa.

As oportunidades tecnológicas compreendem o conjunto de possibilidades de avanço tecnológico e podem ser medidas em termos dos níveis de incremento da função de produção ou dos atributos dos produtos, sendo que a variação

nestes níveis pode ser promovida através do emprego da P&D industrial (KLEVORICK *et al*,1995).

A mudança técnica pode exigir um esforço prévio de acumulação de conhecimento maior ou menor de acordo com as características da tecnologia. A cumulatividade, então, diz respeito ao estoque de conhecimentos necessários para a mudança técnica numa determinada área, ou seja, está associada ao grau de dependência de esforços passados. Além disso, a cumulatividade, tal como nos modelos econométricos evolucionários, determina as possibilidades futuras das firmas, conferindo, dessa forma, um caráter de “dependência ao passado” à mudança técnica.

Por sua vez, o conceito de apropriabilidade, relaciona-se ao grau ou ao nível com que o inovador se apropria dos retornos econômicos da inovação. Ou seja, diz respeito à possibilidade de imitação da inovação por concorrentes e a consequente divisão dos retornos econômicos.

KLEVORICK *et al* (1995), num interessante estudo baseado no *Yale Survey* de P&D Industrial, analisam as diferenças interindustriais nas fontes de oportunidades tecnológicas. Neste estudo, os autores consideram três fontes de oportunidades: (i) avanços no conhecimento científico, eminentemente realizados por universidades e institutos de pesquisa; (ii) avanços tecnológicos realizados por outros setores e (iii) *feedbacks* tecnológicos, associados aos resultados do uso de inovações por outras firmas, que não aquela originalmente inovadora, ou pela firma inovadora, mas com outro objetivo.

Os avanços no conhecimento científico respondem apenas por uma parte minoritária das informações para as inovações industriais. Contudo, estes avanços são fundamentais para inovações de caráter mais radical. Seja como for, os avanços no conhecimento científico atuam de duas formas distintas na indústria. Por um lado, eles fornecem um estoque de conhecimento e técnicas utilizadas na solução de problemas aplicados às atividades de P&D industrial. Por outro, renovam as oportunidades tecnológicas ao propor novas formas de resolução de antigos problemas, possibilitando, inclusive, a criação de novas trajetórias ou ainda, novos paradigmas.

Os desenvolvimentos tecnológicos realizados em outros setores industriais também se constituem em relevantes fontes de oportunidades tecnológicas. A geração de artefatos de uso geral, tais como motores, geradores elétricos, instrumentos de medida e automação etc, é utilizada por diversos setores industriais. Os outros setores, ao utilizar tais bens, se apropriam da tecnologia neles incorporada mesmo que não tenham de realizar nenhuma atividade de aprendizado para tal. A difusão intersetorial de tecnologia acontece não só a partir de setores de alta intensidade de pesquisa, mas também de outros setores menos intensivos. Ou seja, os fluxos de conhecimento tecnológico inter-setoriais que ocorrem através da utilização de novos produtos se apoiam no caráter incorporado da tecnologia e são multidirecionais.

Outra fonte relevante de oportunidades diz respeito aos *feedbacks* tecnológicos. O desenvolvimento de uma dada tecnologia pode resolver o problema a que se dispunha e ao mesmo tempo abrir todo um novo leque de possibilidades de utilização, o qual criará novos problemas a serem resolvidos. Trata-se de compreender que no processo de criação, difusão e uso de tecnologia existe certo aprendizado tecnológico e efeitos inicialmente não previstos, que incrementam o estoque de oportunidades.

As diferentes fontes de oportunidades estão associadas ao caráter não linear do processo inovativo. O predomínio de uma fonte ou outra irá depender, portanto, das especificidades tecnológicas setoriais.

Tal como PAVITT (1984) e KLEVORICK *et al* (1995) demonstraram, o uso e a relevância das fontes de informação variam substancialmente entre as diferentes atividades industriais. De maneira geral, em ambos os trabalhos, as atividades classificadas como de alta tecnologia são aquelas nas quais as fontes de informação para a mudança técnica mais relevantes estão associadas ao avanço científico de ponta, realizado fundamentalmente em universidades e institutos de pesquisa. Justamente por esse motivo, tal como já comentado no primeiro capítulo deste trabalho, as atividades de alta tecnologia possuem os maiores gastos percentuais em P&D em relação à sua produção. De fato, gastos formais em P&D,

tanto básico quanto aplicado, estão associados a inovações mais complexas e pervasivas, que se alimentam de conhecimento científico formal.

De acordo com o estudo desenvolvido por KLEVORICK *et al* (1995), as áreas do conhecimento científico que mais impactam a criação de tecnologia industrial são, nessa ordem, ciência dos materiais, química e metalurgia. Todas notadamente ligadas à criação de compostos sintéticos, os quais se encontram amplamente difundidos na indústria de manufatura mundial.

Apesar de a ciência básica ser a principal fonte de criação de oportunidades para a indústria de alta tecnologia, este mesmo estudo mostra que a área do conhecimento difere entre os setores que compõe tal indústria. A indústria aeroespacial é muito ligada aos desenvolvimentos em ciências dos materiais, matemática e física; o desenvolvimento de novos fármacos apoia-se fundamentalmente no conhecimento de biologia e química básicas; o complexo eletrônico (equipamentos de informática, eletrônicos e comunicação), por sua vez, possui sua mudança técnica associada à ciência dos materiais, à física e à ciência computacional; e o setor de instrumentos de precisão utiliza em abundância conhecimentos matemáticos, de diversas áreas tecnológicas (por exemplo engenharias) e das ciências médicas. Em todos os casos, a universidade é o ator mais relevante para o desenvolvimento da ciência básica aplicada à indústria. Os autores (KLEVORICK *et al*, 1995), inclusive, observam uma forte correlação entre a intensidade tecnológica dos setores industriais e o uso da ciência básica, principalmente nos campos da biologia, física e computação.

Não obstante a relevância da ciência básica para a mudança técnica em setores de alta tecnologia, as relações tanto a jusante quanto a montante dentro da própria cadeia produtiva representam importantes insumos à mudança técnica. Esta fonte de oportunidade é especialmente relevante para os setores de instrumentos de precisão e de equipamentos de informática, os quais tanto difundem quanto consomem tecnologia. Contudo, mesmo nestes setores, observa-se preponderância da ciência básica como fonte de oportunidades.

Por outro lado, os setores de alta tecnologia, por sua forte proximidade com conhecimentos científicos de fronteira, necessitam, mais dos que os demais, de

esforços contínuos de longo-prazo, ou seja, exigem alto grau de cumulatividade. Assim, o desenvolvimento de uma nova aeronave, de um novo medicamento ou mesmo de um novo processador exige certo acúmulo prévio de conhecimento que não é demandado, por exemplo, na produção de calçados, camisas ou móveis.

Ainda do ponto de vista setorial, pode-se afirmar que, dadas as características de altos investimentos em P&D, os setores de alta tecnologia exigem, como condição de existência, garantias mínimas de apropriabilidade. Não se trata de afirmar que estes setores possuem apropriabilidade mais intensa do que os demais, apenas que, em razão dos altos investimentos em P&D, a garantia de apropriabilidade é fundamental para a sobrevivência da firma.

Notadamente, questões associadas às oportunidades, cumulatividade e apropriabilidade variam significativamente nas diferentes etapas do processo, mesmo em setores de alta tecnologia. Assim, etapas produtivas mais complexas estão associadas a gastos formais em P&D enquanto etapas produtivas mais simples, não. Essa discussão será retomada na última seção deste capítulo quando a mecânica de localização da alta tecnologia for analisada à luz dos diferentes pressupostos teóricos aqui apresentados.

Esforços tecnológicos nacionais no sentido de conferir estímulo à criação de oportunidades – principalmente aquelas ligadas à pesquisa básica e aplicada –, manutenção da cumulatividade e apropriabilidade são fundamentais à existência de atividades de alta tecnologia no parque industrial nacional. Estes esforços, dada as características do processo inovativo, são consequência da robustez do sistema nacional de inovação. Por isso, diferenças nas orientações dos sistemas nacionais constituem-se em relevantes vetores de localização de atividades de alta tecnologia.

Nesse sentido, torna-se relevante discutir, mesmo que superficialmente, os tipos de sistemas nacionais de inovação atualmente existentes no mundo.

2.3.2 Tipologia de sistemas nacionais de inovação

O hoje conhecido e amplamente difundido conceito de sistema nacional de inovação é definido por FREEMAN (1987:330) como “[...] uma rede de instituições nos setores público e privado cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias”.

O conceito de sistema nacional de inovação diz respeito, então, ao conjunto de estratégias nacionais e suas interações, executadas por indivíduos, instituições ou organizações, que possuem por objetivo a transformação do conhecimento científico ou tecnológico em bens e serviços comercializáveis. Nesse contexto, espera-se encontrar atividades de alta tecnologia em parques industriais nacionais cujos sistemas nacionais fomentem o surgimento contínuo e sustentável de novos produtos.

Apesar de haver certo consenso a respeito do conceito de sistema nacional de inovação, dados empíricos já demonstraram a existência de inúmeras especificidades nacionais. Assim, as diferenças entre os sistemas nacionais atualmente existentes são substanciais e estão associadas ao amplo leque de especificidades e idiosincrasias nacionais.

Tal como apresentado originalmente por ALBUQUERQUE (1999) e por RAUEN, FURTADO e CÁRIO (2010), essa diversidade de sistemas nacionais é tamanha que torna possível separar, através do uso de indicadores de patentes e publicações internacionais indexadas, os sistemas nacionais de inovação em três grupos: (i) sistemas maduros; (ii) sistemas *catching-up*; e (iii) sistemas não-maduros.

No grupo dos sistemas maduros, encontram-se os sistemas nacionais de países desenvolvidos, dentre os quais se destacam: Estados Unidos, Japão, Alemanha, França, Reino Unido, Canadá, dentre outros. Nestes países, existe interação entre as organizações que compõem o sistema, comprometimento das firmas com atividades inovativas e geração interna de conhecimentos. As firmas, nestes sistemas, são as principais executoras da pesquisa e desenvolvimento, e,

em que pese à pesquisa relacionada à defesa, boa parte do sistema se articula em torno de suas estratégias. Também se destaca, nestes sistemas, a presença das mais importantes universidades do mundo, que além de formarem mão de obra para os demais países, possuem forte atuação na geração de novos produtos e serviços. Pode-se afirmar, portanto, com alguma segurança, que estes são sistemas robustos capazes de gerar novos produtos de forma endógena e sustentável.

Já no segundo grupo estão os sistemas intermediários do tipo *catching-up*. Estes sistemas encontram-se em países nos quais o crescimento dos indicadores de ciência e tecnologia e a velocidade de difusão de novos conhecimentos permitem afirmar que ocorreu certo grau de convergência com o nível de desenvolvimento tecnológico dos países desenvolvidos. São caracterizados pela intensa formação de engenheiros e pela alta capacidade de absorção de conhecimentos tecnológicos externos. Entretanto, neste segundo grupo, ainda existem problemas relacionados à geração endógena de conhecimentos. Compõem esse grupo: Coreia do Sul, Cingapura, Taiwan e, mais recentemente, talvez a China.

O terceiro grupo, de sistemas não-maduros, é subdividido, de acordo com ALBUQUERQUE (1999), em três subgrupos, a saber: (i) OISTs – *old and ineffective science and technology structure*, em que encontram-se os países da América Latina, Índia e África do Sul; (ii) ECEC – *Eastern and Central European countries*, que é composto pelos sistemas nacionais dos antigos países comunistas, com destaque para o sistema russo, e que, construídos com foco na ciência, hoje sofrem com a incapacidade de transformar os conhecimentos técnicos-científicos em produtos e; (iii) sistemas nacionais de inovação chamados de Ásia *cubs*, em que encontram-se sistemas de países asiáticos que não podem ser considerados sistemas *catching-up*, mas que são distintos dos sistemas chamados de OISTs e ECEC. Este conjunto abarca os sistemas ainda em fase de construção com pouca estrutura científica, cujos representantes são: Indonésia, Malásia, Filipinas e Tailândia.

Apesar da existência de importantes centros de ensino universitário, de forma geral, nesse terceiro grupo (sistemas não maduros), há países com estruturas tecnológicas caracterizadas pela dificuldade de transformar conhecimentos científicos e tecnológicos, criados endogenamente ou não, em bens e serviços comercializáveis. Não obstante, mesmo estes países podem atrair atividades tecnologicamente dinâmicas.

2.4 Vetores e mecânica da localização internacional de atividades industriais de alta tecnologia

Ao longo das três primeiras seções deste capítulo, foi mencionado que a teoria do ciclo de vida do produto precisa ser revista em razão da moderna possibilidade de fragmentar a produção, e que essa fragmentação leva a uma determinada divisão internacional do trabalho que é explicada pela teoria evolucionária de comércio exterior. Contudo, estas seções não apresentaram a dinâmica espacial subjacente à utilização, em conjunto, dos três marcos teóricos. É justamente a esse objetivo que se desdobra esta quarta seção.

Antes de iniciar essa análise conjunta, é preciso resgatar, mesmo que brevemente, as características que fazem com que a indústria de alta tecnologia seja a de maior possibilidade de fragmentar a produção.

Tal possibilidade deve-se a três fatores, quais sejam: (i) ao grande número de etapas produtivas, (ii) à alta oportunidade tecnológica, e (iii) à alta relação valor/peso.

Em geral, artefatos de alta tecnologia possuem alta complexidade que só se realiza em função de um intrincado processo produtivo, que possui, por sua vez, um grande número de etapas de produção claramente distinguíveis. Em que pese à alta complexidade do processo produtivo, grande número de etapas, principalmente aquelas relacionadas à montagem, é intensiva em mão de obra, o que leva, portanto, a uma maior propensão a fragmentá-las.

Por outro lado, tal como explicitado no primeiro capítulo deste trabalho, setores de alta tecnologia possuem, em razão de seu recente desenvolvimento, altas oportunidades tecnológicas, fato este que torna a constante introdução de

novos produtos elemento essencial à sobrevivência da firma. Ou seja, numa indústria marcada pela alta taxa de mudança técnica, o elemento competitivo central da firma de alta tecnologia reside em sua capacidade de gerar constantemente inovações. Nesse sentido, parece existir uma tendência para que, também em razão da alta complexidade do produto, as firmas se especializem apenas em etapas produtivas nas quais elas possuam maior capacidade de inovar. Ao concentrar-se em apenas algumas etapas do processo produtivo, as firmas tendem a subcontratar parte da produção, essa subcontratação leva, de forma geral, mas não necessariamente, à fragmentação da produção.

Por fim, diferentemente do que ocorre em outros setores da indústria de manufatura, os bens produzidos no setor de alta tecnologia possuem, dada a sua elevada incorporação de tecnologia, uma alta relação peso/valor. Em produtos com alta relação peso/valor, os custos de transporte ou frete são relativamente inferiores e, portanto, mais propensos a terem sua produção geograficamente dispersa. Ou seja, em razão de seus custos de transportes serem inferiores, os produtos de alta tecnologia possuem maiores estímulos a fragmentar sua produção.

Considerando, então, os objetivos deste trabalho, a teoria do ciclo de vida do produto possui três pontos centrais que precisam ser analisados com mais cuidado, quais sejam: (i) as firmas que operam globalmente, sempre que possível, procuram explorar diferenças internacionais nos custos de produção; (ii) o nível tecnológico da produção depende apenas da presença de fatores de produção a ele associados; e (iii) a presença da produção está condicionada à existência de mercados consumidores.

Na teorização do ciclo de vida do produto as firmas estão, independentemente da fase do ciclo, sempre atentas às diferenças internacionais nos custos de produção e em como explorá-las. Acontece, pois, que, em fases de pouca padronização, os custos de produção são menos relevantes frente às incertezas produtivas. Porém, à medida que o produto ganha padronização, os custos de produção passam a se configurar como elementos centrais da

competitividade da firma. Então, nessa perspectiva, a firma está sempre buscando uma melhor alocação de seus recursos frente às exigências produtivas.

Mesmo no contexto atual, no qual a produção pode ser fragmentada, esse pressuposto permanece válido, ou seja, as firmas que operam globalmente procuram explorar diferenças internacionais nos custos de produção. A diferença fundamental agora, que não foi prevista na teorização original, diz respeito ao fato de que não é mais o produto como um todo que precisa se tornar padronizado para que essas diferenças nos custos possam ser amplamente exploradas, mas sim, a etapa de produção. Na medida em que é possível separar o processo produtivo em etapas muito distintas do ponto de vista da complexidade tecnológica e das exigências de mão de obra, a firma não precisa mais esperar que o produto de torne padronizado, ela pode explorar as diferenças internacionais de custo de produção já na fase inicial do ciclo de vida do produto. As firmas, independente da fase do ciclo, tendem dessa forma a explorar diferenças internacionais nos custos de produção em todas as etapas de produção que sejam intensivas em mão de obra ou que possam ser feitas com custos menores em outros países.

Nesse sentido, etapas produtivas mais específicas (quase sempre de maior complexidade) tendem a permanecer concentradas em países de alta renda per capita, enquanto etapas mais intensivas em mão de obra e mais simples tendem a ser fragmentadas. Seja como for, as firmas que operam globalmente permanecem atentas a diferenças internacionais nos custos de produção e em que como deles se apropriar.

Outro pressuposto da teoria do ciclo de vida do produto que precisa ser avaliado quando da análise espacial da indústria de alta tecnologia diz respeito às diferenças nos níveis tecnológicos dos países.

Nesse contexto, primeiro é preciso que se chame atenção para o fato de que, na teorização original, o nível tecnológico de um país é dado e, por isso, as posições dos países nos fluxos internacionais de mercadorias são estáticas. Contudo, como mostra inclusive a literatura evolucionária do comércio exterior, desde os escritos originais de Raymond Vernon, no final da década de 1960 até a presente data, ocorreu um intenso processo de convergência tecnológica de

certas partes da periferia com o centro do sistema, como também uma intensa convergência do próprio mundo desenvolvido em direção ao padrão tecnológico estadunidense. Ou seja, desde o estabelecimento desta teorização, ocorreram importantes mudanças em termos de convergência e dispersão tecnológica, que acabaram transformando os pressupostos inicialmente elaborados.

Notadamente, a convergência de diversos países em direção ao nível tecnológico estadunidense está relacionada com o entendimento de que alterações nos níveis de capacitação tecnológica nacional - medida, por exemplo, pela produtividade do trabalho - estão relacionadas com esforços explícitos de aprendizagem, que, tal como colocam autores evolucionários, exigem uma intrincada rede de organizações e instituições capazes de sustentar, em longo prazo, a geração endógena de conhecimento.

Por isso, a moderna dinâmica espacial da indústria de alta tecnologia, que se caracteriza pela rápida convergência de antigos países da periferia e mesmo de países desenvolvidos, não pode, portanto, ser compreendida apenas com a teoria do ciclo de vida do produto. Torna-se necessário, portanto, incorporar o fato de que a capacitação tecnológica nacional, que afeta a dispersão da produção, pode ocorrer mesmo em países de baixa renda per capita, quando estes se engajam em esforços deliberados de aprendizado tecnológico. Ou seja, tal como supõe a teoria evolucionária do comércio exterior, o conhecimento tecnológico, mesmo estando distribuído desigualmente no mundo, pode ser endogenamente desenvolvido por países que buscam alterar as relações hierárquicas entre centro e periferia.

Para a teoria evolucionária, a capacitação tecnológica nacional, então, não depende apenas da existência de determinados fatores produtivos, dentre os quais se destaca o capital, mas também do esforço deliberado e explícito de aprendizado, esse último não considerado pela teoria do ciclo de vida do produto.

Por fim, a teoria do ciclo de vida do produto possui um terceiro pressuposto implícito que precisa aqui ser observado, qual seja, o fato de que a produção encontra-se dissociada do consumo.

Na teoria do ciclo de vida do produto, a localização da produção é determinada pela existência do consumo, e então, seja nas fases iniciais do ciclo ou mesmo nas fases finais, consumo e produção são geograficamente indissociáveis. A razão para tal reside no fato de que a produção é vista de forma um tanto verticalizada e de que apenas produtores próximos de seus mercados consumidores podem compreender as reais necessidades destes. Assim, essa teorização pressupõe assimetria de informação entre produtores geograficamente próximos e geograficamente distantes do mercado alvo.

O que a teoria do ciclo de vida do produto não considerava, e que depois o próprio Raymond Vernon (VERNON *apud* EATWELL, 1987) passou a incorporar em suas análises, é que, em razão de pressões econômicas exógenas, notadamente associadas ao esgotamento do padrão de acumulação previamente existente de inovações em tecnologias de informação e comunicação e nos transportes, e também do esforço de convergência tecnológica da periferia, a produção se descolou do consumo até chegar ao ponto de se fragmentar completamente. Atualmente, é possível separar a produção de um bem de alta tecnologia em diferentes etapas produtivas e as alocar espacialmente em razão de diferenças em seus custos de produção, sendo que a alocação destas etapas produtivas independe da existência de mercado interno para se efetivar. As próprias assimetrias de informação tratadas por VERNON, se não desaparecem, pelo menos diminuem consideravelmente em razão das modernas possibilidades logísticas e da informação facilitada.

Nesse contexto, a determinação da localização da produção industrial, principalmente de produtos de alta tecnologia (passíveis de maior fragmentação), passa a ocorrer não mais em função de questões de demanda, mas sim, de oferta.

Contudo, nem todas as etapas do processo produtivo estão sob a mesma lógica espacial. Em etapas de alta complexidade tecnológica, tal como prototipagem, P&D e design, outros fatores que não os custos definem a dispersão espacial. Estas etapas de produção pouco sofrem com a fragmentação,

permanecendo concentradas em países de alta renda per capita, muito mais em razão das vantagens competitivas destes do que do próprio consumo interno.

Assim sendo, se, na formulação original da teoria do ciclo de vida, a localização da produção é determinada pelo consumo, nas condições atuais, são as vantagens competitivas associadas aos custos, mas não apenas, que determinam tal localização.

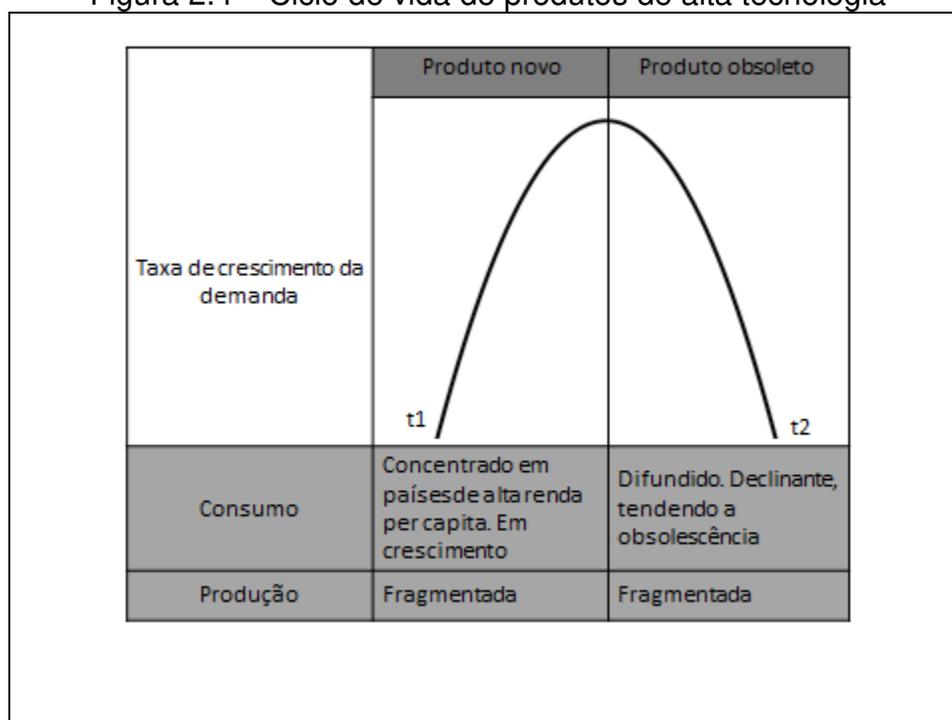
O descolamento entre consumo e produção teve óbvias consequências para a dispersão da produção no mundo. Contudo, o consumo também se dispersou. Ou seja, países de baixa renda per capita não são apenas produtores de alta tecnologia, eles também têm se tornado importantes consumidores. Todas estas alterações espaciais também estão associadas à existência de um ciclo de vida próprio, no qual são introduzidos constantemente novos produtos que se tornam, rapidamente, obsoletos. Tal qual propõe BENKO (2006), o atual ciclo de vida de produtos de alta tecnologia possui, diferentemente do ciclo de vida apresentado por VERNON (1966), apenas duas fases: a de produto novo e a de produto obsoleto.

As razões para um ciclo de vida mais curto residem no fato de que setores de alta tecnologia se caracterizam por alta oportunidade tecnológica, que, por sua vez, permitem alta taxa de inovação. Em ambientes caracterizados por elevadas taxas de mudança técnica, a sobrevivência da firma está condicionada à sua capacidade de sustentar a geração contínua de inovações, que, por sua vez, força a constante obsolescência do produto. Assim, produtos de alta tecnologia não possuem tempo suficiente para se tornarem completamente maduros, tal qual previa a formulação original da teoria do ciclo de vida do produto. Na medida em que novos produtos, com funções aperfeiçoadas, surgem, eles são abandonados mesmo antes de terem sua produção completamente massificada.

Por outro lado, não se pode negar o fato de que inovações de processo aceleraram a padronização dos produtos e reduziram as incertezas produtivas, bem como as curvas de aprendizado. Isto é particularmente válido num contexto de sistemas de produção automatizados e flexíveis.

Nesse curto ciclo, a fragmentação da produção inicia-se já na primeira fase do ciclo. Ou seja, não é necessário, tal como previa a formulação original de VERNON, aguardar a padronização do produto como um todo para que a firma passe a explorar diferenças nos custos de produção. Então, seja na primeira fase, ou na última, as etapas produtivas podem ser fragmentadas e as diferenças internacionais nos custos de produção exploradas (Figura 2.4).

Figura 2.4 – Ciclo de vida de produtos de alta tecnologia



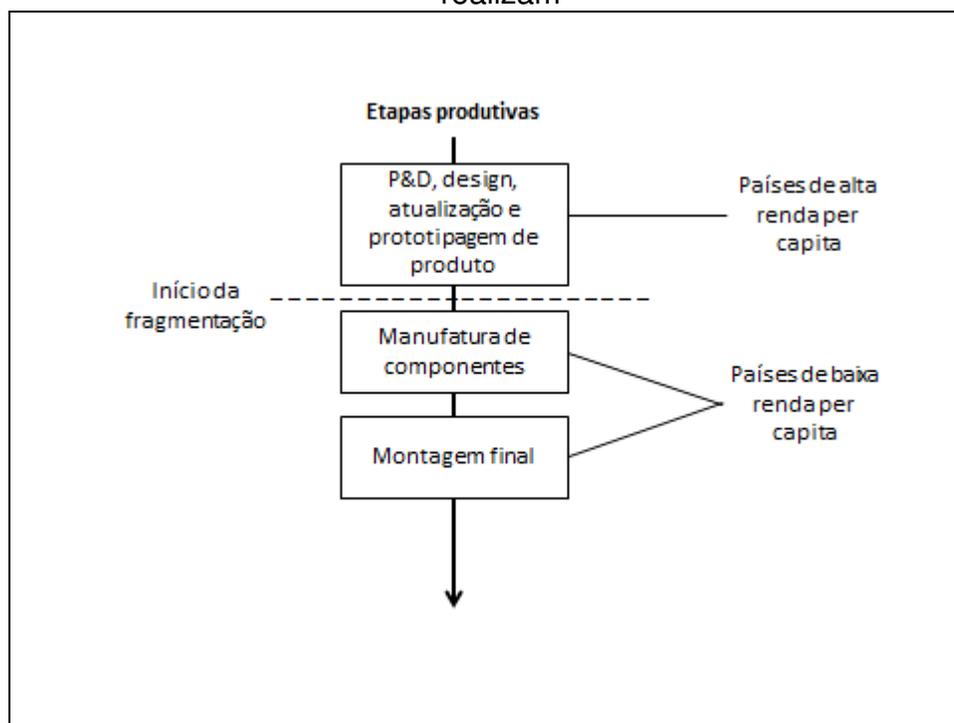
Fonte: Elaboração própria.

Se a dispersão da produção já é forte no início do ciclo, isto não se observa no consumo, que, na fase de produto novo, permanece concentrado em países de alta renda per capita. Notadamente, países de baixa renda per capita, mesmo nesta fase, realizam algum consumo, contudo, a maior parte dele se realiza quando o produto encontra-se na fase de obsolescência.

Os preços são decrescentes e proporcionais ao tempo e ao transcorrer do ciclo. Por outro lado, mesmo que o consumo dos países de baixa renda per capita se eleve, à medida que o produto caminha para a obsolescência, a taxa de crescimento da demanda diminui, uma vez que o consumo dos países de alta

renda per capita se reduz. O efeito líquido final, então, é de uma redução da taxa de crescimento da demanda.

Figura 2.5 – Etapas produtivas da indústria de alta tecnologia e países que as realizam



Fonte: Elaboração própria.

Do ponto de vista da produção, destaca-se, então, que a fragmentação ocorre mesmo na fase de produto novo. O que significa dizer que a produção de novos produtos, mesmo de alta tecnologia, não é mais exclusividade de países de alta renda per capita. Contudo, como já mencionado, nem todas as etapas produtivas fragmentam-se e existem determinadas etapas que obedecem outra lógica de localização, não sendo guiadas, portanto, por diferenças internacionais nos custos dos fatores, principalmente da mão de obra.

Assim sendo, na teorização original do ciclo de vida do produto, primeiro o consumo se desloca e só depois ocorre o deslocamento da produção, o qual por sua vez, leva ao estabelecimento de déficits comerciais no país pioneiro. No modelo aqui proposto, a produção se desloca primeiro, o que leva a déficits

comerciais no país pioneiro e só num segundo momento ocorre o deslocamento do consumo.

A Figura 2.5 apresenta o processo produtivo fragmentado bem como os países que internalizam cada etapa. Nesta figura é possível observar que a fragmentação da produção não ocorre em etapas associadas à P&D de produto, mas só em etapas associadas à manufatura propriamente dita.

A dispersão espacial da P&D possui uma lógica distinta da dispersão da manufatura. Na P&D, outros elementos são mais relevantes para a decisão locacional da firma, como, por exemplo, economias de aglomeração e, conseqüentemente, a possibilidade de apropriação de conhecimento crítico. Os custos associados à pesquisa, nesse sentido, são apenas marginais.

Assim, na medida em que países de alta renda per capita possuem maior capacitação tecnológica e que essa capacitação é cumulativa, é justamente neles que se concentrará a P&D e as atividades a ela associadas. Por outro lado, atividades propriamente ditas de manufatura possuem forte incentivo a se fragmentar, pois são marcadas pela alta intensidade de mão de obra, mais barata em países de baixa renda per capita.

Em razão dos valores de mão de obra mais baratos em países de baixa renda per capita, a produção que, via de regra, serve a mercados de países de alta renda per capita se fragmenta no sentido de explorar essas diferenças internacionais e garantir competitividade às firmas de alta tecnologia. Nesse sentido, as etapas de manufatura e montagem final, de maior intensidade da mão de obra, fragmentam-se em direção a países de baixa renda per capita. Ressalta-se, porém, que atividades de fabricação de componentes críticos, em razão de sua complexidade tecnológica, tendem a se fragmentar menos.

Foi mencionado anteriormente que o principal elemento de determinação da localização da produção fragmentada diz respeito a diferenças nos custos de produção, principalmente, de mão de obra. Por outro lado, cabe agora questionar se as especificidades produtivas da alta tecnologia, tal como esboçadas no primeiro capítulo desta tese, podem também influenciar a localização da produção.

Como já amplamente discutido, atividades de alta tecnologia caracterizam-se também por uma alta cumulatividade do conhecimento e por um processo produtivo complexo. Portanto, mesmo etapas produtivas intensivas em mão de obra exigem algum nível de capacitação desta, bem como, algum nível de capacitação da firma manufatureira. Então, diferente do que ocorre com atividades da indústria tradicional, a fragmentação total da produção de alta tecnologia depende não apenas de custos de mão de obra inferiores, mas também de alguma capacitação tecnológica das firmas e, portanto, dos países receptores.

A manufatura de alta tecnologia exige algum nível de capacitação tecnológica tanto da mão de obra quanto da firma, pois, em geral, possui um grande número de etapas, elevado rigor em termos de precisão e principalmente grande variabilidade, que se associa à rápida obsolescência do produto.

A interação destas forças relacionadas à produção, ao consumo e à tecnologia leva ao estabelecimento de uma nova divisão internacional do trabalho muito mais complexa do que aquela observada ao longo de todo o século XX. Nessa moderna divisão, todos consomem e todos produzem alta tecnologia, muito embora o consumo ainda esteja mais concentrado do que a produção.

Do ponto de vista da geração de tecnologia, esta ainda encontra-se, assim como pressupõe a formulação original da teoria do ciclo de vida do produto, muito concentrada em países de alta renda per capita. É verdade que atividades de manufatura deslocadas para países de baixos salários sejam responsáveis pela geração de inovações, principalmente de processos, mas a mudança técnica mais radical continua geograficamente concentrada no centro do sistema. De fato, a própria classificação entre centro e periferia está associada à difusão desigual da tecnologia.

2.4.1 A moderna divisão internacional do trabalho em setores de alta tecnologia

Nas fundamentações teóricas aqui apresentadas, países de alta renda per capita com altos salários deslocam a manufatura de produtos de alta tecnologia para países de baixos salários. Contudo, a análise empírica do comportamento dos países mostra um quadro um tanto mais complexo, muito embora, a fragmentação da produção, tal como estabelecida nas fundamentações, continua sendo o principal vetor de mudança que afeta indistintamente todos os países.

Diferenças internacionais nos custos de produção são relevantes na determinação da localização, mas outros elementos, tais como as políticas industriais nacionais, podem alterar as posições dos países nessa moderna divisão internacional do trabalho. Não se trata apenas, então, de separar países em função de suas rendas per capita, mas de observar como estes se comportam frente aos estímulos de fragmentação que influenciam a decisão locacional da firma de alta tecnologia. Muito embora o movimento geral seja o de deslocamento da produção de países de alta renda per capita para países de baixa renda per capita, a existência ou não de políticas industriais efetivas influenciará a forma de inserção internacional nos fluxos fragmentados de produção de alta tecnologia.

Importante destacar que países de baixa renda per capita, assim como estabelecido pela teoria do ciclo de vida do produto, também possuem consumo interno em ambas as partes do ciclo de vida, fato este que torna ainda mais complexa a determinação desta moderna divisão do trabalho, pois este consumo altera a dinâmica comercial entre os países.

Assim sendo, é preciso relativizar os preceitos teóricos anteriormente apresentados de forma a perceber as diferentes nuances de um fenômeno geral marcado pela difusão internacional da produção. Principalmente porque estes preceitos tratam de uma realidade estilizada, e de certa forma extrema, que agora precisa ser analisada à luz dos diferentes comportamentos nacionais.

De fato, como poderá ser observado, a forma de inserção nessa moderna divisão internacional do trabalho irá não apenas depender dos níveis de renda per capita, mas também das políticas industriais. Assim, a existência de alta renda per capita não é suficiente para que um determinado país se especialize em atividades produtivas de maior complexidade tecnológica, sendo necessário, para tanto, haver esforço deliberado para tal, muito embora se reconheça, tal como estipulado pelas fundamentações teóricas, que existe uma forte correlação positiva entre alta renda per capita e a realização de atividades mais complexas de uma cadeia produtiva fragmentada.

Ao observar a forma como as diferentes economias nacionais se posicionam frente à produção fragmentada é possível identificar a existência de quatro grandes grupos de países: (i) países líderes tecnológicos superavitários; (ii) países líderes tecnológicos deficitários; (iii) países seguidores tecnológicos superavitários; e (iii) países seguidores tecnológicos deficitários.

Notadamente, a existência de apenas quatro grupos é uma aproximação muito simplificada da realidade econômica mundial. Como poderá ser observado no capítulo 4, estes grupos são formados por países muito heterogêneos entre si. Contudo, acredita-se que essa tipologia sirva para os propósitos do presente trabalho, que dizem respeito à compreensão geral dos mecanismos de localização de atividades industriais classificadas como de alta tecnologia. Então, ainda que se perca alguma precisão analítica, acredita-se que os ganhos em se utilizar tal abordagem agregada sejam suficientes para justificar a escolha por ela.

Os países de liderança tecnológica são aqueles nos quais o surgimento dos setores de alta tecnologia se confunde com o próprio processo de desenvolvimento econômico nacional. É justamente nestes países que surge o movimento de fragmentação da produção e no qual tal movimento é mais forte. Contudo, mesmo que as tendências a fragmentar a produção sejam fortes nestes países, existem medidas, notadamente associadas a políticas públicas industriais, capazes de reduzir tais tendências. De fato, é o esforço nacional em preservar atividades industriais, mesmo em face à possibilidade de fragmentar a produção, que distingue países líderes superavitários dos países líderes deficitários.

No grupo de países líderes tecnológicos superavitários, têm-se economias de alta renda per capita e alta capacitação tecnológica que, apesar dos altos salários médios, do alto consumo interno e da forte tendência a fragmentar a produção, conseguem manter parte significativa de seu parque industrial. Para estes, o deslocamento da produção ocorre, mas é constantemente combatido. Seus sistemas nacionais de inovação são robustos e bem articulados, nos quais os conhecimentos científicos e tecnológicos constantemente alimentam a manufatura que, em razão de esforços deliberados, permanecem no país. De fato, as políticas industriais destes países apoiam-se nas recomendações oriundas da corrente evolucionista e, por isso, consideram a necessidade de preservar os robustos sistemas de inovação, que além de criar conhecimento tecnológico fomentam a atividade industrial.

Mesmo que estes países tenham significativo consumo de produtos de alta tecnologia e que alguma parte da produção seja internacionalizada, seus esforços são suficientes para criar saldos comerciais positivos. Interessante perceber, nesse sentido, que parte da produção deslocada de outros países de alta renda per capita acaba se localizando nos países deste grupo, de forma a robustecer seus saldos comerciais em tais produtos. Comumente, a estratégia industrial seguida por estes países diz respeito ao estabelecimento de especialização nacional em determinados setores que compõem a indústria de alta tecnologia, e não em sua internalização por completo. Fato este que acaba por criar uma identificação destes países com determinados inovações tecnológicas.

Por outro lado, países líderes tecnológicos também podem ser deficitários. A estes, deu-se a denominação de líderes tecnológicos deficitários. De fato, esse é o comportamento clássico previsto nas fundamentações anteriormente apresentadas, ou seja, o de países de alta renda per capita com alto desenvolvimento tecnológico que deslocam atividades de manufatura para países de baixos salários e preservam apenas aquelas atividades tecnologicamente mais complexas.

Assim como o grupo anterior, os países deste grupo possuem robustos sistemas de inovação que geram constantemente novos conhecimentos consumidos internacionalmente. Contudo, diferente do grupo anterior, não implementam políticas efetivas de manutenção de atividades industriais que podem ser feitas a custos menores em países de baixa renda per capita. Nestes países, parece haver um intenso processo de desindustrialização, no qual a economia dos serviços emerge como nova força motriz do crescimento. Assim, mesmo que seus sistemas de inovação sejam tão ou mais robustos do que os observados no grupo anterior, estes sistemas pouco se concentram na realização de atividades industriais, focando quase que exclusivamente na geração de tecnologia de ponta.

Nestes países, o vasto consumo interno associado ao intenso processo de fragmentação leva ao estabelecimento de robustos déficits comerciais, mesmo que importantes atividades de alta complexidade tecnológica ainda sejam realizadas internamente. Além disso, nestes países, apesar de haver um superávit no comércio de tecnologia, existe um volumoso déficit no comércio de produtos de alta tecnologia.

Essencialmente, o que ocorre é que, com fragmentação da produção, o consumo interno destes países, que é significativo, não pode ser totalmente suprido com a produção interna, pressionando assim as importações. Portanto, a introdução de uma inovação de produto em um país de alta renda per capita que se enquadra nesse grupo tem consequências para sua balança de comércio exterior com o inovador. Sobre esse aspecto, LINDEN, KRAEMER e DEDRICK (2007:10), afirmam que “para cada U\$300,00 em *Ipod* vendidos nos Estados Unidos, [...] o déficit comercial com a China aumenta em cerca de U\$150,00 (custo de produção)”.

O fato de que a introdução de um novo produto de alta tecnologia num país desenvolvido possa causar déficits comerciais negaria o “efeito mercado interno” apresentado por KRUGMAN (1980), que estabelece que países com grandes mercados internos de um dado produto tendem a se tornar exportadores líquidos de tal produto.

Seja como for, a relação entre o grande consumo interno e o insuficiente nível produtivo explica os saldos comerciais negativos em alta tecnologia dos países líderes tecnológicos deficitários.

Dado o peso dos países que compõe este grupo, seu comportamento é comumente generalizado para as demais economias desenvolvidas, muito embora estas sejam qualitativamente distintas entre si. De fato, as suposições teóricas levantadas em seções anteriores se apoiam basicamente no comportamento dos Estados Unidos, maior expoente deste grupo.

Por fim, importante ressaltar que estes dois grupos, em que pese à existência de diferenças nos saldos comerciais, se destacam dos demais em razão de suas altas rendas per capita e de suas altas capacitações tecnológicas, que os permitem se enquadrarem como líderes tecnológicos especializados na realização de atividades de alta complexidade tecnológica. Pode-se afirmar, então, com base nos preceitos teóricos aqui apresentados, que, países líderes tecnológicos são os principais responsáveis pela produção da tecnologia e pela produção de uma parte dos artefatos de alta tecnologia mundialmente consumidos.

Nessa moderna divisão do trabalho, existem países seguidores tecnológicos que se concentram na realização de atividades manufatureiras de baixa complexidade tecnológica. De forma geral, estes países se caracterizam por baixos salários e baixa renda per capita. Contudo, também fazem parte deste grupo, países de alta renda per capita cuja capacitação tecnológica nacional é apenas marginal e os sistemas de inovação pouco articulados. Assim, do ponto de vista tecnológico, o traço distintivo destes países diz respeito ao intenso consumo de tecnologia importada, que é aplicada à produção destinada, via de regra, a mercados de países pertencentes a outros grupos, muito embora o consumo interno não seja de forma nenhuma desprezível.

Assim existe um grupo de países que, apesar de se caracterizarem pela intensa incorporação de tecnologia estrangeira, se beneficiam do deslocamento da produção proveniente de países de alta renda per capita. A estes deu-se a denominação de países seguidores tecnológicos superavitários. Estes países

possuem deliberada política industrial, que busca não só atrair atividades manufatureiras como também garantir competitividade internacional com algum esforço tecnológico local.

De fato, estes países encontram-se, de forma geral, inseridos em processos de convergência tecnológica. É verdade, contudo, que, para a maioria destes países, esse processo apenas se iniciou, estando eles ainda muito distantes dos países líderes tecnológicos. O fato é que, neste grupo, encontram-se países engajados em políticas industriais ativas, que, apesar de ainda atuarem sob etapas menos tecnologicamente complexas, buscam deliberadamente aumentar sua competitividade.

Muito embora o consumo interno dos países seguidores tecnológicos superavitários seja significativamente inferior ao observável em países de alta renda per capita, que compõem os grupos de liderança tecnológica, ele tem crescido nas últimas duas décadas. Interessante perceber que, em razão do fato de que os países seguidores tecnológicos superavitários também concentram boa parte da produção mundial da indústria de transformação tradicional, muito provavelmente, parte do consumo interno de alta tecnologia deva-se ao consumo intermediário, para fins industriais. Contudo, as estatísticas disponíveis, que serão apresentadas no último capítulo desta tese, não permitem confirmar tal hipótese. Não obstante, a produção de alta tecnologia nestes países se sobrepõe, e muito, ao consumo interno. Como resultado, os países deste grupo caracterizam-se pelos saldos comerciais positivos em setores de alta tecnologia, muito embora a tecnologia seja, quase que completamente, importada de países líderes tecnológicos.

Pode-se afirmar, então que estes países destacam-se frente aos outros, pois possuem um alto volume de produção realizada, sobretudo com tecnologia importada, mas que, ainda assim, são altamente competitivos nas cadeias produtivas fragmentadas. Obviamente, a competitividade destes está mais lastreada nos baixos salários e na agressiva política de atração e promoção de investimentos estrangeiros do que no nível de capacitação tecnológica propriamente dita.

Finalmente, tem-se o grupo de países seguidores tecnológicos deficitários. Tal qual o grupo dos países seguidores tecnológicos superavitários, estes possuem baixa capacitação tecnológica, porém, em razão da ausência de políticas tecnológicas efetivas e de algum consumo interno, estes acabam por realizar saldos comerciais deficitários em produtos de alta tecnologia. Fazem parte deste grupo tanto países de baixa renda per capita quanto países de alta renda per capita.

Mesmo tendo salários médios relativamente mais baixos do que aqueles praticados em países líderes, devido ao fato de não oferecerem condições adequadas à produção de alta tecnologia, os países seguidores tecnológicos deficitários pouco atraem atividades deslocadas dos países centrais. Estes países destacam-se pela falta de investimentos em infraestrutura e pela ausência de mão de obra qualificada, ambas associadas à ausência de uma política industrial efetiva.

Embora também seja composto de países de baixa renda per capita, este grupo consome cada vez mais produtos de alta tecnologia, que, na maioria das vezes, são produzidos em países seguidores tecnológicos com superávit. Ou seja, a já mencionada dispersão do consumo mundial deve-se também ao aumento do consumo nestes países.

Diferente do grupo de países líderes tecnológicos e dos demais países seguidores tecnológicos, o grupo de países seguidores tecnológicos deficitários representa apenas uma pequena fatia da produção mundial. Suas atividades industriais de alta tecnologia concentram-se, quando existem, em etapas relacionadas à montagem final dos produtos, na sua maioria destinadas ao mercado consumidor local. Sua capacitação tecnológica é limitada e restrita a alguns segmentos e sua inserção em cadeias produtivas globais, constrangida pela política industrial restrita e pouco articulada.

Estes quatro grupos formam, então, a moderna divisão internacional do trabalho em setores de alta tecnologia, que emerge das tendências de fragmentação da produção e, por isso, refletem uma dinâmica espacial um tanto mais complexa do que aquela observada em boa parte do século XX.

Nesse contexto, torna-se importante destacar, tal como mostra CHESNAIS (1996), que um grupo muito grande de países encontra-se completamente excluídos dos fluxos de comércio internacional de alta tecnologia e, por isso, não fazem parte da análise aqui apresentada. Quando muito, tais países apenas realizam operações de importações de produtos já próximos de sua fase de obsolescência. Boa parte da África, com exceção da África do Sul, pequenos países da América Central e do Caribe e pequenas economias latino-americanas, asiáticas e do Leste Europeu fazem parte deste contingente.

Também é relevante ressaltar que o modelo teórico construído e apresentado neste segundo capítulo não possui a prepotência de explicar a realidade em todas as circunstâncias possíveis, mas apenas naquelas em que os grandes pressupostos sejam observados. Então, o objetivo da esquematização é tão somente o de demonstrar o comportamento geral, idealizado e extremamente simplificado da dinâmica espacial da indústria de alta tecnologia. Obviamente, compreende-se suas limitações quando de uma análise pontual e específica, contudo, acredita-se que seu uso pode trazer alguma luz a essa moderna macrodinâmica espacial.

Tentando ilustrar, mas não comprovar formalmente, a validade deste modelo teórico simplificado, buscou-se nos capítulos seguintes, analisar, através de extenso uso da estatística descritiva, indicadores selecionados de produção, consumo e tecnologia em setores de alta tecnologia nas principais economias do mundo.

Então, o que se segue é um esforço analítico que busca, de forma qualitativa e quantitativa, interpretar dados internacionais à luz do modelo teórico proposto. Não se trata apenas de ilustrar a existência da fragmentação, tal como fazem ARNDT e KIERZKOWSKI (2001), LALL, WEISS e ZHANG (2005) e SRHOLEC (2007), mas de legitimar de alguma forma o modelo teórico proposto.

Antes de apresentar esta análise qualitativa de dados internacionais, o capítulo a seguir procura demonstrar como foi realizada a seleção dos países, os indicadores empregados nesta seleção e na classificação, bem como a forma de tratamento dos dados. Ou seja, o terceiro capítulo pode ser visto como aquele que define a metodologia do exercício empírico.

3. Metodologia do exercício empírico

Considerando o objetivo deste trabalho de analisar a atual dinâmica de localização internacional da indústria de alta tecnologia, este curto capítulo apresenta a metodologia utilizada para o tratamento dos dados, bem como para as análises do padrão de localização a estes associados. Para tanto, o mesmo encontra-se dividido em três seções. A primeira trata do universo de análise no qual se destaca a necessidade de se fazer uma seleção dos países mais relevantes em termos de produção. Na segunda seção, apresentam-se os indicadores selecionados bem como os critérios de classificação dos países, ambos pensados em função das categorias propostas. Por fim, a terceira seção levanta algumas limitações e ressalvas quanto à metodologia empregada.

3.1 Universo de análise

Com base nas fundamentações teóricas apresentadas no capítulo 2 desta tese, foi estabelecido um modelo de análise simplificado que postula a existência de quatro grandes grupos de países: (i) líderes tecnológicos superavitários; (ii) líderes tecnológicos deficitários; (iii) seguidores tecnológicos superavitários; e (iv) seguidores tecnológicos deficitários. Para cada um destes grupos foi apresentado um conjunto de características específicas que os diferenciam entre si.

Estabeleceu-se, então, um modelo geral, abrangente e muito simplificado da dinâmica econômica internacional, que tem por objetivo explicar as macrodinâmicas gerais de localização industrial. Em realidade, trata-se de um modelo inicial que serve mais como um guia geral de análise do que uma ferramenta teórica consolidada aplicável a outros casos. Mesmo que o modelo teórico seja um tanto simplificado e abrangente, uma tentativa de empregá-lo empiricamente pode trazer contribuições à análise da moderna geografia das indústrias de alta tecnologia, principalmente quando se está em busca dos

grandes movimentos que limitam ou impulsionam a inserção internacional dos países.

Na tentativa de aplicar tal modelo, primeiramente é preciso que se faça uma seleção dos países mais relevantes em termos de produção de alta tecnologia, pois, em razão da alta concentração da produção nestes setores, uma análise censitária pouco contribuiria para a determinação das grandes dinâmicas espaciais. Foi preciso, então, definir os países mais relevantes e a partir deles extrair elementos que permitissem realizar uma classificação de acordo com as categorias pré-estabelecidas.

Atualmente, está disponível aos geógrafos econômicos uma vasta gama de estatísticas sobre o tema. De fato, a difusão da Internet e dos bancos de dados internacionais facilitou sobremaneira o trabalho do pesquisador contemporâneo. Contudo, no contexto de análises internacionais, persistem os problemas associados à tradução, à harmonização das classificações industriais e à confiabilidade dos dados disponíveis.

Tentando minimizar ao máximo tais problemas, optou-se, sempre que possível, por utilizar grandes bancos de dados de reconhecidas instituições. Foram relevantes, nesse sentido, os bancos de dados da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), da *National Science Foundation* (NSF), da União Europeia e das Nações Unidas. Apenas quando os bancos de dados não apresentavam as estatísticas desejadas ou quando estas eram duvidosas e incompletas, procedeu-se à coleta de dados diretamente nos órgãos estatísticos dos países de interesse. Nestes casos, foi necessário recorrer a um esforço adicional de tradução, harmonização e conversão.

Contudo, o problema da definição dos países mais relevantes teve de ser resolvido mais na base da coleta individual de dados do que na simples utilização de grandes bancos de dados. Nesse sentido, optou-se por selecionar, em razão de seu vasto emprego pela literatura relacionada ao tema, o **Valor Bruto da Produção (VBP)** de setores de alta tecnologia como indicador da produção nacional e elemento definidor do grupo de países a serem analisados.

Por outro lado, acredita-se que o VBP não é um indicador ideal da atividade econômica de um país, pois, ele incorpora a compra de insumos, os quais são muitas vezes importados. Dessa forma, o VBP não revela o quanto um determinado setor de um país adicionou de valor ao produto, mas apenas o valor final da produção, independente da compra de insumos ter sido realizada em território nacional ou não⁵⁶. O mais indicado, nesse sentido, seria a utilização do valor adicionado industrial. Porém, esse indicador não se encontra disponível para todos os países analisados.

Depois de definido o indicador de seleção, ordenaram-se as principais economias mundiais com base nesse indicador calculado para o último ano disponível (2006) e desse ordenamento optou-se por analisar apenas as 16 primeiras. A escolha deste recorte deve-se ao fato de que depois da décima sexta economia a participação percentual na produção mundial deixa de ser significativa, portanto, pouco contribuindo para a análise pretendida (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Países selecionados e suas posições em termos de valor bruto da produção industrial de setores de alta tecnologia (US\$ correntes e % do total), 2006

País	Valor bruto da produção industrial US\$	Participação percentual
1. Estados Unidos	706.363.986.887,00	25,7
2. China	526.796.051.790,28	19,1
3. Japão	409.529.136.402,26	14,9
4. Coréia	202.975.738.059,89	7,4
5. Alemanha	191.417.336.478,26	6,9
6. França	162.587.644.000,00	5,9
7. Reino Unido	117.001.225.705,19	4,2
8. Cingapura	114.508.800.000,00	4,1
9. Itália	86.387.285.641,45	3,1
10. Irlanda	48.796.935.933,23	1,8
11. Canadá ⁽¹⁾	39.752.194.804,82	1,4
12. Suécia	36.505.884.984,62	1,3
13. Espanha	35.245.622.795,11	1,3
14. Brasil	31.308.881.571,73	1,1
15. Holanda	27.957.172.654,42	1,0
16. México ⁽²⁾	14.185.326.564,81	0,5
Total	2.751.319.224.273,07	100,0

Fonte: OECD, UE, IBGE, ECB, NBSC, INEGI e SINGSTAT.

(1) Estimado.

(2) Não inclui as maquiladoras.

⁵⁶ Segundo o IBGE o VBP diz respeito ao “Valor, na empresa, obtido pela soma das vendas de produtos e serviços industriais (receita líquida industrial), à variação dos estoques dos produtos acabados e em elaboração e à produção própria realizada para o ativo imobilizado”.

Importante destacar que a Tabela 3.1 apresenta elevada concentração da produção mundial em apenas três países: Estados Unidos, China e Japão, os quais, juntos, correspondem a 60% da produção entre as maiores economias do mundo. Contudo, não obstante o peso do Japão e da China, a economia estadunidense é predominante na produção total desta indústria, representando, sozinha, cerca de 26% do total do VBP mundial. Depois deste grupo, a representatividade dos países selecionados cai significativamente, sendo o México o de menor peso relativo com apenas 0,5% da produção mundial.

Considerando os maiores exportadores mundiais, três ausências se fazem notar, quais sejam: Índia, Rússia e Taiwan. Todos são importantes produtores de alta tecnologia, contudo, não fornecem dados desagregados da indústria de transformação, a ponto, inclusive, de impossibilitar análises referentes à localização da indústria de alta tecnologia.

3.2 Indicadores selecionados e critérios de classificação

Uma vez selecionados os países, cabe agora classificá-los de acordo com as categoriais propostas pelo modelo. Na medida em que o modelo estabelece distinção entre os níveis tecnológicos e os resultados das balanças comerciais, foram selecionadas as **intensidades tecnológicas** e o **saldo comercial relativo ao volume total** dentre as estatísticas disponíveis.

Seguindo as diretrizes da OCDE discutidas no primeiro capítulo, as intensidades tecnológicas foram calculadas a partir dos gastos internos em pesquisa e desenvolvimento de setores de alta tecnologia, sendo apresentadas em percentuais do VBP dos próprios setores de alta tecnologia. Os saldos comerciais relativos ao volume total, por sua vez, foram obtidos através do emprego da seguinte equação:

$$[(X_j^i - M_j^i) / (X_j^i + M_j^i)] * 100$$

Onde:

X = exportações do país i no setor j

M = importações do país i no setor j

A forma de coleta dos dados necessários para confeccionar estes dois indicadores seguiu os mesmos passos da coleta de dados para a definição dos países a serem avaliados, ou seja, primeiro foram localizados em grandes bancos de dados e, na ausência destes, diretamente nos países avaliados. A Tabela 3.2 detalha as fontes dos dados empregados na classificação. Ressalta-se, contudo, que, quando da análise do comportamento dentro grupos, outros indicadores foram utilizados e, quando isso aconteceu, os mesmos foram devidamente indicados no texto.

Ainda sobre os dados, é importante destacar o fato de que se trata de uma classificação na qual a indústria de alta tecnologia é considerada agregadamente, ou seja, é considerada apenas a somatória dos cinco setores industriais que a compõe: aeroespacial, farmacêutico, equipamentos de informática, eletrônicos e comunicação e instrumentos de precisão. Estes setores aparecem separados apenas quando da análise de casos nacionais específicos.

Tabela 3.2 – Indicadores selecionados, segundo países, fontes e moeda

País	Indicador	Fonte	Classificação setorial	Moeda
Estados Unidos	VBP	OCDE	Aeroespacial, farmacêutico, informática, equipamentos eletrônicos e de comunicação e instrumentos de precisão, de acordo com a <i>International Standard Industrial Classification of All Economic Activities</i> , terceira revisão.	Dólar
	P&D	OCDE		Dólar
	Saldo Comercial	OCDE		Dólar
China	VBP	NBSC		Yuan
	P&D	NBSC		Yuan
	Saldo Comercial	NBSC		Dólar
Japão	VBP	OCDE		Iene
	P&D	OCDE		Iene
	Saldo Comercial	OCDE		Dólar
Coréia	VBP	OCDE		Won
	P&D	OCDE		Won
	Saldo Comercial	OCDE		Dólar
Alemanha	VBP	OCDE		Euro
	P&D	OCDE		Euro
	Saldo Comercial	OCDE		Dólar
França	VBP	OCDE		Euro
	P&D	OCDE		Euro
	Saldo Comercial	OCDE		Dólar
Reino Unido	VBP	OCDE		Libra
	P&D	OCDE		Libra
	Saldo Comercial	OCDE		Dólar
Cingapura	VBP	SINGSTAT		Dólar de Cingapura
	P&D	SINGSTAT		Dólar de Cingapura
	Saldo Comercial	SINGSTAT		Dólar
Itália	VBP	OCDE		Euro
	P&D	OCDE		Euro
	Saldo Comercial	OCDE		Dólar
Irlanda	VBP	OCDE		Euro
	P&D	OCDE		Euro
	Saldo Comercial	OCDE		Dólar
Canadá	VBP	OCDE	Dólar canadense	
	P&D	OCDE	Dólar canadense	
	Saldo Comercial	OCDE	Dólar	
Suécia	VBP	OCDE	Krona	
	P&D	OCDE	Krona	
	Saldo Comercial	OCDE	Dólar	
Espanha	VBP	OCDE	Euro	
	P&D	OCDE	Euro	
	Saldo Comercial	OCDE	Dólar	
Brasil	VBP	IBGE	Real	
	P&D	IBGE	Real	
	Saldo Comercial	SECEX/MDIC	Dólar	
Holanda	VBP	OCDE	Euro	
	P&D	OCDE	Euro	
	Saldo Comercial	OCDE	Dólar	
México	VBP	INEGI	Pesos	
	P&D	INEGI	Pesos	
	Saldo Comercial	INEGI	Dólar	

Procurando enquadrar os países selecionados nas quatro categorias, utilizaram-se dois critérios: (i) intensidade tecnológica nacional frente à média das 16 economias avaliadas e (ii) realização de superávit ou déficit proporcional ao total comercializado na alta tecnologia (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Intensidade tecnológica e saldo comercial da indústria de alta tecnologia, por países selecionados (% e US\$ correntes). 2006

País	Intensidade tecnológica	Indicador de comércio⁽²⁾
Estados Unidos	16,5	(-) 10,5
China	1,1	6,5
Japão	10,6	14,2
Coréia	5,9	25,5
Alemanha	8,3	2,5
França	7,7	2,9
Reino Unido	11,0	6,5
Cingapura	1,8	13,5
Itália	3,7	(-) 18,6
Irlanda	2,1	31,9
Canadá	12,0	(-) 23,1
Suécia	12,6	14,5
Espanha	5,3	(-) 38,6
Brasil	2,4	(-) 36,3
Holanda	9,2	2,5
México	1,1 ⁽¹⁾	(-) 0,6
Média	7,0	

Fonte: OECD, UE, IBGE, SECEX/MDIC, ECB, NBSC, INEGI e SINGSTAT.

(1) Não inclui as maquiladoras.

(2) O sinal (-) representa déficit.

Tabela anexa 4.

Os dados da Tabela 3.3 foram reagrupados de acordo com a matriz apresentada na Tabela 3.4, dando origem, assim, aos quatro grupos de países idealizados nas fundamentações teóricas.

Tabela 3.4 – Matriz de classificação segundo nível tecnológico e comércio exterior em setores de alta tecnologia

		Saldo Comercial	
		Superávit (≥ 0)	Déficit (< 0)
Intensidade tecnológica	Alta ($\geq 7,0\%$)	Líder tecnológico superavitário	Líder tecnológico deficitário
	Baixa ($< 7,0\%$)	Seguidor tecnológico superavitário	Seguidor tecnológico deficitário

Fonte: Elaboração própria.

Importante ressaltar que, nessa categorização, o número de países em cada grupo pode, e, de fato, variam.

Tentado refinar a análise e ao mesmo tempo encontrar os determinantes das diferentes formas de inserção internacional das economias avaliadas, em cada grupo foi selecionado um único país representativo no qual observaram-se, além dos indicadores utilizados na classificação, outros indicadores escolhidos em razão dos principais determinantes da localização industrial. Assim, o exercício empírico realizado, que se baseia extensivamente na estatística descritiva, também traz um leque variado de indicadores de cunho nacional e internacional já amplamente conhecidos e utilizados em análises semelhantes, dentre os quais se destacam: patentes, artigos científicos e formação de mão de obra qualificada.

Portanto, este exercício apresenta, primeiramente, os países que compõem cada grupo e, em seguida, seleciona intencionalmente, dentro de cada grupo, um país representativo em termos de dinâmica espacial, para o qual se faz uma análise histórica e desagregada dos padrões de localização neste país. Para essa análise, mais fina, foram muito importantes as publicações *Science and Engineering Indicators 2010*, da *National Science Foundation* (EUA), a Pesquisa de Inovação Tecnológica 2003-2005, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil), o *China Statistical Yearbook 2007* do *National Bureau Of*

Statistics of China e o *China Science and Technology Statistics Data Book 2007*, do Ministério da Ciência e Tecnologia da República Popular da China.

Finalmente, destaca-se que as conversões monetárias foram realizadas com base nas estatísticas anuais disponibilizadas pelo Banco Central Europeu e os deflacionamentos, com base nos dados do Departamento Estadunidense do Trabalho.

3.3 Limitações e ressalvas

A metodologia apresentada, apesar de estar em sintonia com os objetivos deste trabalho, qual seja, compreender as macrodinâmicas da localização industrial em setores de alta tecnologia, possui algumas limitações que precisam ser consideradas.

Em primeiro lugar, ressalta-se o fato de que a classificação proposta foi construída com base em dados obtidos para apenas um ano. A situação ideal seria o uso de médias decenais nas quais possíveis distorções seriam abrandadas. Ao utilizar apenas um único ano, se está correndo o risco de apresentar uma fotografia da dinâmica espacial que já pode ter se transformado ou nunca ter se repetido. Contudo, quando comportamentos individuais dentro dos grupos são analisados, observa-se que essa fotografia corresponde, em certa medida, com o que é observado historicamente e o que se pode deduzir a partir dos dados mais recentes disponíveis. Isto é, a classificação apresentada corresponde à moderna dinâmica espacial da indústria de alta tecnologia que emerge das tendências de fragmentação da produção.

Em segundo lugar, é importante mencionar, novamente, o fato de que o cálculo de intensidades tecnológicas apenas com base nos gastos em P&D pode não representar o real nível tecnológico da produção. Isto é, tal como observado no primeiro capítulo deste trabalho, o conhecimento gerado em departamentos formais de pesquisa e desenvolvimento é apenas uma fonte dentre tantas outras disponíveis à firma. Contudo, em setores de alta tecnologia, nos quais os níveis de conhecimento tecnológico exigem constante busca científica formal, o

conhecimento gerado em outras partes da firma seja relativamente menor e, por isso, as intensidades calculadas com base na P&D estejam muito próximas do real nível tecnológico destas. Assim, especificamente no caso da indústria de alta tecnologia, acredita-se que este fato pouco altere a análise.

Tem-se, ainda, uma terceira ressalva. Ao utilizar para fins de classificação dados agregados da indústria de alta tecnologia e não dados separados pelos setores industriais que a compõem, se observa uma dinâmica tecnológica mais associada ao complexo eletrônico e menos aos setores espacial e farmacêutico. Por exemplo, tomando dados da indústria de alta tecnologia estadunidense, observa-se que em 2006 o complexo eletrônico foi responsável por 52,4% de todo o gasto em P&D e por 80% das importações da indústria de alta tecnologia (OCDE). Dados para o conjunto dos países da OCDE mostram uma composição um tanto semelhante. Assim, a classificação encontrada adequa-se mais à análise do complexo eletrônico do que à dos setores farmacêutico e aeroespacial, muito embora estes dois últimos também possam ter seu padrão de localização explicado pelos preceitos teóricos aqui levantados.

O fato é que, para realizar assertivas específicas a estes setores, é preciso ter consciência de suas naturezas tecnológicas um tanto distintas. Não obstante, a classificação não foi pensada para se analisar individualmente cada setor, mas sim, apresentar o comportamento da indústria de alta tecnologia como um todo.

Finalmente, mas não menos relevante, tem-se o fato de que todo este trabalho é um tanto apreciativo, no sentido de que sugere relações baseadas num conjunto de variáveis que representam um primeiro esforço de observação de um dado fenômeno (MEIRELLES, 2004). Ele não é, então, um estudo que formaliza com linguagem matemática específica as relações estabelecidas. De fato, dificilmente poderia ser diferente dada à natureza recente do movimento de fragmentação e, também, a complexa dinâmica espacial que dele emerge. Não obstante, mesmo de forma apreciativa, buscou-se criar relações simples e diretas que, através da estatística descritiva, se mostraram lógicas e com respaldo na realidade.

4. Dinâmica locacional da indústria de alta tecnologia: um exercício empírico

Este capítulo apresenta o exercício empírico realizado no intuito de tipificar os países em razão de seu comportamento frente à moderna divisão internacional do trabalho em setores de alta tecnologia. O objetivo não é o de comprovar formalmente os argumentos teóricos levantados ao longo desta tese, mas sim, o de ilustrar empiricamente os mesmos para que, talvez num momento futuro, se possam formalizá-los. Nesse contexto, e dada às inúmeras limitações que uma análise nesse nível de agregação possui, foi possível distinguir quatro grupos de países: (i) países líderes tecnológicos superavitários; (ii) países líderes tecnológicos deficitários; (iii) países seguidores tecnológicos superavitários; e (iv) países seguidores tecnológicos deficitários, tal como expresso pela 4.1.

O capítulo encontra-se dividido em cinco seções. A primeira trata dos países com alta intensidade tecnológica e superávit comercial, no qual se destaca o caso alemão. Na segunda seção, analisa-se o grupo de países de alta intensidade com déficit comercial, destacando-se o caso estadunidense. A terceira seção traz o grupo de seguidores tecnológicos superavitários e apresenta como ilustração, o caso chinês. Na quarta seção, apresenta-se o grupo de países seguidores tecnológicos deficitários e analisa-se o caso brasileiro. Por fim, a quinta seção extrapola os achados de pesquisa e tenta trazer um panorama global da moderna divisão do trabalho que emerge das tendências de fragmentação da produção.

Tabela 4.1 – Matriz de classificação segundo nível tecnológico e comércio exterior em setores de alta tecnologia, resultado empírico

		Saldo Comercial	
		Superávit	Déficit
Intensidade tecnológica	Alta	Japão, Alemanha, França, Reino Unido, Suécia e Holanda	Estados Unidos e Canadá
	Baixa	China, Coreia, Cingapura e Irlanda	Itália, Espanha, Brasil e México

Fonte: OCDE, IBGE, SECEX/MDIC, ECB, NBSC, INEGI e SINGSTAT.

4.1 Países líderes tecnológicos superavitários

O grupo de países líderes tecnológicos superavitários corresponde ao quadrante superior esquerdo da matriz apresentada na tabela 4.1 e aos dados da tabela 4.2. Com 34% da produção mundial e 32% do consumo e intensidade média agregada de 9,9% do VBP, este grupo é formado por países desenvolvidos, com alta capacitação tecnológica, e, em que pese ao significativo consumo interno de produtos de alta tecnologia, que está obviamente associado às altas rendas per capita, observam-se robustos saldos comerciais nestes setores (tabela anexa 4). Estes saldos positivos derivam de históricas políticas industriais que lograram êxito em manter internalizadas as atividades industriais de alta tecnologia. Notadamente, estes países também sofrem pressões para fragmentar sua produção e, por isso, certas atividades menos nobres, tais como a montagem final, acabam sendo deslocadas para países de salários médios relativamente inferiores.

Tabela 4.2 – Produção, intensidade tecnológica e saldo comercial (US\$ e % do VBP). Indústria de alta tecnologia. Países líderes tecnológicos superavitários, 2006

Países	Produção (US\$ bilhões)	Intensidade tecnológica da alta tecnologia (% do VBP)	Saldo comercial da alta tecnologia (% do volume total)
Japão	409,5	10,6	14,2
Alemanha	191,4	8,3	2,5
França	162,6	7,7	2,9
Reino Unido	117,0	11,0	6,5
Suécia	36,5	12,6	14,5
Holanda	28,0	9,2	2,5

Fonte: OCDE.
Tabela anexa 4.

Não obstante, estes países possuem robustos sistemas de inovação e ainda mantêm internalizada boa parte da manufatura, principalmente porque se especializaram, ao longo de sua história, em determinados segmentos produtivos. De fato, o surgimento dos setores de alta tecnologia, tal como aqui considerados, confunde-se com o desenvolvimento econômico destes países.

A presença de atividades industriais de alta tecnologia se deve, então, (a) ao histórico esforço científico/tecnológico, que se confunde com a própria constituição de alguns países e (b) à presença de políticas industriais efetivas com forte participação estatal.

Obviamente, seria incorreto associar unicamente a um país a criação de um novo setor. Como exemplo, é possível mencionar o desenvolvimento de dispositivos e sistemas de rádio-comunicação, que é comumente associado aos Estados Unidos, mas que está também associado a empresas alemãs, como SIEMENS, TELEFUNKEN e AEG, e inglesas, como MARCONI (FREEMAN e SOETE, 2008). Contudo, é possível associar um país ou um seleto grupo de países à liderança tecnológica em um setor emergente. De acordo com FREEMAN e SOETE (2008),

“até a primeira Guerra Mundial, e durante toda ela, ocorreram inúmeras melhorias nos componentes, nos circuitos e nas técnicas usadas nas comunicações por rádio, feitas por inventores em muitos países, mas as mais importantes originaram-se da Grã-Bretanha, da Alemanha e dos Estados Unidos” (p. 284).

Nesse sentido, como se observou no capítulo I deste trabalho, o surgimento do próprio conceito de alta tecnologia ocorre nestes países e está em boa medida associado ao estabelecimento de grandes programas tecnológicos típicos do que ficou conhecido como *Big Science*.

Por possuírem sistemas de inovação capazes de constantemente transformar conhecimento científico de ponta em tecnologia produtiva, estes países não só se consolidam como relevantes produtores mundiais de bens de alta tecnologia como também se encontram entre os principais fornecedores mundiais de tecnologia propriamente dita.

Diferente dos países desenvolvidos que formam o grupo de líderes tecnológicos deficitários, neste grupo dos países líderes superavitários, o desenvolvimento tecnológico não ocorre em detrimento da produção. Tanto quanto possível, estes países procuram preservar a manufatura de alta tecnologia empregando o conhecimento criado endogenamente. De fato, assim como as políticas de fomento científico e tecnológico, as políticas industriais estiveram sempre presentes nestas economias. Tanto que uma importante parte da literatura evolucionária de comércio exterior apresentada neste trabalho foi construída com base nas experiências destes países.

Trata-se, então, de uma dinâmica econômica que, em que pese às tendências de fragmentação da produção, acaba preservando, principalmente através do apoio governamental e de especializações nacionais, parte substancial da manufatura de alta tecnologia.

O alto grau de desenvolvimento tecnológico associado à realização de saldos comerciais positivos, tanto nos fluxos de mercadorias de alta tecnologia quanto nos fluxos tecnológicos, é o que diferencia, então, este grupo dos demais.

Na tentativa de realizar uma análise mais fina do comportamento do grupo e também buscando não repetir a mesma região apresentada em outras categoriais, optou-se por observar, com maior nível de detalhamento, o caso alemão⁵⁷.

⁵⁷ A tendência, aqui, seria observar o Japão, mas como uma análise do leste asiático é feita em seção específica, optou-se por analisar um país europeu e, assim, cobrir uma área maior de análise do padrão locacional no mundo.

Com base em KECK (1993), BRAGA (1999), GOMES (2006), OSÓRIO (2010) e STEHNKEN (2010), é possível afirmar que três elementos de caráter histórico são responsáveis pela atual posição alemã como líder tecnológica superavitária:

- i. Fomento histórico ao desenvolvimento científico e tecnológico. Mesmo antes de o processo de industrialização ter se completado, já se reconhecia, na Alemanha, a relevância da técnica para o desenvolvimento econômico. Por isso, em meados do século XIX, este país, já possuía um embrião de sistema nacional de inovação, no qual, se observava intensa interação entre universidades, institutos de pesquisa e empresas⁵⁸. Nesse sistema de fomento tecnológico, a endogeneização de tecnologia estrangeira, através de aprendizado nacional, era amplamente praticada, mesmo quando esta encontrava-se incorporada em técnicos e cientistas estrangeiros. Além disso, a forma pela qual (inserido no processo de industrialização) e o período histórico (meados do século XIX) em que surge o sistema alemão de ensino levaram ao estabelecimento de grande capacitação em tecnologias consideradas de ponta para a época, entre elas destacam-se aquelas associadas aos complexos químico e eletro-metal-mecânico⁵⁹.
- ii. Liderança na União Europeia. Como umas das fundadoras da União Europeia, a Alemanha teve um papel de destaque na configuração econômica do bloco. Quando a União Alfandegária se efetivou e tarifas passaram a ser cobradas por países de fora do bloco, a robusta indústria

⁵⁸ Segundo KECK (1993:122), “por volta do começo do século XX a, Alemanha tinha estabelecido um sofisticado sistema para a educação em ciências, tecnologias e negócios, que ia da escola básica ao doutorado”. Tradução do autor.

⁵⁹ Aproveitando a profusão de conhecimentos gerados e sua difusão, no mesmo momento histórico em que surgem as universidades, escolas politécnicas e institutos de pesquisas, grandes empresas alemãs do complexo químico, notadamente do segmento de corantes, estabelecem os primeiros departamentos formais de P&D do mundo. Dentre estas empresas, destacam-se: BASF, HOECHT e BAYER. O conhecimento acumulado no complexo químico levou também ao estabelecimento de importantes empresas farmacêuticas que, assim como as empresas de corantes, faziam intenso uso das relações estabelecidas no interior do então nascente sistema de inovação alemão. Dentre as empresas farmacêuticas que surgem neste período, destacam-se: MERCK, SCHERING e BOEHRINGER.

alemã encontrou-se em vantagem frente aos produtos importados de fora do bloco. Destaca-se que, para as atuais exportações alemãs de alta tecnologia, a União Europeia constitui-se no principal mercado.

- iii. Industrialização com proteção social e intensa participação do estado. Ao contrário das práticas inglesas, na Alemanha, o processo de industrialização ocorreu de forma a equacionar diferentes demandas sociais. Assim, num claro exemplo de formação de pacto social liderado pelo Estado, as políticas industriais da época eram implementadas com base em amplas discussões entre empresas e trabalhadores. Nesse sistema de proteção social, que depois da segunda guerra mundial viria a ser conhecido como estado do bem estar social, a proteção ao emprego era central. De forma que o sistema econômico alemão podia ser definido como um “capitalismo produtivista e socialmente abrangente” (BRAGA, 1999), no qual o estado centraliza as ações de política econômica⁶⁰.

O resultado da interação destes três elementos levou ao estabelecimento de uma indústria de alta tecnologia competitiva e de forte base nacional. As tendências a fragmentar a produção, apesar de existirem, são contrabalanceadas pelo forte compromisso da política industrial em gerar e preservar empregos, bem como pela proteção alfandegária oferecida pela participação na União Europeia.

Atualmente a indústria de alta tecnologia alemã é a quinta em termos de valor bruto da produção e seu salário médio, apesar de ser aproximadamente 25 vezes maior que o salário chinês, é um tanto inferior ao salário médio pago nos Estados Unidos (US\$ 65.620,34 anuais contra US\$ 80.786,87 respectivamente) tabela anexa 4. Assim como a produção, seu consumo interno é relevante (quinto maior entre os países observados), estando, obviamente, associado à alta renda per capita de aproximadamente US\$ 35 mil.

Não obstante o forte consumo interno e o relativo alto salário médio, o saldo comercial da indústria de alta tecnologia alemã é positivo para o conjunto das

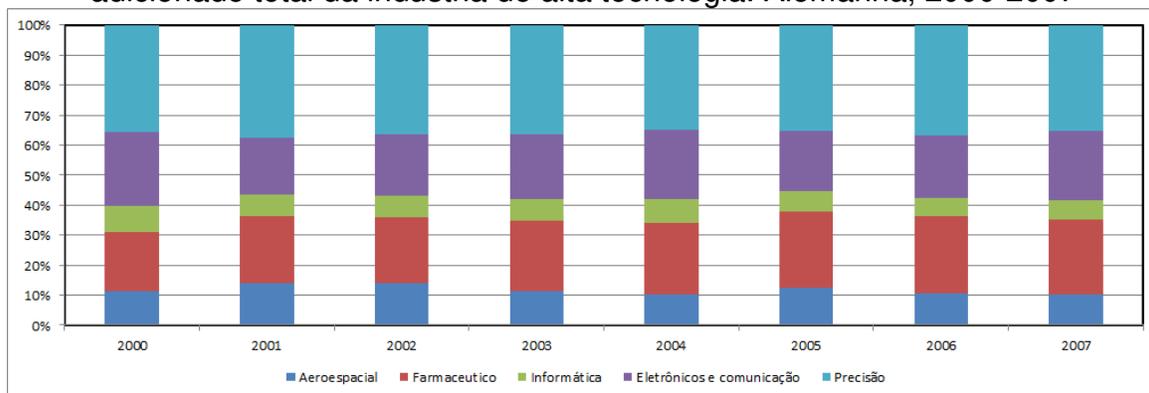
⁶⁰ Para BRAGA (1999), esse sistema econômico se caracteriza fundamentalmente pela intervenção estatal no funcionamento dos mercados e pelas políticas anticíclicas e de estabilização.

cinco atividades que compõe tal indústria. Como será possível observar mais a frente, individualmente, nem todas as atividades de alta tecnologia são superavitárias, apenas aquelas nas quais a Alemanha possui vantagens competitivas.

Tentando demonstrar a especialização alemã em setores ligados ao complexo eletro-metal-mecânico e químico, a figura 4.1 apresenta a estrutura do valor adicionado da indústria de alta tecnologia separada pelos cinco setores que a compõem. Nela, é possível observar que os setores de instrumentos de precisão e farmacêutico são os principais em termos deste indicador. De fato, esta figura reflete em boa medida a alta especialização da economia alemã já mencionada anteriormente.

Nesta figura, chama atenção a baixa representação do setor de informática e do setor aeroespacial no conjunto da alta tecnologia deste país. A baixa representação do primeiro está associada à falta de tradição no setor, o qual, assim como o setor de equipamentos eletrônicos e de comunicação, é fortemente afetado pela fragmentação da produção. Por outro lado, o setor aeroespacial alemão, apesar de pouco representar em termos de valor adicionado, é muito relevante no contexto mundial e tem sua baixa representação associada a seu pequeno tamanho em termos relativos.

Figura 4.1 – Participação percentual dos setores na composição do valor adicionado total da indústria de alta tecnologia. Alemanha, 2000-2007



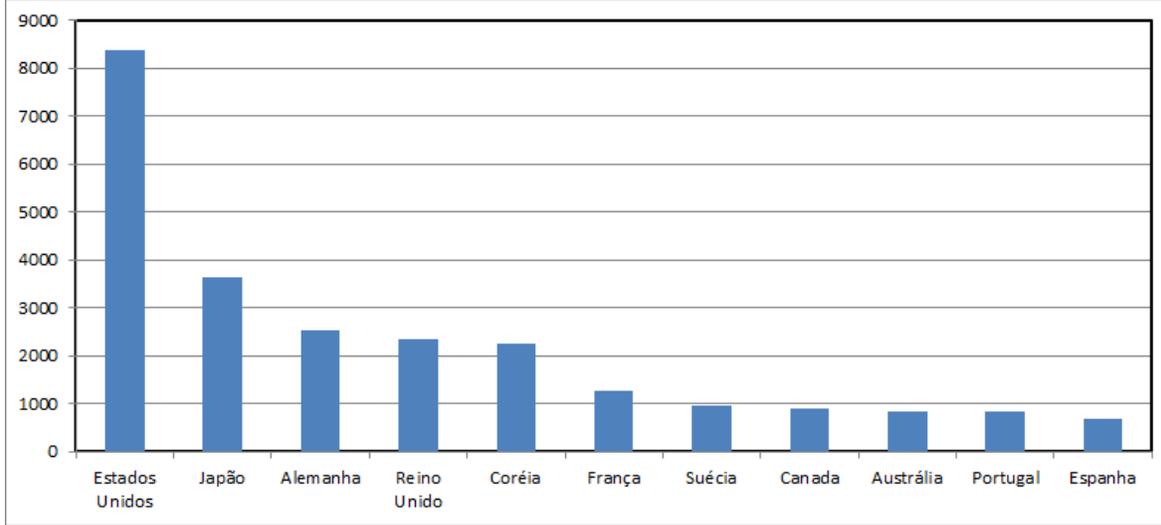
Fonte: OCDE.
Anexa 5.

Por outro lado, no estabelecimento do sistema de ensino alemão, ainda no século XIX, existia forte preocupação com a interação entre o conhecimento teórico e sua aplicação prática. Tanto é assim que a profissão de engenheiro com formação científica se inicia justamente na Alemanha do século XIX e se reflete até hoje na alta capacidade técnica da mão de obra alemã. Quando é observado o número de titulados doutores em engenharias, é possível perceber a forte participação alemã na formação de tais cientistas. De fato, neste indicador, a Alemanha está atrás apenas dos Estados Unidos e do Japão, muito embora, o número de doutores estadunidenses seja muito superior ao alemão.

Uma análise ajustada mostraria, contudo, que a posição estadunidense se justificaria em termos de sua alta população e que países como Japão, Suécia e Coréia possuem uma alta incidência de doutores em engenharias na sua população. Seja como for, a figura 4.2 mostra que, dos países que compõe a OCDE, a Alemanha é a terceira maior fornecedora de doutores em engenharias⁶¹. Notadamente, tal como já mencionado, este alto número de doutores em engenharias está associado ao histórico esforço alemão nestas áreas e em seu pioneirismo no ensino de engenharia e no estabelecimento de escolas politécnicas ainda no século XIX.

61 Consideraram-se títulos de doutor em: engenharias e técnicas afins, indústrias transformadoras e arquitetura e construção, segundo a *International Standard Classification of Education*.

Figura 4.2 – Titulados doutores em engenharias, por países selecionados da OCDE, 2008



Fonte: OCDE.
Tabela anexa 6.

Muito em função da constituição histórica do sistema de inovação alemão, mesmo que a alta tecnologia seja relevante tanto em termos de produção quanto de geração de tecnologia, em termos de intensidade tecnológica o setor de média-alta tecnologia é aquele que predomina na estrutura industrial deste país. No conjunto da indústria de média-alta tecnologia, se destaca o segmento automobilístico, muito ligado também ao complexo eletro-metal-mecânico. A tabela 4.3 mostra justamente isto, ou seja, que dentre as principais empresas industriais do país, aquelas relacionadas à produção automobilística são as de maior frequência.

Contudo, observando a estrutura da alta tecnologia alemã, é possível identificar um bom número de empresas farmacêuticas e químicas dentre as trinta maiores empresas industriais alemãs. Isto reforça a hipótese levantada anteriormente da especialização da alta tecnologia deste país em tais atividades. Assim, das trinta maiores empresas alemãs, oito estão ligadas ao complexo químico.

Na tabela 4.3 também se observa a presença de empresas do setor de equipamentos eletrônicos e de comunicação, bem como empresas de equipamentos médicos, o que permite afirmar que o complexo industrial da saúde,

tal como entendido por GADELHA (2006), mostra-se intensamente presente na estrutura industrial alemã⁶².

Além disso, apesar da tabela 4.3 não apresentar nenhuma empresa diretamente ligada à produção aeroespacial, seria razoável supor que pelo menos parte do complexo eletro-metal-mecânico, fortemente representado neste país está de alguma forma associada à indústria aeroespacial alemã, que tem no consórcio EADS seu maior expoente.

Tabela 4.3 – Principais empresas industriais, por vendas líquidas, emprego e gastos em P&D. Alemanha, 2005

Empresa	Setor de atuação	Vendas líquidas (milhões de Euros correntes)	Pessoal ocupado	P&D (milhões de Euros correntes)
DaimlerChrysler	Automóveis e partes	149.776,00	386.465,00	5.649,00
Volkswagen	Automóveis e partes	95.268,00	323.831,00	4.075,00
Siemens	Equipamentos eletrônicos	75.445,00	439.400,00	5.155,00
BMW	Automóveis e partes	46.656,00	103.546,00	3.115,00
BASF	Química	42.745,00	80.992,00	1.086,30
ThyssenKrupp	Metais industriais	42.064,00	187.216,00	186,00
Robert Bosch	Automóveis e partes	42.016,00	250.862,00	2.931,00
Bayer	Química	27.383,00	93.163,00	1.886,00
Franz Haniel and Cie	Fármacos	25.892,00	45.187,00	21,00
RAG	Indústrias gerais	22.343,00	99.735,00	26,40
MAN	Maquinário industrial	14.671,00	58.888,00	547,00
Continental	Automóveis e partes	13.837,00	81.085,00	590,40
Hochtief	Construção e materiais	13.653,00	41.469,00	6,56
Henkel	Bens de consumo	11.974,00	51.724,00	324,00
ZF	Automóveis e partes	10.833,00	53.940,00	559,00
Boehringer Ingelheim	Fármacos	9.535,00	37.406,00	1.360,00
Linde	Química	9.501,00	42.081,00	227,00
Heraeus	Metais industriais	9.311,00	10.541,00	54,00
Fresenius	Equipamentos médicos	7.889,00	71.611,00	149,00
HeidelbergCement	Construção e materiais	7.803,00	41.260,00	43,00
Salzgitter	Metais industriais	7.152,00	17.583,00	57,50
Lanxess	Química	7.150,00	18.282,00	101,00
Infineon Technologies	Semicondutores	6.759,00	36.158,00	1.243,00
Adidas-Salomon	Bens pessoais	6.636,00	17.265,00	63,00
Porsche	Automóveis e partes	6.574,00	11.854,00	33,66
Merck	Fármacos	5.870,00	28.927,00	713,00
GEA	Maquinário industrial	5.451,00	21.067,00	58,96
Sudzucker	Processamento de alimentos	5.347,00	19.903,00	30,00
Schering	Fármacos	5.308,00	25.037,00	989,00
Freudenberg	Indústrias gerais	4.837,00	33.420,00	165,50

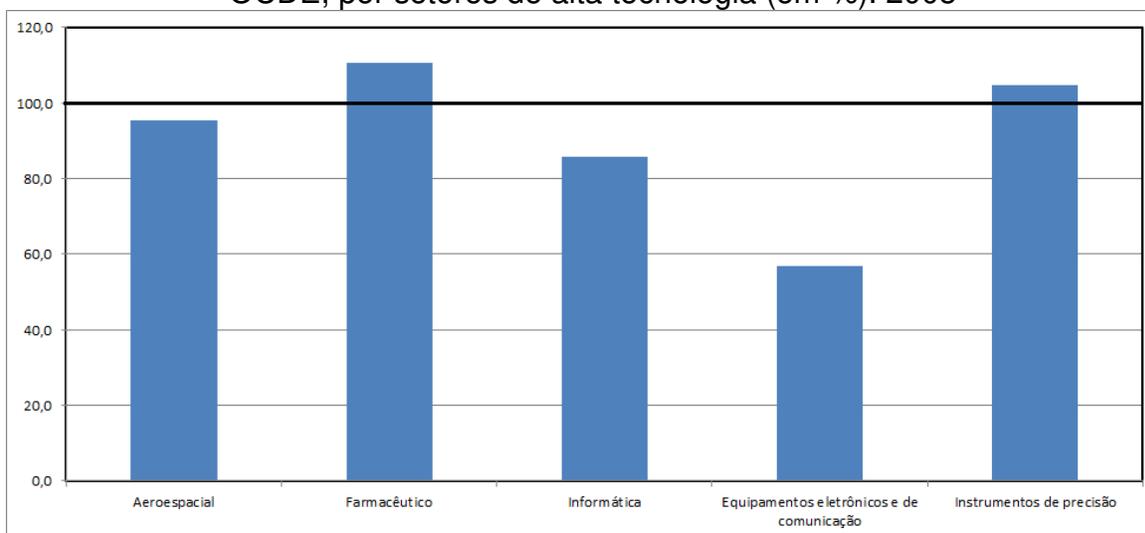
Fonte: UE.

Por outro lado, a forte especialização da indústria de alta tecnologia alemã nos setores farmacêutico e de instrumentos de precisão também pode ser

⁶² GADELHA (2006) considera que o complexo industrial da saúde reúne as indústrias de base química e biotecnológica, a indústria de base mecânica, eletrônica e de materiais, bem como, setores prestadores de serviços de saúde.

observada na figura 4.3, que apresenta o índice de especialização das exportações deste país frente ao total da OCDE. Índices acima de 100 significam uma especialização das exportações maior do que a média das especializações da OCDE⁶³.

Figura 4.3 – Índice de especialização das exportações alemãs totais relativa à OCDE, por setores de alta tecnologia (em %). 2008



Fonte: OCDE.
Tabela anexa 7.

Os dados da figura 4.3 mostram, então, um índice de especialização superior à média da OCDE para os setores farmacêutico e de instrumentos de precisão, muito embora o setor farmacêutico seja um tanto superior que este último.

Por outro lado, chama atenção a baixa especialização da indústria de alta tecnologia alemã nos setores de informática e de equipamentos eletrônicos e de comunicação. Tal como mencionado anteriormente, estes são setores nos quais as economias do leste asiático têm dominado as exportações mundiais em razão de sua alta competitividade e de políticas, deliberadamente industriais, voltadas ao estímulo de tais setores.

⁶³ O indicador de especialização das exportações é calculado da seguinte forma: (exportação do país i no setor j / total das exportações do país i) / (total das exportações da OCDE no setor i / total das exportações da OCDE)*100.

Se os dados até aqui apresentados forem analisados conjuntamente, percebe-se que a hipótese de que existe uma alta especialização da economia alemã nos setores farmacêutico e de equipamentos de precisão encontra validade empírica. Muito embora estas especializações estejam associadas a outras muito mais gerais nos complexos químico e eletro-metal-mecânico, cujas atividades iniciaram-se no século XIX e estão associadas aos esforços de criação de um sistema de fomento tecnológico pioneiro.

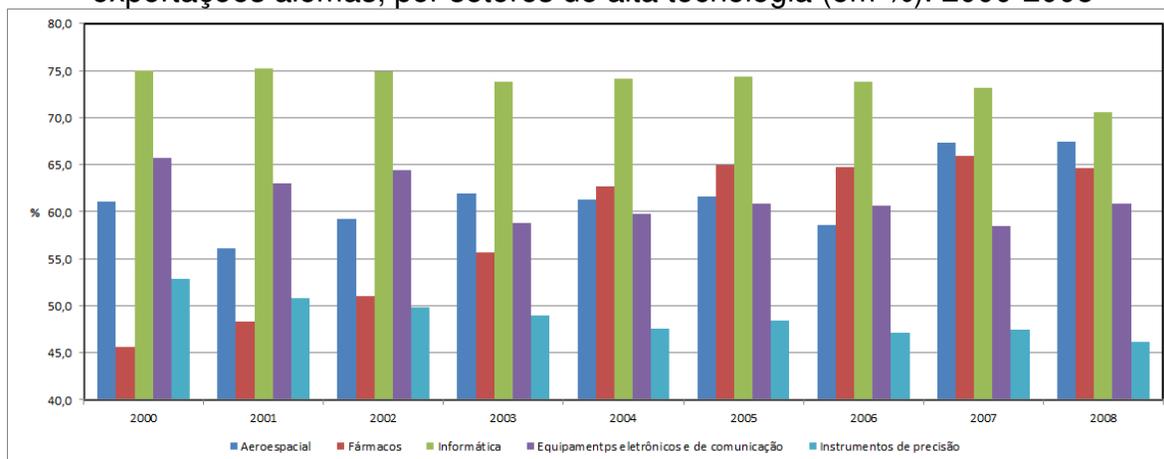
Além da forte especialização nacional, a participação na União Europeia também auxilia na geração de superávits comerciais.

O fato de que a Alemanha é um país integrante da União Europeia lhe confere vantagem tarifária frente a países de fora do bloco, como por exemplo, países asiáticos.

Nesse sentido, a figura 4.4 mostra que o mercado europeu é mais importante justamente em setores nos quais a fragmentação da produção é mais forte e nos quais países do leste asiático são mais competitivos, o que é especialmente válido para o setor de informática. Contudo, de forma geral, todos os demais setores são fortemente dependentes das demandas europeias e, por isso, se favorecem da vantagem tarifária anteriormente citada.

É importante destacar, nesse sentido que essa vantagem tarifária é um elemento que se contrapõe à tendência geral de fragmentação, pois, se os principais mercados das exportações alemãs se concentram na própria União Europeia, deslocar a produção para outros países, notadamente localizados no leste asiático, causaria um custo adicional não incorrido quando da produção local.

Figura 4.4 – Participação percentual da União Europeia como destino das exportações alemãs, por setores de alta tecnologia (em %). 2000-2008



Fonte: OCDE.
Tabela anexa 8.

No setor de instrumentos de precisão, as compras da União Europeia representam algo em torno de 45% do total exportado pela Alemanha. Por outro lado, cerca de 70% das exportações de produtos de informática alemães destinam-se ao mercado deste bloco, o que mostra o quão concentradas são as exportações de alta tecnologia deste país.

Assim como a especialização industrial nacional e a inserção alemã na União Europeia, a forte política social, principalmente contra o desemprego, acaba por arrefecer as tendências de fragmentação da produção.

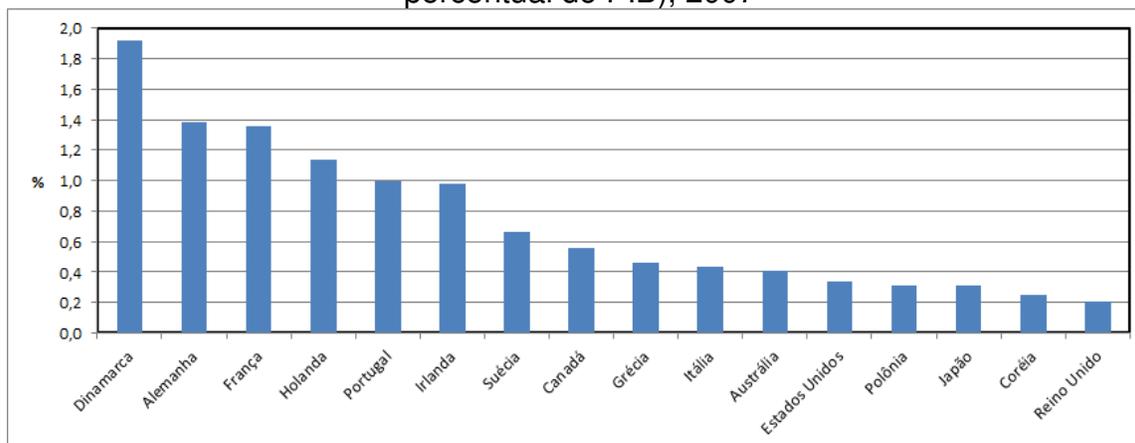
Traduzir políticas sociais em dados internacionalmente comparáveis é uma tarefa um tanto difícil, pois cada país executa diferentes medidas para problemas qualitativamente distintos. Mesmo assim, o seguro desemprego pode explicitar a preocupação dos diferentes países sobre esta questão.

A figura 4.5 apresenta os gastos anuais com seguro desemprego de países da OCDE selecionados em relação ao produto interno bruto, e nela é possível observar que a Alemanha realiza intenso gastos, estando à frente de outras importantes economias europeias, bem como dos Estados Unidos.

Enquanto na Alemanha os gastos com seguro desemprego representam algo em torno de 1,4% do PIB, esse mesmo indicador não passa de 0,2% do PIB nos Estados Unidos. De fato, estes dois países representam extremos na política

social, principalmente quando se considera a questão do emprego. De fato, na OCDE a Alemanha só fica atrás da Dinamarca, outro país conhecido por seu eficiente estado do bem estar social.

Figura 4.5 – Gastos com seguro desemprego, países selecionados da OCDE (em percentual do PIB), 2007



Fonte: OCDE.
Tabela anexa 9.

Apesar do fato de que outros indicadores sejam necessários a uma análise mais profunda do tema, os dados aqui apresentados encontram-se em sintonia com as afirmações de WEVER (2005) de que a política social e as negociações trabalhistas alemãs são um tanto mais complexas do que aquelas observadas, por exemplo, nos Estados Unidos. Na Alemanha, a diminuição nos postos de trabalho ocorre apenas após um grande processo de discussão que envolve múltiplos atores. Diferente do que se verifica nos Estados Unidos, no qual o mercado de trabalho é muito mais flexível e as negociações trabalhistas tendem a ocorrer mais em função das forças de mercado do que de políticas públicas governamentais.

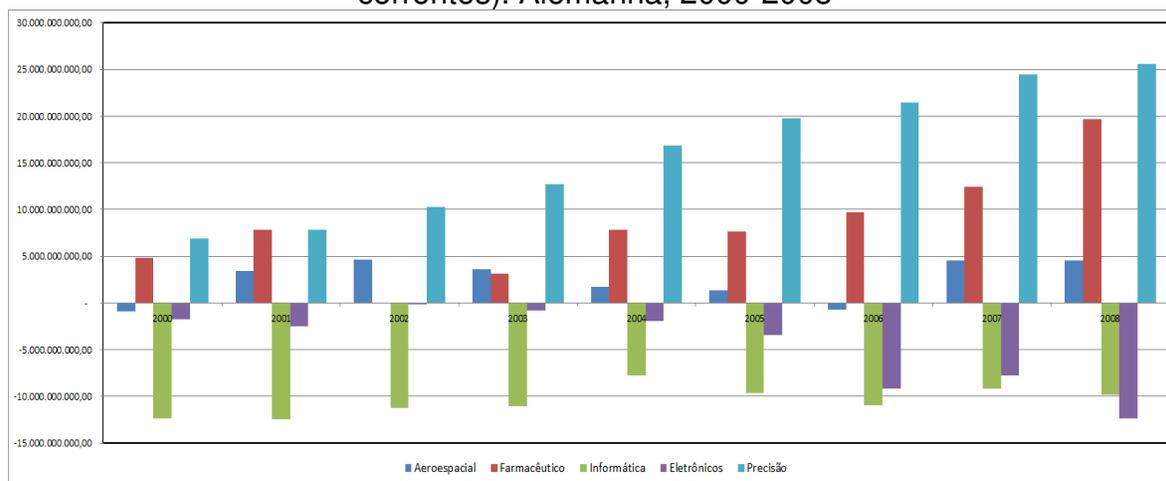
A interação dos três elementos históricos, - (i) o histórico fomento à atividades científicas e tecnológicas, (ii) a liderança na União Europeia e a (iii) política industrial de forte comprometimento com a geração de emprego e renda - , com a tendência geral de fragmentação da produção leva ao estabelecimento de superávits na balança comercial da indústria de alta tecnologia alemã, quando esta é considerada de forma agregada. Mas, como pode ser observado na figura 4.6, nem todos os setores que compõe esta indústria auferem saldos positivos.

Mesmo assim, os setores de instrumentos de precisão e farmacêutico auferem robustos saldos comerciais positivos e ajudam a comprovar a hipótese de especialização da indústria de alta tecnologia nestes dois setores.

O relativo recente apoio governamental à indústria aeroespacial e o estabelecimento do consórcio EADS com o lançamento da família de aeronaves comerciais AIRBUS ajudaram a construir um crescente saldo comercial positivo no setor aeroespacial. Saldo este que também está associado à robustez do complexo eletro-metal-mecânico alemão, importante fornecedor para o setor aeroespacial.

Por outro lado, em razão de sua alta tendência a fragmentar a produção, da falta de tradição na produção, bem como do alto consumo interno, os setores de informática e de equipamentos eletrônicos auferem substanciais saldos negativos na balança comercial alemã. Não obstante, existe uma relevante produção interna que realiza esforços inovativos e que se concentra, tal como propõe o modelo apresentado no capítulo II, em atividades de maior complexidade tecnológica.

Figura 4.6 – Saldo comercial da indústria de alta tecnologia, por setores (em US\$ correntes). Alemanha, 2000-2008



Fonte: OCDE.
Tabela anexa 10.

Assim, os dados parecem apontar para o fato de que a indústria de alta tecnologia alemã se fragmenta apenas em parte. Notadamente, naqueles setores nos quais ela não possui histórica especialização, bem como naqueles em que as

forças de fragmentação são mais fortes, como o setor de informática e de equipamentos eletrônicos e de comunicação. Contudo, a julgar pela intensidade tecnológica destes setores, acredita-se que parte da produção, evidentemente aquela associada a atividades mais complexas, ainda permaneça em território alemão, principalmente em razão da atuação dos dois últimos elementos contrários à fragmentação, quais sejam: a participação na União Europeia e, a política industrial eficiente.

Por outro lado, não se pode negar que os setores de instrumentos de precisão e de fármacos também se fragmentaram na Alemanha. Contudo, uma análise superficial mostra que a maior parte da produção ainda permanece sendo realizada internamente, mesmo que atividades mais simples tenham se deslocado. Seja como for, do ponto de vista agregado, as forças contrárias à fragmentação foram, no caso alemão, mais fortes do que a própria tendência à fragmentar a produção.

4.2 Países líderes tecnológicos deficitários

Neste grupo, encontram-se países cujas indústrias de alta tecnologia também estão entre as mais tecnologicamente sofisticadas do mundo, como Estados Unidos e Canadá. O grupo em questão se enquadra no quadrante superior direito da matriz de classificação (tabela 4.1), pois possui alta intensidade tecnológica, mas é deficitário no comércio de mercadorias de alta tecnologia. Notadamente essa produção está associada a mercados também sofisticados e à histórica liderança científica/tecnológica mundial. Do ponto de vista do mercado consumidor de produtos de alta tecnologia, este grupo representa 31% do consumo entre os principais produtores, e, em razão das altas rendas per capita - de fato as maiores do mundo -, pode-se afirmar que esse mercado é o de maior sofisticação tecnológica em termos internacionais, principalmente porque a intensidade agregada média deste grupo é de 14,2% do VBP (tabela anexa 4).

Tabela 4.4– Produção, intensidade tecnológica e saldo comercial (US\$ e % do VBP). Indústria de alta tecnologia. Países líderes tecnológicos deficitários, 2006

Países	Produção (US\$ bilhões)	Intensidade tecnológica da alta tecnologia (% do VBP)	Saldo comercial da alta tecnologia (em % do volume total)
Estados Unidos	706,4	16,5	(-) 10,5
Canadá	39,6 ⁽¹⁾	12,0 ⁽¹⁾	(-) 23,1

Fonte: OCDE.
anexa A.

(1) Estimado.

(2) O sinal (-) representa déficit

Tabela anexa 4.

Tal como a participação no consumo, a representatividade deste grupo na produção mundial também é extremamente alta: 27% da produção total avaliada (Tabela anexa 4). A julgar pelos dados, essa produção possui alta incorporação de tecnologia, voltada, sobretudo, para os grandes mercados internos, que, de tão robustos, acabam, num ambiente de produção internacionalizada, por forçar a existência de altos saldos comerciais negativos.

Assim como no grupo dos países líderes superavitários, a presença de atividades industriais de alta tecnologia nestes países se deve ao histórico esforço científico/tecnológico e ao pioneirismo no estabelecimento do que hoje se convencionou chamar de alta tecnologia. Especificamente neste grupo, torna-se representativo o caso do complexo eletrônico, que é hoje o mais relevante da alta tecnologia e que surgiu no pós-guerra associado, principalmente, aos esforços inovativos estadunidenses.

Contudo, diferente do grupo anterior de países, neste grupo, apesar da presença de um maior nível de capacitação tecnológica nacional, os países apresentam expressivos déficits comerciais em setores de alta tecnologia. Estes déficits estão relacionados ao grande consumo interno e à menor efetividade das políticas industriais, que, apesar de existentes, não têm conseguido manter a produção internalizada devido aos altos salários internos.

Na tentativa de ilustrar o padrão do grupo de países líderes tecnológicos deficitários, serão analisadas, com maior nível de detalhamento, as características do caso estadunidense.

Com base em GUERRIERI e MILANA (1995), FREEMAN e SOETE (2008), MOWERY e ROSENBERG (2005 e 2006), PETERS (2006) e LINDEN, KRAEMER e DEDRICK (2007), é possível afirmar que a posição estadunidense de país líder tecnológico deficitário se deve a três fatores:

- i. Pioneirismo em setores de alta tecnologia. Demandas militares, primeiramente associadas a Segunda Guerra Mundial e posteriormente a Guerra Fria, somadas a uma forte expansão do consumo e dos padrões de vida, ocorridos durante os Anos Dourados do Capitalismo (1947-1973), criaram as condições para que novos setores industriais surgissem e se consolidassem com base em pesquisa e desenvolvimento nacionais. O complexo eletrônico como um todo e o setor farmacêutico⁶⁴ se consolidaram e ganharam participação na economia. Soma-se a isso, o fato de que a produção de aeronaves nos Estados Unidos inaugurou o setor aeroespacial no mundo⁶⁵. Em razão das amplas demandas e do farto financiamento público, criou-se um robusto sistema de inovação de alta capacidade técnica, que domina a tecnologia empregada nos cinco setores que compõem a indústria mundial de alta tecnologia. Apenas num segundo momento, ao final do século XX, é que a posição hegemônica

⁶⁴ A participação estadunidense na Segunda Guerra Mundial demandou inovações na área médica, que foram satisfeitas através de grandes programas públicos, tais como o de desenvolvimento da penicilina em escala industrial. No pós-guerra, o vasto mercado consumidor de alta renda per capita ajudou a absorver boa parte dos novos desenvolvimentos realizados nos tempos de guerra e de outros desenvolvimentos feitos em tempos de paz associados ao grande esforço de pesquisa das empresas localizada neste país.

⁶⁵ O setor aeroespacial, que primeiro surge nos Estados Unidos, favoreceu-se não só da demanda militar, mas também da grande demanda por voos comerciais domésticos que, em razão das características econômicas do setor, permitiram a criação de um oligopólio no fornecimento de serviços de transporte aéreo. De fato, as empresas deste subsetor, indiscutivelmente, afetaram os desenvolvimentos tecnológicos em aeronaves comerciais, uma vez que os serviços de transporte se estabeleciam concomitantemente à consolidação tecnológica do setor e à definição do modelo dominante. A criação, logo no início do século XX, da *National Advisory Committee on Aeronautics* – NACA, que posteriormente foi incorporada pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA, foi fundamental para o estabelecimento de padrões, de estímulo à pesquisa e da organização do setor. O advento da NASA criou, inclusive, demanda para uma atividade até então inexistente, a de produção artefatos e prestação de serviços espaciais. Por fim, como é típico da mudança técnica em setores de alta intensidade nos Estados Unidos, grandes projetos governamentais como o “Guerra nas Estrelas” e mais recentemente o “Escudo Antimísseis”, ambos de cunho militar, incentivaram a inovação no subsetor de mísseis e satélites.

estadunidense na geração de tecnologia passa a ser ameaçada em alguns setores, primeiro pelos japoneses e posteriormente por sul coreanos.

- ii. Elevado consumo interno. O desenvolvimento econômico estadunidense no pós-guerra levou ao estabelecimento de um elevado padrão de consumo que se apoiava na maior renda per capita do mundo. Tal como descrito na teoria do ciclo de vida do produto apresentada por VERNON, inicialmente, essas demandas foram muito relevantes para o estabelecimento de atividades de pesquisa e desenvolvimento e também para a realização de exportações de produtos sofisticados. Contudo, num segundo momento, no qual a fragmentação da produção se tornou possível, esse alto nível de consumo interno ajudou a estabelecer crônicos déficits comerciais em setores de alta tecnologia, avidamente consumidos em mercados de alta renda per capita.
- iii. Altos salários médios. O mesmo processo de desenvolvimento econômico do pós-guerra, que permitiu níveis extremamente elevados de consumo e de renda per capita, também está associado ao estabelecimento de elevados salários em setores de alta tecnologia. Contudo, mesmo na presença de altos salários médios, a produtividade do trabalho na alta tecnologia estadunidense é historicamente elevada, principalmente porque as atividades desenvolvidas caracterizam-se pela alta adição de valor.

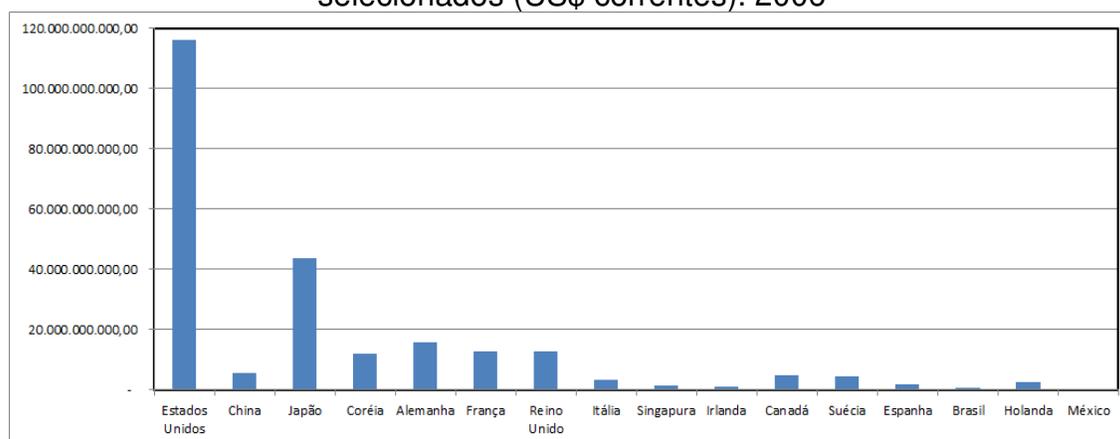
Da atuação conjunta destes três elementos originou-se a maior indústria de alta tecnologia do mundo, tanto em termos de produção, de consumo, quanto de avanço tecnológico. Acontece, pois, que o alto consumo interno associado aos altos salários levam ao deslocamento da produção para países com custos produtivos inferiores e ao estabelecimento de elevados déficits comerciais.

Os dados coletados mostram que a indústria de alta tecnologia estadunidense continua sendo, tal como à época das análises originais de VERNON, a mais relevante em termos de produção e geração de tecnologia. Estima-se que, sozinha, esta indústria represente mais de um quarto da produção mundial (25,7%), quase um terço do mercado consumidor (29,1%) e quase metade (48,6%) dos gastos mundiais em P&D, o que lhe confere uma intensidade

tecnológica de 16,5% do VBP (tabela anexa 4). Considerando o ano de 2006, a produção em setores de alta tecnologia nos Estados Unidos representava cerca de 5% do PIB deste país. Contudo, do ponto de vista do comércio exterior, a balança comercial estadunidense passou de saldos superavitários para uma situação de crônico déficit.

Mesmo com o forte déficit comercial, os números de produção, de esforço tecnológico e de consumo conferem à indústria de alta tecnologia estadunidense a liderança mundial. Nesse sentido, e do ponto de vista do esforço tecnológico, quando a indústria mundial de alta tecnologia é tomada agregadamente dois países se destacam: Estados Unidos e Japão (figura 4.7). Contudo, com base em dados de 2006, é possível observar a dominância estadunidense neste quesito. De fato, os gastos em P&D na indústria de alta tecnologia dos Estados Unidos eram, no referido ano, quase três vezes os gastos japoneses. Obviamente, a atual liderança tecnológica estadunidense está associada aos históricos esforços científicos e tecnológicos realizados sob o contexto anteriormente descrito.

Figura 4.7 – Gastos em P&D da indústria de alta tecnologia, por países selecionados (US\$ correntes). 2006

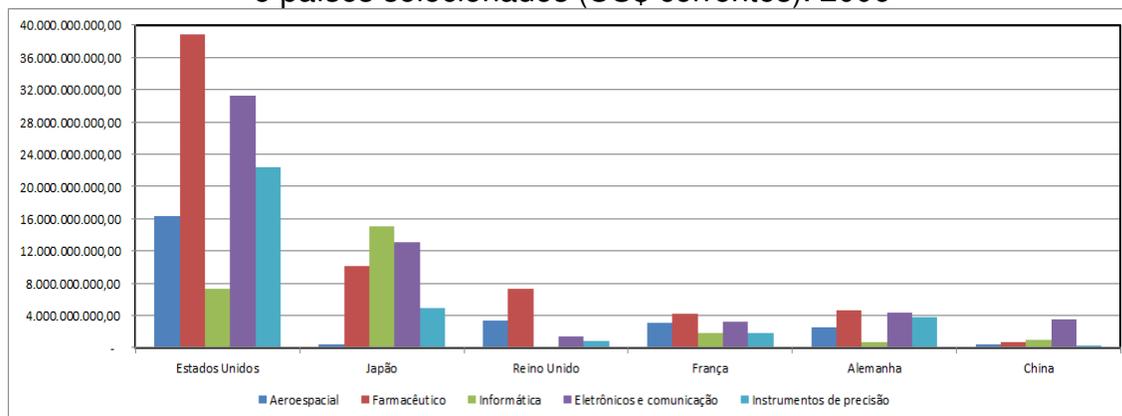


Fonte: OCDE, UE, IBGE, BCE, NBSC, INEGI, SINGSTAT.
Tabela anexa 4.

Quando os gastos em P&D da indústria de alta tecnologia são desagregados para um pequeno conjunto de países, importantes distinções setoriais se apresentam (figura 4.8). A principal delas diz respeito ao fato de que, com exceção do setor de informática, os Estados Unidos realizaram, em 2006,

gastos em P&D muito superiores aos outros países observados. De fato, a figura 4.8 mostra justamente o domínio da base tecnológica na qual se apoiam os cinco setores de alta tecnologia.

Figura 4.8 – Gastos em P&D da indústria de alta tecnologia, por setores industriais e países selecionados (US\$ correntes). 2006



Fonte: OCDE, UE, BCE, NBSC.
Tabela anexa 11.

No conjunto dos países apresentados na figura 4.8, o Japão é aquele que mais se aproxima dos níveis de gastos estadunidenses, sendo, inclusive, o primeiro em gastos no setor de informática, mas ficando muito distante nos demais.

No caso estadunidense, destacam-se os gastos no setor farmacêutico e no setor de equipamentos eletrônicos e de comunicação. Importante mencionar que o setor aeroespacial, apesar de realizar um gasto absoluto menor do que os outros setores, possui, nos Estados Unidos, seu maior expoente em termos de gastos totais. De maneira geral, os gastos em P&D estadunidenses encontram-se num nível extremamente elevado quando analisados comparativamente às principais economias do mundo. Notadamente, esse alto nível de esforço inovativo está associado aos elementos históricos particulares anteriormente apresentados.

Destacam-se, ainda, na figura 4.8, os baixos níveis de investimento em P&D da indústria chinesa, a qual tem no setor de equipamentos eletrônicos e comunicação os maiores níveis de esforço inovativo formal. Contudo, especificamente neste setor, os gastos chineses são superiores aos gastos

franceses e ingleses, mas extremamente inferiores aos gastos japoneses e, principalmente, estadunidenses.

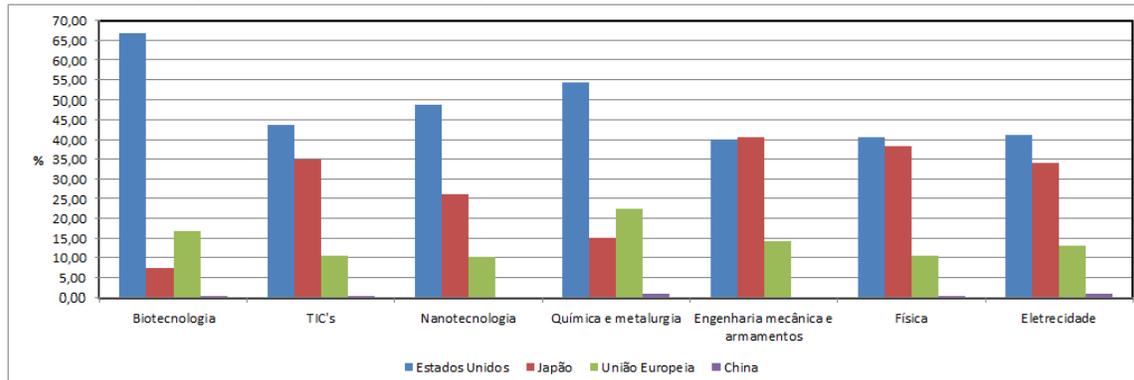
Se, ao nível dos esforços tecnológicos, quando medidos pelos gastos absolutos em P&D, a indústria de alta tecnologia estadunidense é líder, ela também o é ao nível dos resultados.

A figura 4.9 apresenta as patentes triádicas e demonstra a hegemonia estadunidense também nos resultados do esforço inovativo, quando medido por este indicador.

A posição de liderança estadunidense em patentes associadas à mudança técnica em setores de alta tecnologia está de acordo com os níveis de esforços executados, assim como faz sentido a segunda posição japonesa, segunda economia com os maiores gastos em P&D na indústria de alta tecnologia.

Interessante observar que no ano de 2006 as patentes americanas em biotecnologia representavam mais de 2/3 das patentes totais nesta tecnologia. Também chama atenção a alta taxa de participação da química e da nanotecnologia, nas quais os Estados Unidos representavam aproximadamente metade das patentes triádicas mundiais.

Figura 4.9 – Participação percentual nas patentes mundiais triádicas em áreas tecnológicas selecionadas, por países selecionados⁶⁶ (em %). 2006⁶⁷



Fonte: OCDE.
Tabela anexa 12.

Por outro lado, a China, que tem se constituído no mais relevante centro de manufatura mundial, não chega a representar, em qualquer área tecnológica, nem 1% das patentes mundiais no ano considerado. Ou seja, em que pese à convergência tecnologia da periferia, notadamente asiática, os Estados Unidos permanecem isoladamente como líderes no fornecimento de tecnologia de fronteira em áreas de alta tecnologia.

Muito embora apenas baseados no escritório estadunidense, dados da *National Science Foundation* permitem desagregar as patentes a um nível mais detalhado, bem como acompanhá-las por um período mais longo. Curiosamente, observa-se que as patentes classificadas como de informática são aquelas em maior número (figura 4.10). Esse fato é curioso por dois motivos, primeiro, porque os gastos em P&D do setor de informática são os menores da indústria estadunidense de alta tecnologia, sendo superados inclusive pelos gastos japoneses e, segundo, porque, no setor de informática, a patente é apenas um dentre os vários tipos de apropriação comumente utilizados. O que se observa

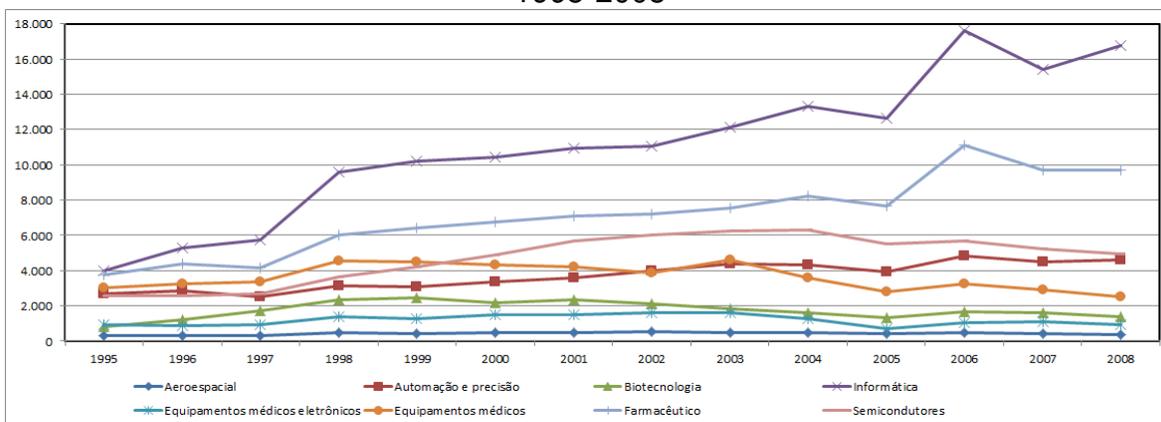
⁶⁶ De acordo com a OCDE, patentes triádicas são patentes protegidas ao mesmo tempo no Instituto Europeu de Patentes, no Escritório Japonês de Patentes e no Escritório de Marcas e Patentes Estadunidense.

⁶⁷ Nesta figura, a União Europeia diz respeito aos seguintes países: Bélgica, França, Itália, Luxemburgo, Holanda, Alemanha, Dinamarca, Irlanda, Reino Unido, Grécia, Espanha, Portugal, Áustria, Suécia, Finlândia, Malta, Chipre, Eslovênia, Estônia, Lituânia, Polônia, República Tcheca, Eslováquia, Hungria, Romênia e Bulgária.

neste setor é que a rápida mudança técnica associada ao lento processo legal levam a desencorajar este tipo de proteção.

A explicação para o primeiro motivo parece residir no fato de que patentes na área de informática alimentam-se não só da pesquisa na própria área de informática, mas também nas áreas de equipamentos eletrônicos, de comunicação, semicondutores e *softwares*. Não se pode negar, porém, a possibilidade de que a pesquisa estadunidense no setor de informática seja altamente produtiva. Contudo, o segundo ponto levantado é de difícil explicação. Especula-se apenas que talvez a definição de patentes na área de informática/computadores utilizada pela NSF seja um tanto abrangente. Mesmo assim, acredita-se que a análise da alta taxa de patenteamento do setor de computadores precisa ser melhor estudada, pois pode lançar nova luz sobre os padrões setoriais de mudança técnica.

Figura 4.10 – Patentes concedidas, segundo área tecnológica. Estados Unidos, 1995-2008



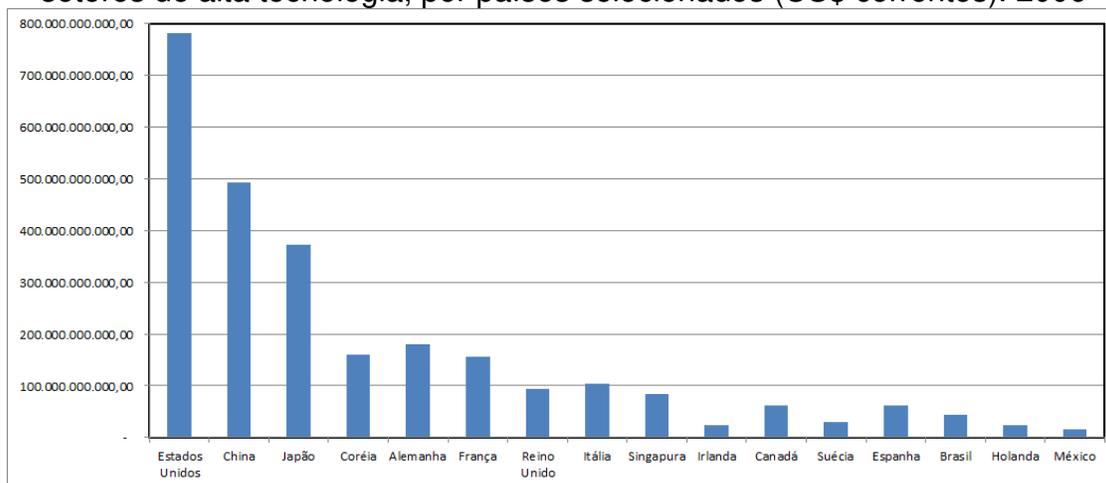
Fonte: NSF.

Tabela anexa 13.

Analisando o mercado consumidor de produtos de alta tecnologia das principais economias mundiais, fica evidente o alto volume relativo consumido pelos Estados Unidos. Esse consumo é quase duas vezes aquele verificado na China, segunda maior economia consumidora (figura 4.11). Apesar de próximas nos níveis de consumo, deduz-se, a partir da literatura e dos dados disponíveis, que os padrões desses países sejam qualitativamente distintos, notadamente no

que diz respeito ao consumo final e ao consumo intermediário. Ou seja, enquanto nos Estados Unidos o consumo final parece ser mais relevante do que o consumo intermediário, na China essa proporção parece ser inversa (NSF, 2010)⁶⁸.

Figura 4.11– Mercado consumidor (consumo aparente) de produtos inseridos em setores de alta tecnologia, por países selecionados (US\$ correntes). 2006

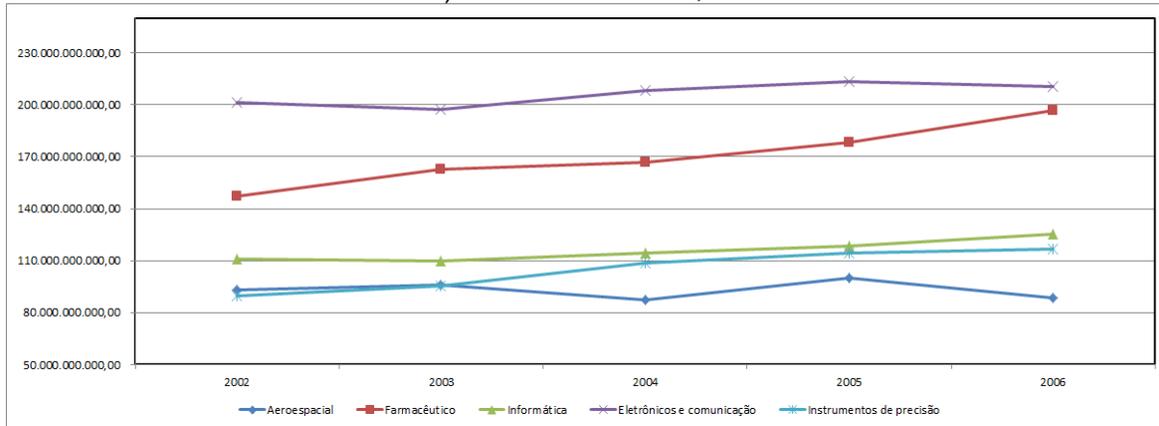


Fonte: OCDE, UE, IBGE, BCE, NBSC, INEGI, SINGSTAT, COMTRADE e Banco Mundial. Tabela anexa 4.

Desagregando o consumo de alta tecnologia estadunidense é possível observar que o setor de eletrônicos e comunicação é, de forma um tanto isolada, o de maior consumo frente aos demais setores. É importante observar, nesse contexto, que o mercado consumidor aqui apresentado diz respeito tanto ao consumo final quanto ao consumo intermediário na forma de insumos produtivos. Assim, o alto consumo de produtos intensivos em tecnologia nos Estados Unidos (figura 4.11 e figura 4.12) se deve tanto à alta renda per capita, que permite a existência de um vasto mercado consumidor de produtos de alta elasticidade renda, quanto ao intenso consumo intermediário de bens de alta tecnologia por todo o conjunto da indústria estadunidense.

⁶⁸ Esse ponto será melhor explorado em seção específica sobre a China.

Figura 4.12 – Evolução do mercado consumidor (consumo aparente) de produtos inseridos em setores de alta tecnologia, por setores da alta tecnologia (US\$ correntes). Estados Unidos, 2002-2006



Fonte: OCDE e NSF.

Tabela anexa 14.

O maior consumo do setor de equipamentos eletrônicos e de comunicação se justifica, pois, em razão de sua maior pervasividade intersetorial frente aos outros setores de alta tecnologia. Ou seja, diferente do que ocorre no restante da indústria de alta tecnologia, bens produzidos neste setor são empregados em virtualmente todas as atividades econômicas atualmente existentes.

Do ponto de vista do consumo de produtos de alta tecnologia, observa-se, então, que os Estados Unidos constituem-se nos maiores consumidores mundiais de tais produtos e que neste consumo se destaca a demanda por bens eletrônicos e de comunicação, muito embora o consumo de fármacos encontre-se, em razão da vasta população e alta renda per capita, relativamente próximo dos primeiros.

Interessante perceber a possível correlação positiva entre setores que produzem bens de consumo e o tamanho do mercado consumidor. Por exemplo, instrumentos de precisão e aeroespacial, setores produtores de bens de capital, são os de menor consumo, enquanto eletrônicos e comunicação e fármacos, os de maior consumo. Especula-se que essa diferença ocorra, então, pelo fato de que o consumo final seja um tanto superior ao consumo intermediário, mesmo que este último não seja pequeno.

Os níveis de consumo, sejam estes final ou intermediário, são tão elevados que, em que pese à forte geração endógena de tecnologia, a produção interna de

bens de alta intensidade tecnológica não tem sido suficiente para atender esta vasta demanda interna por tais produtos.

Assim como ocorre com o consumo, o nível salarial na indústria de alta tecnologia dos Estados Unidos acaba por criar fortes estímulos à fragmentação da produção, pois, em razão dos baixos salários observados em países de baixa renda per capita, a produção interna perde competitividade e, por isso, é preterida à produção em outro país de custos menores.

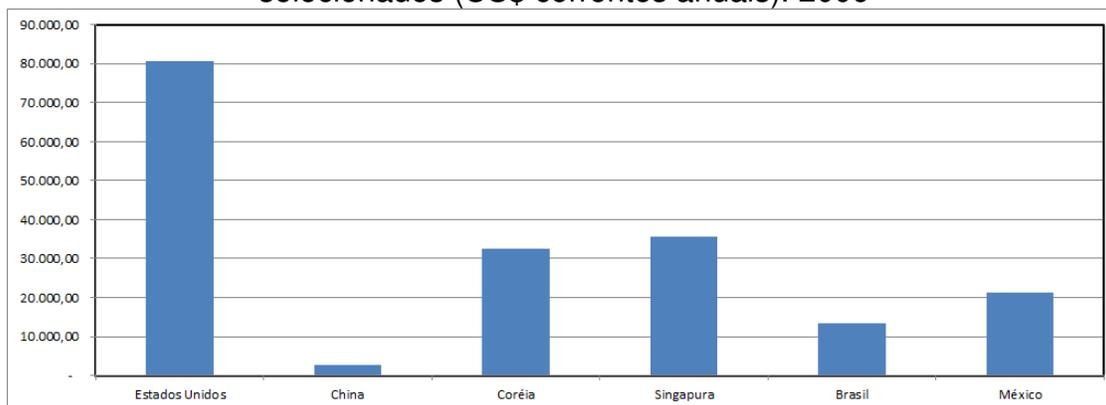
Como pode ser observado na figura 4.13, os salários médios anuais da indústria de alta tecnologia estadunidense, quando comparados com países especializados na manufatura destas atividades, são, sobremaneira, superiores. A diferença salarial entre os salários praticados nos Estados Unidos e na China (quase 30 vezes menores do que os estadunidenses) justifica a grande atratividade desta mão de obra frente à opção nacional.

Contudo, a figura 4.13 mostra também que, mesmo na Ásia, existem diferentes níveis de remuneração, notadamente na Coreia do Sul, mas principalmente em Cingapura. De fato, o salário verificado neste último país é superior a importantes produtores de alta tecnologia, como Itália e Espanha e muito próximo do observado no Japão. Isto reflete, dentre outras coisas, o diferente estágio no processo de convergência atualmente atingido pelos países do leste asiático.

Quando os níveis salariais são analisados sob a perspectiva da produção, observa-se que os níveis de produtividade nos Estados Unidos são muito superiores aos verificados nos países avaliados na tabela 4.13 (tabela anexa 4). Não obstante, segundo a NSF (2010), a produtividade do trabalho total na China e em boa parte da Ásia tinha crescido mais do que nos países desenvolvidos.

Por outro lado, dados da OCDE mostram que, no período 2000-2006, o salário médio estadunidense, que no início do período já era o mais elevado frente aos países avaliados, cresceu, em termos reais, 5%.

Figura 4.13 – Salário médio anual da indústria de alta tecnologia, por países selecionados (US\$ correntes anuais). 2006



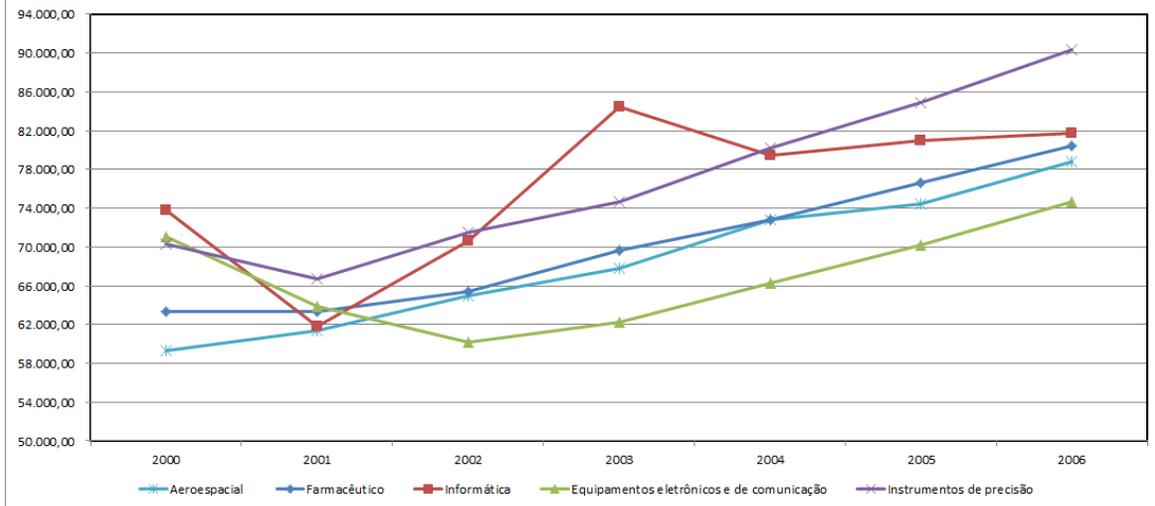
Fonte: OCDE, UE, IBGE, BCE, NBSC, INEGI, SINGSTAT.
Tabela anexa 4.

O que talvez explique o crescimento do salário médio estadunidense, já elevado, é o fato de que as atividades industriais que permanecem nesse país são aquelas de maior agregação de valor, enquanto as atividades menos nobres são deslocadas a países de forte poder de atração, que pouco a pouco têm sua produtividade incrementada.

A figura 4.14 mostra a evolução, em valores correntes, dos salários médios no período 2000-2006 dos setores da indústria de alta tecnologia nos Estados Unidos. De forma geral, observa-se que os salários encontram-se numa tendência de crescimento. Essa tendência também é observada, como já mencionado, quando é calculado o crescimento real, ou seja, quando é descontada a inflação acumulada no período.

Interessante perceber, a partir da figura 4.14, que os setores que compõem o complexo eletrônico possuem níveis salariais um tanto distintos entre si. Nesse contexto, enquanto o setor de instrumentos de precisão possuía em 2006 um salário nominal de cerca de US\$90.000,00, o mesmo indicador não passava de US\$75.000,00 no setor de equipamentos eletrônicos e de comunicação. Ou seja, apesar de se tomar aqui a indústria de alta tecnologia de forma agregada, ela possui indicadores um tanto distintos entre si e o salário médio setorial é apenas um deles.

Figura 4.14 – Evolução do salário médio anual da indústria de alta tecnologia, por setores de alta tecnologia (US\$ correntes anuais). Estados Unidos, 2000-2006

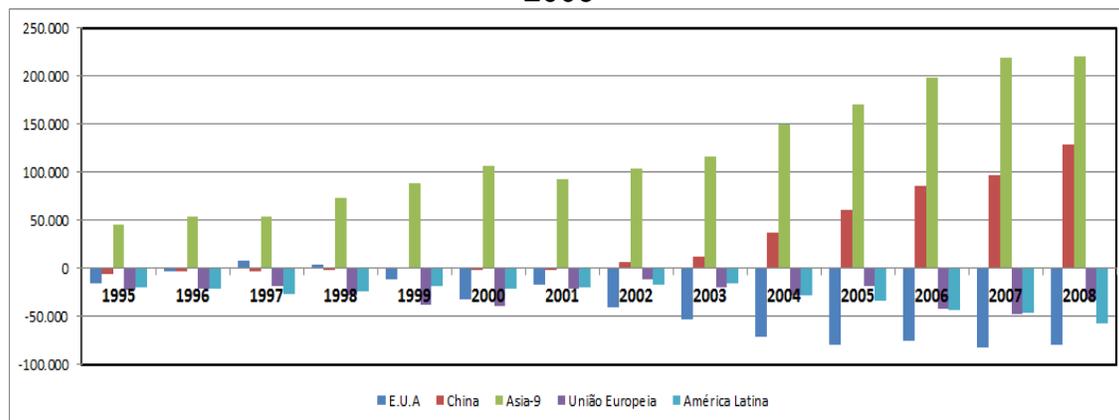


Fonte: OCDE.
Tabela anexa 15.

Talvez o fato mais marcante associado à figura 4.14, que é também corroborado pelo crescimento real (calculado com base nas tabelas anexas), diz respeito ao crescimento dos salários médios anuais da indústria de alta tecnologia estadunidense em todos os cinco setores. Muito embora estes sejam valores correntes, seu crescimento neste curto período é significativo. O que leva a crer que existe uma tendência ao recrudescimento da dinâmica de fragmentação, principalmente aquela que diz respeito à localização por diferença no preço da mão de obra. Ou, como já mencionado, o aumento do salário médio nos Estados Unidos, já está associado ao recrudescimento deste processo, uma vez que, na fragmentação, as atividades de manufatura mais nobres permanecem nos países desenvolvidos, fato este que leva ao estabelecimento de salários médios mais elevados.

Do ponto de vista da alta tecnologia, o alto consumo interno associado aos altos custos da mão de obra forçam o estabelecimento de crônicos déficits comerciais. Esses déficits possuem como contrapartida o estabelecimento de superávits comerciais em países de baixos salários que possuam alguma qualificação da mão de obra e poder de atração de atividades fragmentadas (figura 4.15).

Figura 4.15 –Saldo comercial da indústria de alta tecnologia, por países selecionados e grupo selecionado de países (US\$ milhões correntes)⁶⁹. 1995-2006⁷⁰



Fonte: NSF.

Tabela anexa 16.

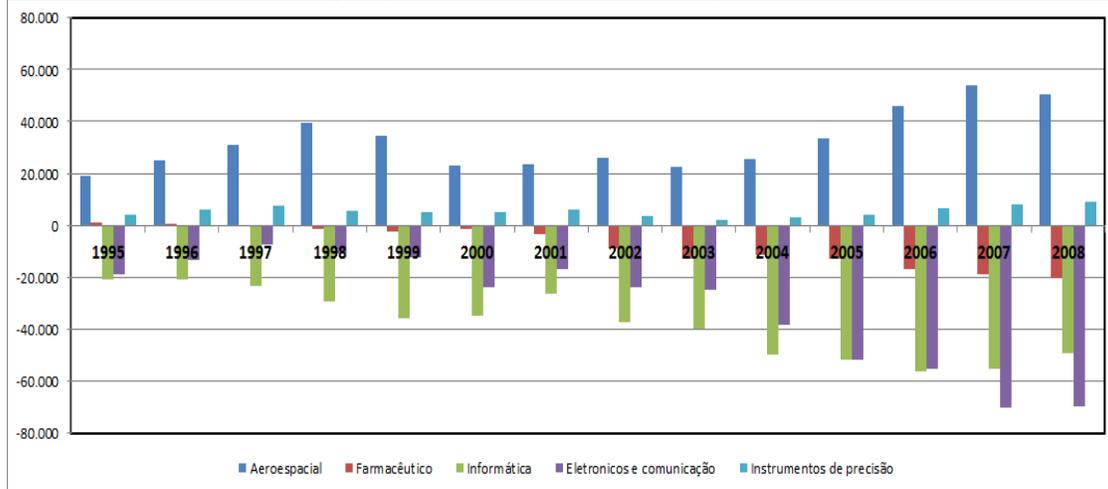
Na figura 4.15 já é possível observar, mesmo que preliminarmente, a dinâmica espacial delineada na última seção do Capítulo II, na qual se afirma que a introdução de inovações em setores de alta tecnologia pode levar, na ausência de política industrial, ao déficit e não ao superávit comercial no setor.

Considerando o período apresentado na figura 4.15, é possível afirmar que, desde o final da década de 1990, os Estados Unidos auferem crônicos déficits na balança comercial de alta tecnologia. De fato, mesmo os dados estando em dólares correntes, é possível verificar a deterioração das contas externas desta indústria, fato que contrasta, em primeiro lugar, com os sólidos saldos comerciais positivos de países asiáticos e, em segundo lugar, com o crescente superávit chinês iniciado na primeira metade da década de 2000.

⁶⁹ Asia-9: Índia, Indonésia, Malásia, Filipinas, Singapura, Coréia, Taiwan, Tailândia e Vietnam.

⁷⁰ Curiosamente, os dados da NSF divergem daqueles apresentados pela OCDE e pela NBSC. Especula-se que isso se deva à adoção de uma harmonização diferente entre a *Standard International Trade Classification*, terceira revisão, que disponibiliza os dados de comércio exterior, e a *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities*, terceira revisão, que define os setores da indústria de alta tecnologia. Muito embora, observe-se uma significativa divergência no superávit chinês, esta não é grande o suficiente para invalidar os pressupostos aqui levantados.

Figura 4.16 – Saldo comercial da indústria de alta tecnologia, por setores da indústria de alta tecnologia (US\$ milhões correntes). Estados Unidos, 1995-2008



Fonte: NSF.
Tabela anexa 17.

O modelo proposto nesta tese parece ser mais adequado à análise do complexo eletrônico do que do setor aeroespacial ou farmacêutico estadunidenses, por exemplo. A figura 4.16 mostra que é justamente nos setores que constituem o complexo eletrônico, mais suscetíveis à fragmentação, que residem os déficits comerciais mais elevados da alta tecnologia nos Estados Unidos. Contudo, o setor farmacêutico também passa, já no início da década de 2000, a auferir saldos comerciais negativos, notadamente mais associados ao tamanho do mercado interno norte-americano do que às estratégias de fragmentação da produção. Isto é, uma vez que produtos farmacêuticos possuem uma baixa possibilidade de fragmentar a produção, acredita-se que os saldos deficitários devam-se à impossibilidade da produção doméstica de atender toda a grande demanda interna que deriva, por sua vez, da alta renda per capita e não do deslocamento da produção.

Chamam atenção, na 4.16, os persistentes saldos positivos do setor aeroespacial, o qual, apesar de sofrer impactos da fragmentação, consegue, pelo menos em parte, reduzir o déficit da indústria de alta tecnologia estadunidense. Acredita-se que os saldos comerciais positivos neste setor devam-se ao fato de que, diferentemente do complexo eletrônico, as atividades de montagem final – que são realizadas nos Estados Unidos –, bem como a produção de componentes

críticos, são altamente agregadoras de valor. Outro elemento relevante diz respeito ao alto adensamento das cadeias deste setor, que ajuda a diminuir as importações, muito embora, atualmente, nenhum país possui toda a cadeia produtiva de um determinado setor. Por fim, é importante destacar a grande participação percentual de produtos de uso bélico desenvolvidos neste segmento industrial e que, em razão de segredo industrial, precisam estar próximos ao seu mercado consumidor.

Finalmente, mesmo sendo deficitários no comércio de bens de alta tecnologia, países de liderança tecnológica deficitários caracterizam-se pela difusão de tecnologia propriamente dita, principalmente aquela utilizada nos cinco setores aqui considerados. Em realidade, a produção fragmentada dos países seguidores tecnológicos superavitários é realizada inclusive, com tecnologia dos países de liderança tecnológica deficitários, que acabam por se especializar em etapas de maior apropriabilidade das cadeias produtivas.

4.3 Países seguidores tecnológicos superavitários

Este grupo é formado por países com baixa intensidade tecnológica, mas com robustos superávits comerciais, e, portanto, diz respeito ao quadrante inferior esquerdo da matriz de classificação (Tabela 4.1). Tanto países de alta renda per capita quanto de baixa renda per capita compõem este grupo, cujos representantes são China, Coréia, Cingapura e Irlanda (tabela 4.5). Com uma intensidade tecnológica média agregada de 2,5% do VBP, este grupo representa 28% do consumo e 32% da produção dos 16 principais países produtores, o que leva ao estabelecimento de saldos comerciais positivos também para o conjunto do grupo (tabela anexa 4).

Tabela 4.5– Produção, intensidade tecnológica e saldo comercial (US\$ e % do VBP). Indústria de alta tecnologia. Países líderes tecnológicos superavitários, 2006

Países	Produção (US\$ bilhões)	Intensidade tecnológica da alta tecnologia (% do VBP)	Saldo comercial da alta tecnologia (em % do volume total)
China	526,8	1,1	6,5
Coréia	203,0	5,7	25,6
Cingapura	114,5 ⁽¹⁾	1,2 ⁽¹⁾	13,5
Irlanda	48,8	2,1	31,9

Fonte: OCDE, NBSC, SINGSTAT, BCE e Banco Mundial.

(1) Inclui todo o setor de equipamentos de transporte e não apenas o aeroespacial.

Tabela anexa 4.

Países classificados como seguidores tecnológicos superavitários possuem uma baixa capacitação tecnológica nacional, mas, em razão de políticas industriais ativas e de salários internacionalmente competitivos, acabam exercendo forte poder de atração de atividades fragmentadas, destinadas, quase sempre, a exportações. Assim, em que pese os crescentes mercados internos, a presença de alta tecnologia explica-se, sobretudo, pela inserção nas cadeias produtivas globais atualmente fragmentadas.

Mesmo tendo atualmente intensidades tecnológicas abaixo da média mundial, os países deste grupo, no qual predominam os do leste asiático, encontram-se em processos de convergência tecnológica, muito embora os níveis de convergência variem significativamente entre os membros do grupo.

A presença de políticas industriais efetivas que visam tanto atrair atividades industriais quanto estimular aquelas já existentes é o traço distintivo deste grupo frente aos grupos deficitários. Acredita-se que a realização de superávit, com qualquer intensidade tecnológica, seja fruto do emprego histórico de política industrial bem sucedida e dos salários atrativos.

Mesmo que o caso Irlandês seja relevante, principalmente para a dinâmica de fragmentação em economias europeias, é no leste asiático, mais especificamente na China, que se encontram os elementos mais característicos deste grupo. Por isso, volta-se agora a uma análise mais fina da indústria chinesa de alta tecnologia.

O processo de convergência tecnológica da periferia, que parece ter acontecido mais fortemente apenas no leste asiático, possui três momentos

distintos. O primeiro destes está associado à convergência japonesa que ocorre ao longo dos anos cinquenta e sessenta do século XX. O segundo momento associa-se à emergência dos Tigres Asiáticos⁷¹, países que atualmente possuem níveis de renda per capita próximos de países desenvolvidos. Por fim, o último momento, ainda em curso, diz respeito à ascensão econômica da China, que desde inícios da década de 1990 tornou-se hegemônica nas exportações de manufaturados na Ásia.

Baseando-se nas contribuições de KIM (1993), HOU e GREE (1993), STURGEON (2003), LALL, ALBALADEJO e ZHANG (2004), LALL (2005), HOBDAI (2005), LEE (2005), KIM (2005), LINDEN, KRAEMER e DEDRICK (2007), LALL, WEISS e ZHANG (2005), SRHOLEC (2007) e DICKEN (2007), pode-se afirmar que a classificação chinesa na categoria de países seguidores tecnológicos superavitários deve-se a três principais características:

- i. Sistema de inovação em convergência. Apesar dos recentes esforços estatais em criar condições adequadas de fomento científico e tecnológico na China e das recentes tendências à internalização da P&D, as inovações realizadas neste país ainda são apenas incrementais e na maioria das vezes concentradas em processos industriais. A mudança técnica na China ainda é muito dependente de esforços de engenharia reversa e de outras atividades que requerem um menor nível de gastos em P&D. Mesmo tendo iniciado seus esforços de aprendizado apenas recentemente, o sistema de inovação chinês já construiu significativa capacidade de absorção tecnológica, o que tem gerado, por sua vez, a atração de linhas de montagem cada vez mais sofisticadas. Apesar da indústria de alta tecnologia representar apenas uma pequena parte da produção industrial deste país, essa representatividade tem aumentado consideravelmente. De fato, em 2008, a China se tornou a maior exportadora mundial de alta tecnologia. Nesse contexto, o processo de mudança técnica está associado mais ao aperfeiçoamento e melhoria de inovações já desenvolvidas nos países ricos do que a inovações radicais na fronteira do conhecimento.

⁷¹ Coreia do Sul, Cingapura, Taiwan e Hong Kong.

Assim, a questão central para este sistema parece residir na capacidade de absorção e de aprendizado tecnológico com vistas a criar vantagens competitivas dinâmicas. Ou seja, este é um sistema que, mesmo tendo desenvolvido recente esforço de consolidação, ainda depende fundamentalmente de tecnologia estrangeira.

- ii. Agressiva política industrial e de comércio exterior. Desde o final da década de 1970, quando se inicia uma fase de abertura mais intensa da economia chinesa, o Estado passou a atrair e a coordenar o investimento direto externo em função de seu projeto de desenvolvimento econômico⁷². O vasto mercado interno, inclusive de alta tecnologia, foi amplamente explorado nesta estratégia, servindo, inclusive, como moeda de troca para a transferência de tecnologia que, posteriormente, serviria às atividades exportadoras chinesas⁷³. Nesse processo de desenvolvimento econômico, que tem auferido taxas de crescimento elevadas, a política comercial foi historicamente hábil na conquista de mercados e na atração de empreendimentos, principalmente em razão dos baixos salários e do forte fomento governamental. Nesse sentido, o estímulo às atividades industriais chinesas não se fundamenta apenas em fluxos de IDE, sendo também o governo responsável por importante parte dos investimentos destinados à indústria. De fato, o intenso apoio e coordenação governamentais na política industrial foram determinantes para a ascensão da China como potência comercial. Recentemente, este apoio governamental tem tentado

⁷² O IDE passa a ser permitido apenas depois de 1978 na China. Porém, a partir deste ano até 1986, ele foi intensamente promovido em todos os setores industriais, com exceção dos setores tidos como estratégicos, como, por exemplo, energia e transporte ferroviário. De 1987 a 2001, o IDE foi seletivamente coordenado em função das demandas do processo de industrialização e, a partir de 2001, com a entrada da China na Organização Mundial do Comércio (OMC), os fluxos de IDE se intensificam e passam a ocorrer também nos setores estratégicos de infraestrutura (TAN, 2002).

⁷³ O governo chinês foi muito competente em fazer com que os fluxos de IDE fossem, de alguma forma, direcionados ao esforço industrial deste país. Tal direcionamento ocorria quase sempre através da criação de *joint ventures*. De forma geral, a atração de IDE servia como veículo da difusão de tecnologia no tecido produtivo chinês, uma vez que, nos contratos de *joint venture*, tecnologias críticas à produção deveriam ser transferidas pelo país mesmo que se tratassem de desenvolvimentos tecnológicos de outros setores industriais não diretamente explorados (MU e LEE, 2005).

dar maior dinamismo tecnológico ao sistema chinês de inovação, no sentido de conferir atualização tecnológica à sua indústria.

- iii. Baixos salários médios. O processo de abertura da economia chinesa colocou à disposição dos fluxos de IDE que migravam para este país uma vasta e barata mão de obra. Em princípio, tal mão de obra possuía pouca qualificação, mas, muito em razão das políticas estatais, parece ter ocorrido um processo de aumento de qualificação (NSF). Mesmo assim, para os padrões do mundo desenvolvido, a mão de obra chinesa ainda é tanto barata quanto pouco qualificada. Num contexto de forte automatização do processo produtivo e da rápida padronização dos produtos, inclusive de alta tecnologia, mesmo essa mão de obra de menor qualificação tem exercido forte poder de atração de atividades de montagem final ou de manufatura de componentes menos críticos. De fato, seu baixo valor relativo cria uma vantagem competitiva na produção chinesa difícil de ser auferida em outro país. Além disso, por mais que os salários médios tenham aumentado ao longo de todo o processo de desenvolvimento econômico chinês, ainda existe um exército industrial de reserva suficientemente grande para sustentar os atuais baixos salários por algum tempo.

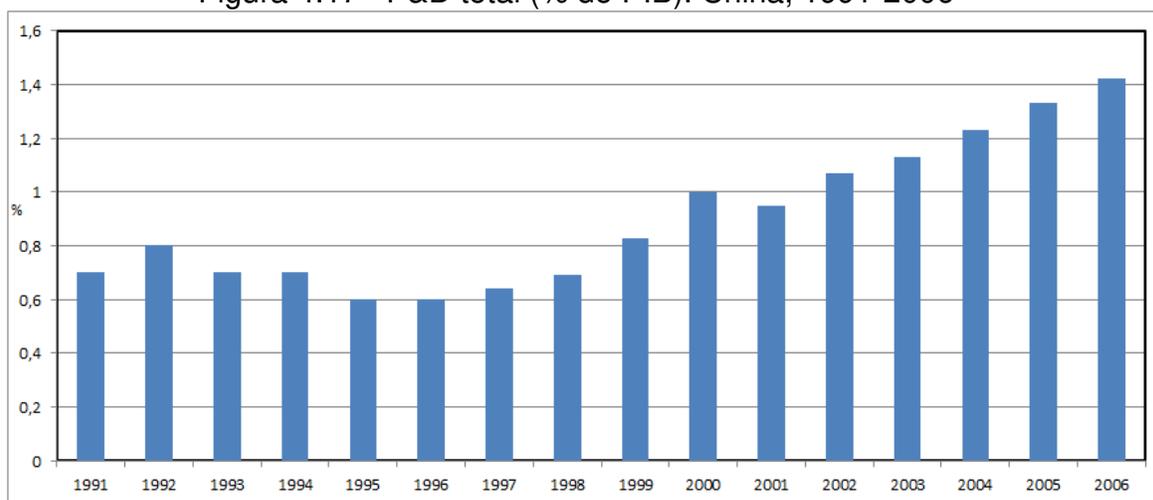
Como consequência destes elementos, já em inícios da década de 2000, a China emerge como potência mundial, amparando-se, em boa medida, na sua produção de alta tecnologia, que, junto com a robusta produção tradicional, tem ocasionado grande alteração no *status quo* da localização da produção mundial.

A indústria de alta tecnologia chinesa é a segunda maior em produção industrial (20%), a segunda maior em consumo (18%), mas apenas a sétima em P&D (2%) dentre os países analisados (tabela anexa 4). Mesmo pouco investindo em P&D, a China era em 2006, o segundo país em exportação de produtos de alta tecnologia, com 16% das exportações totais dos países aqui considerados. Por outro lado, dados de comércio exterior mostram, inclusive, que as exportações chinesas estão se tornando cada vez mais intensivas em tecnologia. Nesse sentido, dados do Banco Mundial para 2006 mostram que as exportações de alta tecnologia chinesas representaram 30% das exportações totais deste país.

Tal como mencionado, o sistema de inovação chinês realiza pouco investimento em atividades formais de mudança técnica. Analisando os gastos chineses em P&D, observa-se que estes se encontram em níveis muito baixos do ponto de vista internacional, mas com uma forte tendência de aumento. Em 1991, estes gastos representavam menos de 0,8% do PIB, mas em 2006 passaram a pouco mais de 1,4% (figura 4.17). Este aumento, juntamente com as análises das atuais políticas de ciência, tecnologia e inovação chinesas, levam a crer que exista clareza, por parte dos fazedores de política deste país, quanto à necessidade de criar vantagens competitivas dinâmicas via aumentos constantes de produtividade.

Porém, quando o indicador da intensidade da P&D do total da indústria de alta tecnologia chinesa é construído com base no valor bruto da produção e comparado internacionalmente, a taxa de 1,1% é ainda extremamente baixa, permitindo, inclusive, afirmar que a maior parte das atividades de alta tecnologia realizada neste país ainda é pouco complexa e está associada à montagem final e à confecção de produtos menos críticos, mesmo daqueles classificados como de alta tecnologia.

Figura 4.17 –P&D total (% do PIB). China, 1991-2006⁷⁴



Fonte: MST.
Tabela anexa 18.

⁷⁴ Na ausência de dados históricos sobre os gastos em P&D da indústria de manufatura, optou-se por apresentar e analisar os gastos em P&D total da economia chinesa.

Dados relacionados ao número de titulados mestres e doutores em áreas tecnológicas também corroboram com a suposição da ocorrência recente de um rápido processo de convergência tecnológica na China, ainda que os gastos em P&D sejam muito baixos. Em 2006, a China titulou cerca de 159.000 mestres ou doutores em áreas tecnológicas (MST), enquanto nos Estados Unidos esse mesmo montante foi de cerca de 43.000 (OCDE)⁷⁵. Nesse contexto, é importante perceber que alguns dos titulados nas universidades estadunidenses têm origem e, de fato, acabam retornando à China.

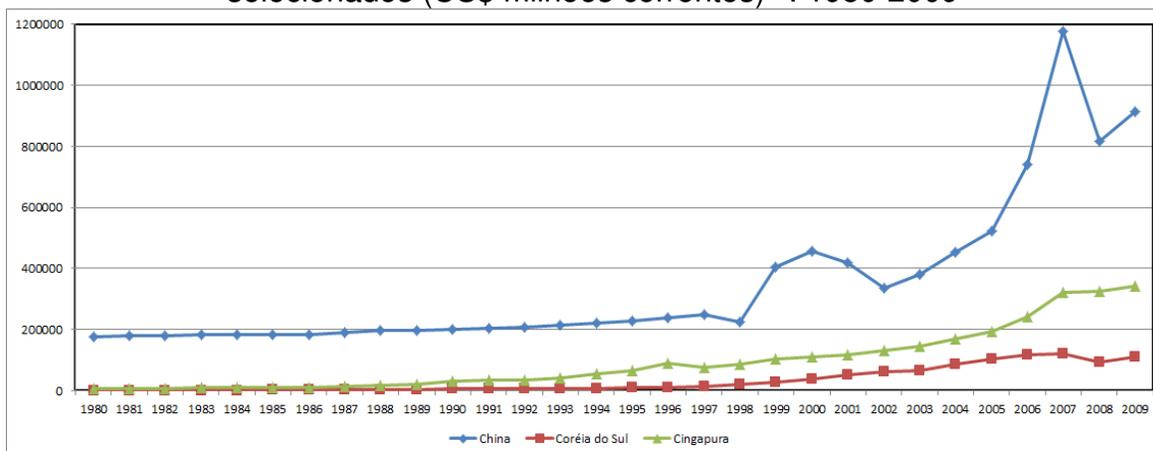
O aumento dos gastos em P&D tem sido concomitante ao substancial aumento da renda per capita chinesa, que, assim como a P&D, apesar de encontrar-se em ascensão, ainda possui níveis muito baixos. Nesse sentido, é razoável supor que o grande aumento da renda per capita chinesa esteja criando cada vez mais demanda por produtos de alta tecnologia. Ou seja, em que pese à atração de atividades fragmentadas de alta tecnologia voltadas à exportação, parece haver uma forte tendência para que esse processo também ocorra em direção ao atendimento das demandas nacionais, cada vez mais sofisticadas.

O mercado consumidor chinês, mesmo caracterizado pela baixa renda per capita, não pode ser desprezado, pois seu volume absoluto foi, por muitas vezes, responsável pela atração de significativos volumes de IDE.

Na figura 4.18 é possível observar a relevância do IDE para o processo de desenvolvimento econômico chinês que toma forma ao longo das duas últimas décadas do século XX.

⁷⁵Ciências, Ciências da vida, Ciências físicas, Matemática e Estatística, Computação, Engenharias, Arquitetura, Agricultura e Veterinária.

Figura 4.18 – Evolução do investimento direto externo, por países asiáticos selecionados (US\$ milhões correntes)⁷⁶. 1980-2009



Fonte: UNCTAD.
Tabela anexa 19.

Tal como mostra a figura 4.18, o crescimento do IDE depois de 1998 na China mais ou menos coincide com o grande aumento das exportações deste país em setores de alta tecnologia, principalmente para os Estados Unidos e, de certa forma, corrobora com as afirmações da OCDE (2005) de que as multinacionais são as principais responsáveis por estas atividades. Por outro lado, destaca-se a entrada da China, no ano de 2001, na Organização Mundial do Comércio (OMC), fato que muito contribuiu para o crescimento do IDE neste país.

Obviamente, outros fatores contribuíram para o vertiginoso aumento do IDE na China, dentre estes, se destaca o direcionamento, depois de 2001, deste tipo de investimento para atividades e indústrias de infraestrutura, as quais exigem um volume elevado de recursos tanto para se iniciarem quanto para sua manutenção (TAN, 2002).

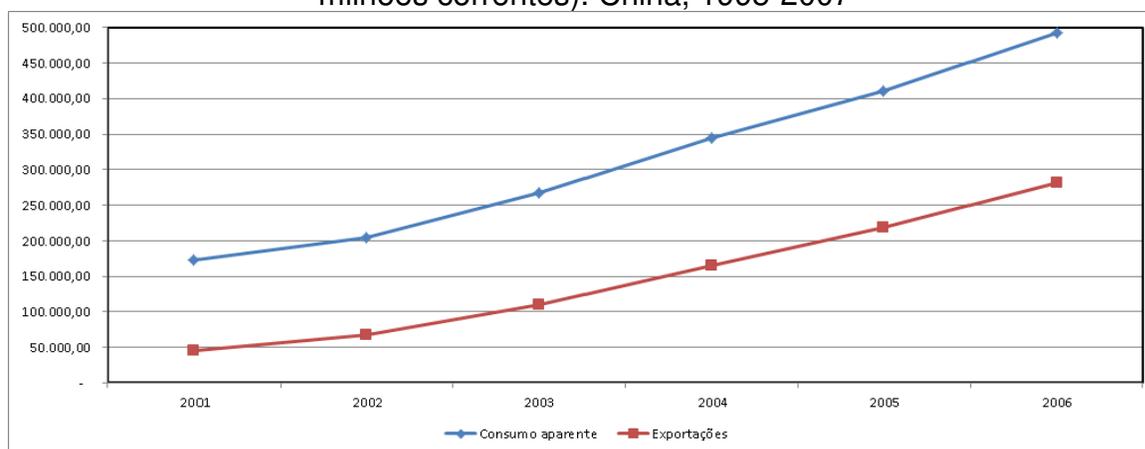
Não obstante, o fato essencial é que o rápido crescimento industrial da China está associado ao grande fluxo de capitais externos, que, somados a uma alta taxa de poupança interna, possibilitaram altos níveis de investimento industrial (FAN e WANG, 2010). Esse grande volume de capital associado à grande oferta de mão de obra barata marcaram o início do processo de industrialização chinês e foram tão intensos que levaram alguns autores, dentre os quais destaca-se

⁷⁶ Nesta figura, os dados da China, incluem também Hong Kong.

KRUGMAN (1994), a afirmar que o crescimento deste país, por estar baseado apenas no alto volume de insumos, não seria sustentável, pois, numa possível redução destes, tenderia a ocorrer uma substancial diminuição das taxas de crescimento. Contudo, dados recentes de esforço tecnológico mostram que o crescimento chinês está cada vez mais baseado, não na oferta abundante de insumos, mas no aumento de produtividade via mudança técnica. De fato, segundo NSF (2010), apesar da produtividade do trabalho chinesa ainda ser muito inferior àquela observada em países desenvolvidos, esta se encontra em crescimento e já passa a sustentar boa parte da competitividade das exportações deste país.

Tal como mencionado na análise da figura 4.18, o aumento das exportações, que ocorre paralelamente com o aumento do IDE, leva a crer que existe certa correlação entre as atividades das multinacionais com o crescimento das exportações chinesas.

Figura 4.19 – Consumo aparente e exportações, indústria de alta tecnologia (US\$ milhões correntes). China, 1995-2007



Fonte: MST.
Tabela anexa 20.

Apesar de haver se tornado a maior exportadora mundial de alta tecnologia (em 2008), a China consome internamente mais do que exporta (figura 4.19). Um fato notável se for considerada a baixa renda per capita deste país. Em 2006, enquanto as exportações alcançaram a cifra de US\$ 281 bilhões, o consumo interno foi de US\$ 492 bilhões. Mesmo que tenha sido analisado um período de

apenas seis anos, é possível observar certa correlação entre o consumo interno e as exportações. Especula-se que a afirmação da NSF (2010), de que boa parte deste consumo interno seja realizada para manufaturar produtos voltados à exportação, tenha alguma validade empírica. Muito embora, um estudo específico seja necessário para uma comprovação formal deste fenômeno.

Nesse sentido, se estes dados forem analisados à luz das abordagens teóricas que tratam da fragmentação da produção, seria lógico pensar que esse alto consumo interno de alta tecnologia esteja mais associado ao consumo intermediário, destinado também a atividades exportadoras, do que ao crescimento da renda per capita chinesa. Dados do Ministério chinês de C&T mostram inclusive que, o valor adicionado na alta tecnologia deste país representa apenas 24% do valor bruto da produção industrial de alta tecnologia. Ou seja, é um tanto provável que a produção, mesmo de alta tecnologia, dependa fortemente da importação de componentes tecnologicamente complexos. Seja como for, a figura 4.19 corrobora com as afirmações de que houve uma dispersão mundial no consumo de produtos de alta tecnologia mesmo em sua fase inicial do ciclo de vida.

Esse alto volume exportado e a hipótese de que boa parte do consumo aparente se deva a atividades destinadas à exportação de outros produtos, assim como o baixo salário médio, a baixa intensidade tecnológica, a baixa renda per capita e alto IDE, estão de acordo com as hipóteses da fragmentação internacional da produção. Ou seja, devido a suas especificidades, a China exerce forte poder de atração de atividades intensivas em mão de obra de setores de alta tecnologia, e esse poder de atração é tamanho que tornou a China a maior exportadora mundial de produtos de alta tecnologia em 2008.

Apesar da robustez do crescente mercado interno, o volume de produção de alta tecnologia chinês é tão grande que permite tanto atender o crescente mercado interno – que se sustenta também em função do crescimento da renda per capita – quanto tornar o país o primeiro maior exportador de alta tecnologia do mundo. De fato, rapidamente, a China se tornou o maior parceiro comercial dos Estados Unidos em produtos de alta tecnologia (NSF). Interessante observar,

nesse contexto, que, no período 1995-2007, as exportações chinesas de alta tecnologia cresceram, em termos nominais, mais de 800%.

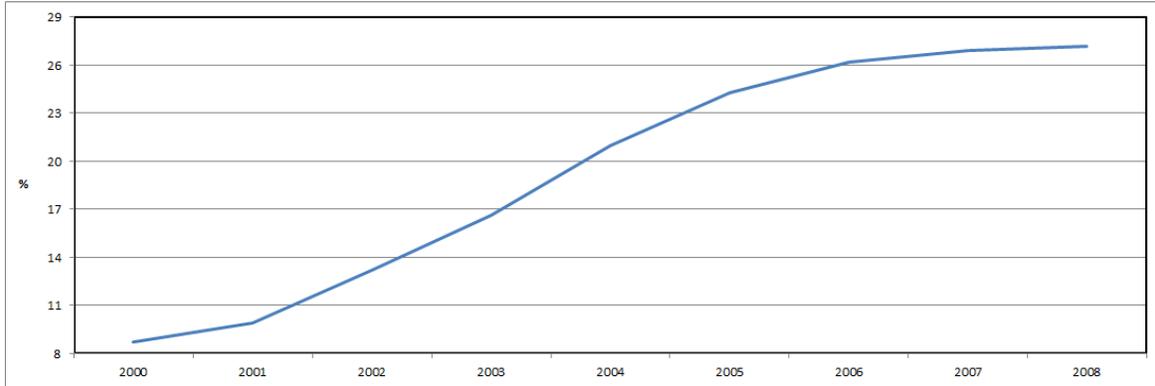
Assim como descrito anteriormente, o baixo salário médio chinês, principalmente em comparação, por exemplo, com o estadunidense, cria uma vantagem competitiva de produção na China difícil de ser auferida em qualquer outro país. Portanto, observa-se um intenso deslocamento da produção industrial de alta tecnologia estadunidense em direção à China. Esse deslocamento pode ser, em parte, observado nas figuras 4.20 e 4.21.

Ou seja, a dinâmica espacial associada à fragmentação internacional da produção, que encontra respaldo nos indicadores já apresentados, também é observada quando se analisa a mudança na relação comercial entre os Estados Unidos, maior mercado consumidor, e a China, maior exportadora de alta tecnologia.

Num período de nove anos, a participação dos produtos chineses no total das importações de produtos de alta tecnologia estadunidenses saltou de cerca de 8% para quase 29% (figura 4.20). Ou seja, pouco menos de um terço das importações de alta tecnologia realizadas pela economia mais rica do mundo provém de um país cuja renda per capita em 2006 não ultrapassava de US\$5.000/ano.

Considerando o saldo comercial estadunidense de alta tecnologia referente apenas ao comércio exterior com a China, observa-se o maior déficit comercial com um único país, o que significava, em 2008, algo em torno de US\$ 96 bilhões.

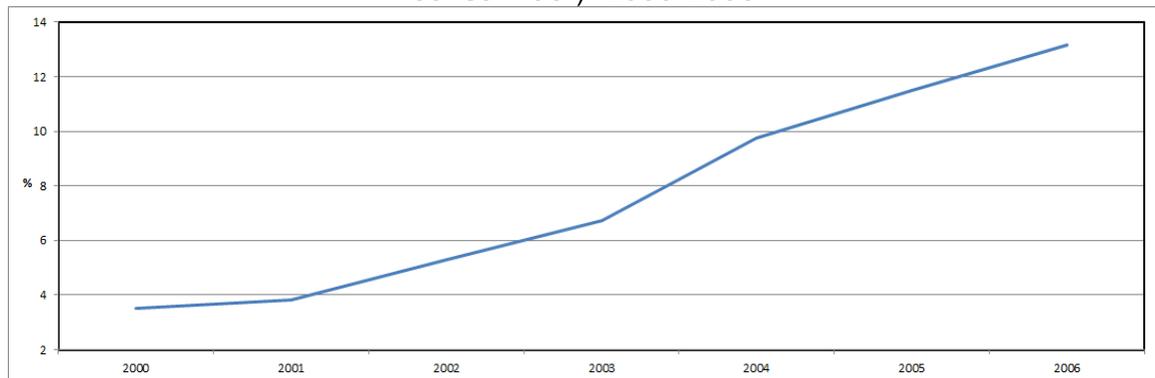
Figura 4.20 – Participação das importações provenientes da China nas importações totais dos Estados Unidos (% do total). Indústria de alta tecnologia, 2000-2008



Fonte: OCDE.
Tabela anexa 21.

Quando se observa a participação das importações de alta tecnologia provenientes da China no consumo aparente dos Estados Unidos, a constatação de que a produção estadunidense tem se deslocado para a China fica ainda mais evidente. De fato, num período de sete anos, a participação das importações chinesas no consumo aparente estadunidense de produtos de alta tecnologia mais do que quadruplicou, saltando de aproximadamente 3%, em 2000, para 13%, em 2006 (figura 4.21).

Figura 4.21 – Participação das importações provenientes da China no mercado consumidor dos Estados Unidos, indústria de alta tecnologia (em % do mercado consumidor). 2000-2006



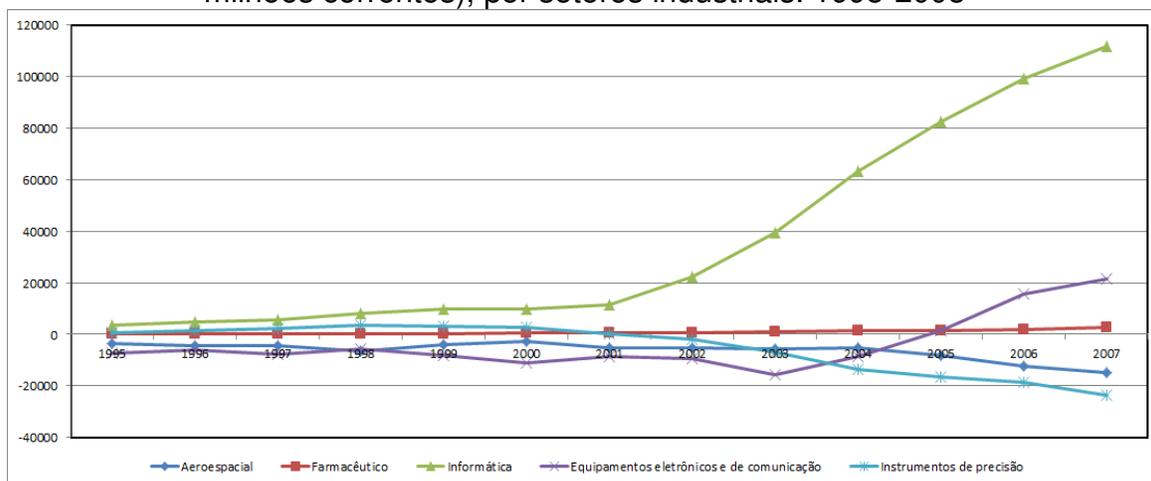
Fonte: OCDE.
Tabela anexa 22.

Notadamente, a explicação para tal fenômeno encontra-se no interior da dinâmica de fragmentação da produção. Ou seja, a mão de obra chinesa atingiu um nível de capacitação tal que, associada a seu baixo custo, exerce forte atração de atividades de manufatura, mesmo de produtos de alta tecnologia consumidos do outro lado do mundo.

A atuação conjunta de todos os elementos aqui apresentados acaba por posicionar a China como um país de forte atração de atividades fragmentadas de produção em setores de alta tecnologia.

Quando os saldos comerciais chineses são desagregados por setores de alta tecnologia, fica evidente a alta competitividade internacional da produção chinesa de equipamentos de informática. Por outro lado, depois do ano de 2005, o setor de equipamentos de comunicação e eletrônicos também passa a auferir substanciais superávits (figura 4.22).

Figura 4.22 – Saldo comercial da indústria chinesa de alta tecnologia (US\$ milhões correntes), por setores industriais. 1995-2008



Fonte: NSF.
Tabela anexa 23.

O superávit chinês em alta tecnologia é, portanto, muito dependente das exportações destes dois setores. De fato, o complexo eletrônico – que possui alta tendência a ter a sua produção fragmentada – é justamente aquele que sustenta a atual posição chinesa no comércio exterior.

Interessante observar, com base na figura 4.22, os saldos deficitários em instrumentos de precisão e aeroespacial. Especula-se que estes déficits, muito pequenos quando comparados aos superávits no complexo eletrônico, devam-se, respectivamente, à alta demanda industrial por equipamentos de controle e ao aumento da renda per capita num país de dimensões continentais. Seja como for, do ponto de vista agregado, o superávit comercial chinês é tamanho que só fica atrás do coreano e japonês.

Do que foi exposto nesta seção, é possível afirmar que, tal como demonstra a experiência chinesa, países classificados como seguidores tecnológicos superavitários possuem suas atividades industriais de alta tecnologia associadas tanto a processos de fragmentação, que, neste caso, destinam sua produção a mercados externos, quanto ao aumento substancial da renda per capita, que acaba por criar demanda por produtos de maior complexidade tecnológica. Então, seja para utilizar a mão de obra e as crescentes competências locais, seja para explorar o vasto mercado interno, a China acaba por exercer um forte poder de atração de atividades fragmentadas de alta tecnologia, que, considerando o modelo original do ciclo de vida do produto, não poderiam estar localizadas neste país. Tal como aqui estipulado, a explicação desse fenômeno exige uma atualização deste modelo teórico e a incorporação da possibilidade de fragmentar a produção em diferentes países, independentemente de suas rendas per capita.

No contexto desta produção fragmentada, existem países cujas especificidades criam alto poder de atração e países cujas características pouco atraem atividades produtivas. Assim, mesmo que os mercados internos sejam relevantes para a atração de atividades de alta tecnologia, nem todos os países conseguem ou conseguiram utilizá-lo de forma eficiente para a transferência de tecnologia, que em última instância garante competitividade internacional. Talvez a China, tenha sido o único grande país a fazê-lo.

Mesmo tendo mercados internos consideráveis, países seguidores deficitários, diferente do grupo de países seguidores com superávit, possui uma inserção apenas marginal nos fluxos de comércio mundial. A denominação desse grupo se deve ao fato desses países serem dependentes tanto da importação de

produtos de alta tecnologia quanto da tecnologia propriamente dita para a manufatura destes. Volta-se agora, às características desse grupo.

4.4 Países seguidores tecnológicos deficitários

Seguindo a proposta deste trabalho, existe ainda um quarto grupo de países cujos saldos comerciais de alta tecnologia são deficitários e as intensidades tecnológicas baixas. Este grupo corresponde ao quadrante inferior direito da matriz de classificação (tabela 4.1). Fazem parte dele: Itália, Espanha, Brasil e México, ou seja, tanto países de alta como de baixa renda per capita (tabela 4.6). A debilidade das políticas industriais e a passividade com que os sistemas nacionais de inovação lidam com a geração de tecnologia caracterizam este grupo de países.

No grupo, encontram-se economias nacionais que, apesar de possuírem alguma produção de alta tecnologia, não têm sido hábeis no seu desenvolvimento frente às cadeias produtivas globais. De fato, as atividades de alta tecnologia destes países são altamente dependentes de fontes externas de tecnologia e pouco se articulam com seus tecidos industriais. Essas atividades acabam se restringindo à realização da montagem final e destinam-se, quase sempre, aos respectivos mercados internos. Especula-se, inclusive, que, caso não houvesse possibilidade de fragmentar a produção, no contexto de economias abertas, não existiria qualquer atividade de alta tecnologia em tais países. Ou seja, os mercados internos, que apesar de consideráveis, seriam totalmente supridos via importação.

Brasil e México fazem parte deste grupo, que é representativo da situação de muitas economias latino-americanas e de outros países em desenvolvimento. Apesar da inclusão do México, é importante destacar que, também em razão da ausência de dados internacionalmente comparáveis, não foi possível analisar as empresas maquiladoras mexicanas. Mesmo assim, especula-se que, caso as empresas maquiladoras fossem incluídas na análise, estas poderiam permitir ao México se classificar como um tipo especial de seguidor tecnológico com algum

superávit. De fato, o México é um caso especial, uma vez que, sua proximidade geográfica com os Estados Unidos, bem como sua mão de obra relativamente barata, acabam exercendo forte atração de certas atividades de alta tecnologia. Por outro lado, as atividades de alta tecnologia executadas pelas maquiladoras mexicanas caracterizam-se pela baixa agregação de valor e alto coeficiente importado (PALMA, 2005).

Por outro lado, estão presentes neste grupo economias europeias, que, apesar da alta renda per capita, possuem dificuldades em articular suas instituições científicas com as demandas produtivas da indústria. De fato, assim como as economias latino-americanas, estas economias europeias, carecem de sistemas de inovação articulados e eficientes, que possam permitir a elas internalizar atividades produtivas de alta tecnologia na mesma medida em que demandam produtos desta indústria.

O resultado geral, então, diz respeito a economias marginalizadas nas cadeias produtivas globais, nas quais apenas o consumo local justifica a presença de certas atividades, notadamente associadas à montagem final.

Sendo assim, os países deste grupo, que possui intensidade tecnológica média agregada de 3,0% do VBP, representam apenas 6,1% da produção e 8,4% do consumo dos países avaliados (tabela anexa 4).

Tabela 4.6 – Produção, intensidade tecnológica e saldo comercial (US\$ e % do VBP). Indústria de alta tecnologia. Países seguidores tecnológicos deficitários, 2006

Países	Produção (US\$ bilhões)	Intensidade tecnológica da alta tecnologia (% do VBP)	Saldo comercial da alta tecnologia (em % do volume total)
Itália	86,4	3,7	(-) 18,6
Espanha	35,2	5,3	(-) 38,6
Brasil	31,3	2,4	(-) 36,3
México ⁽¹⁾	14,1	1,0	(-) 0,6

Fonte: OCDE, IBGE, BCE, INEGI, COMTRADE e Banco Mundial.

(1) Não inclui as maquiladoras.

(2) O sinal (-) representa déficit.

Tabela anexa 4.

Assim como nas análises dos grupos anteriores, procurou-se dar abrangência geográfica às análises aqui apresentadas, optando-se, então, por detalhar o caso da indústria brasileira de alta tecnologia.

A partir de ALBUQUERQUE (1999), OLIVEIRA (2005), FURTADO e CARVALHO (2005), ARRUDA, VERMULM e HOLLANDA (2006), VIOTTI (2008) e CARNEIRO (2008), é possível afirmar que classificação da indústria brasileira de alta tecnologia como seguidora tecnológica deficitária está associada a dois fatores principais:

- i. Sistema de inovação ineficiente. O sistema brasileiro de inovação, apesar do significativo número de instituições e organizações, muitas das quais criadas ainda sob os governos militares e associadas ao I e II PND's, carece de articulação e coordenação. Em razão de diversas crises econômicas e dos consequentes cortes nos investimentos destinados à pesquisa científica e tecnológica, as condições para que a ampla infraestrutura federal de fomento à C,T&I fosse capaz de aproximar os atores desaparecem ao longo dos anos 80 e 90 do século XX. Contribui para esse cenário a crônica ausência de uma política industrial sistêmica e efetiva, que, apenas ao longo da década de setenta, parece ter existido⁷⁷. Do ponto de vista do fomento à alta tecnologia, é importante destacar o sistema setorial de inovação que foi criado pelo Estado quando do estabelecimento da EMBRAER e que ajuda a explicar os saldos positivos brasileiros no setor aeroespacial. Por outro lado, numa outra tentativa de estabelecer uma política industrial, tentou-se criar uma indústria de informática no país através da reserva de mercado. Contudo, diferente do que ocorreu com a política aeroespacial, esta não foi capaz de evitar os

⁷⁷ Em que pese às críticas ao modelo de fomento à C,T&I adotado nos governos militares, um significativo nível de conhecimento tecnológico foi criado endogenamente. Este conhecimento nacional permitiu a fabricação do primeiro computador nacional e da primeira aeronave nacional produzida em larga escala. Outras iniciativas de relevância à indústria de alta tecnologia dizem respeito ao programa nuclear brasileiro e ao programa de nacionalização das telecomunicações, ambos capitaneados pelo Estado e associados aos objetivos dos planos nacionais de desenvolvimento.

elevados saldos deficitários observados neste setor⁷⁸. Mesmo assim, do ponto de vista da alta tecnologia como um todo, o grande número de incentivos que se coloca à P&D, dentre os quais se destacam os Fundos Setoriais⁷⁹, tem logrado algum êxito no sentido de permitir que o Brasil afigure uma intensidade tecnológica de destaque no mundo em desenvolvimento. De fato, essa intensidade de destaque reforça a hipótese de ineficiência do sistema, uma vez que ela não se traduz em competitividade industrial. Então, de forma geral, o sistema brasileiro de inovação se caracteriza pela ausência de arranjos institucionais duradouros e sistêmicos capazes de sustentar a competitividade internacional da indústria de alta tecnologia.

- ii. Baixa produtividade do trabalho. Este segundo elemento explicativo também está associado à baixa eficiência do sistema de inovação e também é resultado da ausência de políticas industriais sistêmicas. Em razão da histórica baixa qualificação da mão de obra associada à ausência de um sistema de educação adequado, o trabalhador brasileiro adiciona pouco valor ao produto industrial. Isso é particularmente válido para a alta tecnologia que, além de possuir uma produtividade historicamente baixa, apresenta atualmente uma tendência de queda. Obviamente, esta baixa produtividade está também relacionada às atividades de alta tecnologia realizadas internamente, quais sejam: montagem final e produção de componentes mesmos críticos, as quais são intensivas em mão de obra e pouco agregadoras de valor. Consequentemente, há uma perda de

⁷⁸ Visando criar tecnologia nacional na área de informática é lançada, em 1984, a Lei de Informática. Esta legislação garantiu reserva de mercado por quase uma década para produtores de semicondutores, hardwares em geral e softwares. Apesar da reserva de mercado ter sido abandonada efetivamente no início dos anos 1990, incentivos ao complexo eletrônico ainda persistem na forma de apoio a projetos de P&D.

⁷⁹ Atualmente existem os seguintes Fundos Setoriais: Audiovisual, CT – Aero, CT – Agro, CT – Amazônia, CT – Aquaviário, CT – BIOTEC, CT – ENERGI, CT – Espacial, CT – Hidro, CT – INFO, CT – Infra, CT – Mineral, CT – PETRO, CT – Saúde, CT – Transporte, FUNTTEL e Fundo Verde e Amarelo. Lançados em 1999 são os Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia, destinam-se ao financiamento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Estes fundos atuam sobre 15 complexos industriais (muitos dos quais associados à indústria de alta tecnologia), bem como sobre projetos de melhoria de infraestrutura e de fomento à interação universidade empresa. Seus recursos provem de contribuição proveniente do uso de recursos naturais e de impostos específicos.

competitividade industrial que só se reverteria com políticas industriais sistêmicas e de longo prazo. Note-se, portanto, que não é a ausência de políticas formais que caracteriza o caso brasileiro, mas sim, a eficácia destas⁸⁰.

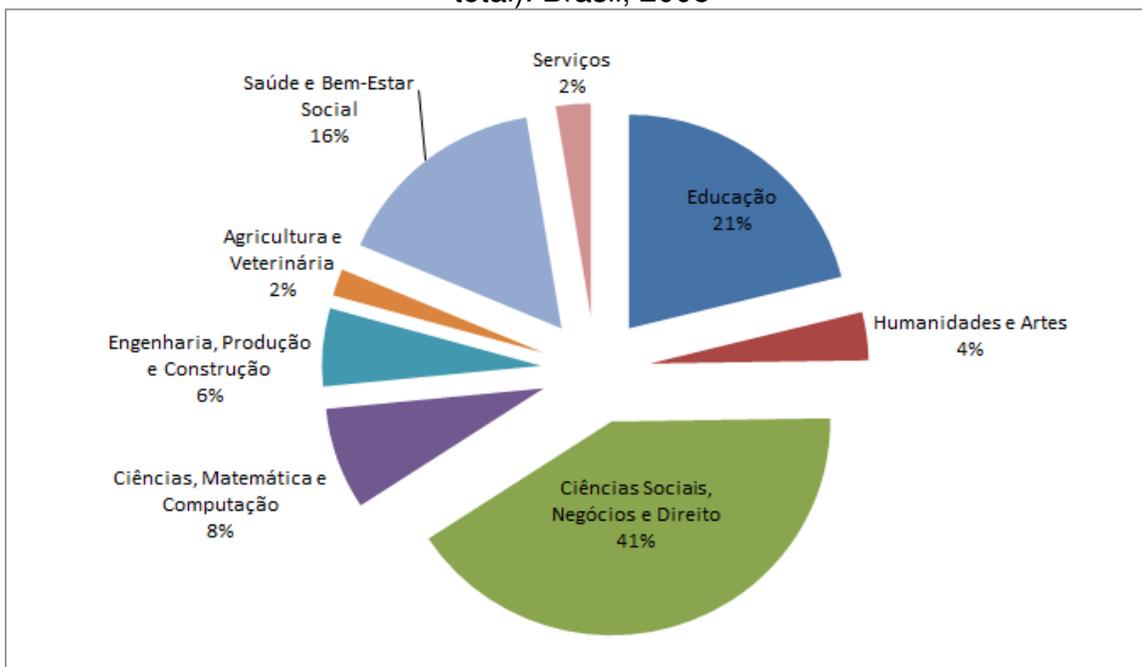
Como resultado, observa-se que economia brasileira não realizou a convergência tecnológica e a pouca produção de alta tecnologia, nela existente, deve-se à presença de um mercado consumidor que, apesar de não ser desprezível, não possui o mesmo volume e sofisticação de mercados desenvolvidos.

Tentando ilustrar a desarticulação do sistema de inovação brasileiro e a inadequação dele para com as demandas da indústria de alta tecnologia, são agora analisados diversos indicadores relacionados ao esforço inovativo do País.

A figura 4.23 apresenta o percentual de formandos em cursos universitários por área do conhecimento. Para o caso brasileiro, verifica-se que a estrutura do ensino superior se concentra, ao contrário do que se observa no leste asiático, nas ciências sociais, sendo que, os formados em engenharia e ciências, intensamente necessários em atividades de alta tecnologia, constituem-se na minoria do total de graduados no Brasil. Assim, enquanto 41% dos graduados no Brasil são provenientes das ciências sociais, apenas 8% são das ciências naturais e 6%, das engenharias (figura 4.23).

⁸⁰ Tentando conferir alguma competitividade à indústria nacional, na década de 1990, são criados pelo governo federal, no âmbito da Política Industrial e de Comércio Exterior – PICE, o Programa de Apoio à Capacitação Tecnológica – PACT; o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade - PBQP e o Programa de Competitividade Industrial – PCI. Em que pese à existência de tais ações, o processo de abertura econômica que ocorreu sem que a convergência tecnológica fosse alcançada, culminou na realização de baixas taxas de crescimento econômico com aumento gradativo no déficit comercial em setores de alta tecnologia. Em 2004 foi lançada a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior – PITCE – e a Lei de Inovação. Atualmente, a política industrial ora em curso denomina-se Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP-, que possui, dentre suas quatro macrometas, o aumento da capacidade inovativa do país através do estímulo à elevação dos gastos em P&D.

Figura 4.23 – Formados em curso universitário, por área de atuação (em % do total). Brasil, 2008



Fonte: INEP.
Tabela anexa 24.

Estes dados contrastam, por exemplo, com a realidade chinesa, na qual 35% do total de graduados terminaram, em 2005, cursos de engenharia e 28% formaram-se em ciências sociais e negócios (MST, 2007). Interessante perceber que esse parece ser o padrão seguido também pela Coreia e por outros “tigres” de primeira geração, nos quais o ensino das engenharias e das ciências com aplicação industrial foi amplamente estimulado.

Assim, a alta tecnologia brasileira, tal qual a dos outros países periféricos, sofre, não apenas com a baixa produtividade, mas também com a orientação da formação de mão de obra, um tanto desconectada das necessidades desta indústria em particular.

Se a atual oferta e qualidade da mão de obra não é atrativa à atividades de produção de alta tecnologia, os níveis e padrões de investimento público também não o são.

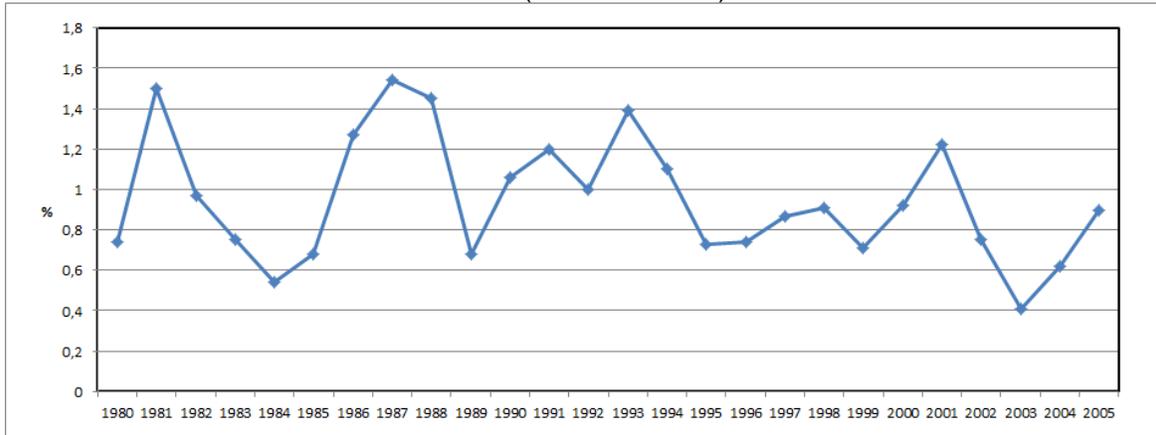
O investimento público é importante para a alta tecnologia por dois motivos. Em primeiro lugar, para financiar a produção e o desenvolvimento propriamente ditos. Em razão das características setoriais, a indústria de alta tecnologia é

marcada por grande risco e elevado custo e, por isso, a existência de financiamento facilitado e/ou compras garantidas pelo Estado permitem níveis de investimento adequados, uma vez que, em razão destas características, firmas privadas tendem, em geral, a investir menos do que o socialmente desejável em atividades de alta tecnologia.

Em segundo lugar, no contexto de uma produção mundialmente fragmentada, questões referentes à logística são fundamentais. Ou seja, canais “azeitados” de distribuição que favoreçam transações inerentes às cadeias produtivas globais são essenciais para a atração de atividades de produção de alta tecnologia. De forma geral, grandes investimentos em infraestrutura no mundo são realizados pelos Estados, principalmente em razão dos elevados custos irrecuperáveis e do prazo de maturação. Portanto, o investimento público em infraestrutura – que não diz respeito apenas à construção de pontes, estradas, aeroportos e portos, mas também a um sistema educacional eficiente e adequado às demandas da indústria – é, tal qual o financiamento facilitado e as compras garantidas, fundamental à atração de atividades industriais de alta tecnologia.

A figura 4.24 apresenta a evolução da participação do investimento público no Brasil entre os anos de 1980 e 2005 e, nela, destaca-se a grande variação anual do investimento estatal. Assim como o investimento público se mostra extremamente errático entre os anos considerados, a Formação Bruta de Capital Fixo – FBCF, que está associada também a investimentos privados, varia consideravelmente ao longo das três últimas décadas do século XX e da primeira década do século XXI. Tomando-se, por exemplo, os dois últimos anos disponíveis, observa-se que, entre 2008 e 2009, a FBCF variou, negativamente, cerca de 10% (IPEA).

Figura 4.24 – Participação do investimento público da União no PIB. Brasil, 1980-2005 (em % do PIB)



Fonte: GIAMBIAGI (2004).
Tabela anexa 25.

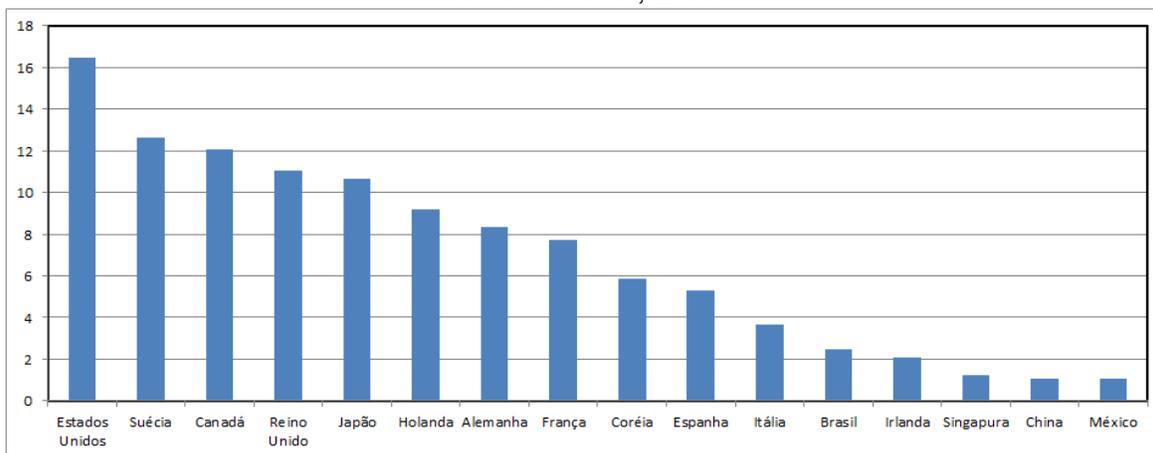
Os investimentos totais na economia, medidos pelos investimentos públicos ou pela FBCF não são apenas erráticos no Brasil, mas muito baixos para os níveis de países em desenvolvimento, que consolidaram seus processos de industrialização. Por exemplo, no Brasil, a FBCF representava, em 2010, 18% do PIB, enquanto que, na Coreia, este valor era de 30%, em 2008, e, na China, de robustos 45% (UNCTAD). Notadamente, tal como já mencionado, o alto volume de investimentos é uma das características da atual pujança da economia chinesa.

Chama atenção a grande oscilação no investimento brasileiro, pois, acredita-se que em termos de grandes projetos de alta tecnologia, a regularidade é tão importante quanto o volume de recursos. Isto porque projetos de alta tecnologia possuem grande prazo de maturação, no qual é preciso constância nos fluxos de investimento. Assim sendo, o baixo nível de investimento e sua alta variação anual contribuem para erodir a atração de atividades de produção de alta tecnologia no Brasil.

Tal como já mencionado, cabe destacar ainda que boa parte das atividades P&D em países em desenvolvimento e periféricos, como o Brasil, é realizada, não pelas empresas privadas, tal como em países desenvolvidos, mas pelo Estado. Ou seja, as questões negativas associadas ao investimento no Brasil tendem a repercutir fortemente no esforço de mudança técnica nacional, uma vez que o Estado é tanto o principal financiador quanto executor da P&D.

De forma mais específica, ou seja, em se tratando de investimentos destinados à pesquisa e ao desenvolvimento, observar-se, principalmente no caso privado, que pouco se investe nessa estratégia de mudança técnica no Brasil (figura 4.25).

Figura 4.25 – Intensidade da P&D, indústria de alta tecnologia (% do VBP). Países selecionados, 2006



Fonte: OECD, UE, IBGE, BCE, NBSC, INEGI, SINGSTAT.

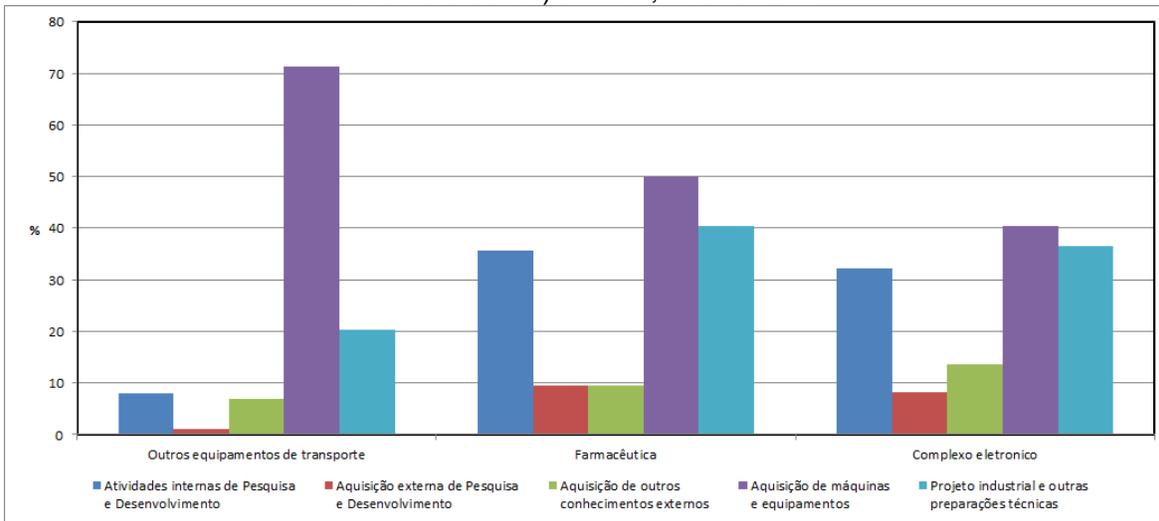
Tabela anexa 26.

A figura 4.25 apresenta um quadro interessante em que, apesar da intensidade brasileira ser muito inferior àquela verificada em países líderes tecnológicos, com 2,4% do VBP, esta encontra-se à frente de Irlanda, Cingapura, China e México. Este posicionamento brasileiro está associado aos históricos esforços nacionais no sentido de aumentar os gastos em P&D em toda a indústria de manufatura brasileira. Tal como já mencionado, o problema do sistema brasileiro de inovação reside justamente na dificuldade de transformar este *input* em vantagem comparativa dinâmica para sua indústria de alta tecnologia.

Mesmo tendo intensidades tecnológicas superiores a outros importantes países em desenvolvimento, o padrão inovativo brasileiro, ao contrário do que se observa nos líderes tecnológicos, baseia-se, fundamentalmente, no consumo de tecnologia incorporada em máquinas e equipamentos, os quais, via de regra, são importados dos países líderes tecnológicos.

A figura 4.26 mostra, nesse sentido, as principais fontes de informação empregadas pelas empresas brasileiras de alta tecnologia para a mudança técnica.

Figura 4.26 – Fontes selecionadas de informação para a inovação (% das empresas inovadoras que conferiram importância pelo menos alta às fontes selecionadas). Brasil, 2006-2008



Fonte: PINTEC – 2008, IBGE.
Tabela anexa 27.

Considerando os três grandes grupos que formam a alta tecnologia, ou seja, outros equipamentos de transporte (que é aqui utilizado como uma aproximação do comportamento do setor aeroespacial), farmacêuticos e o complexo eletrônico, a figura 4.26 mostra que a aquisição de máquinas e equipamentos é a estratégia mais empregada para a mudança técnica na indústria de alta tecnologia brasileira. Isto é mais intenso ainda para o grupo de outros equipamentos de transporte, mas válido para toda a alta tecnologia.

É interessante observar, nesse sentido, que, no setor farmacêutico, por exemplo, caracterizado pela alta demanda de pesquisa formal, muitas vezes de cunho básico, a aquisição de máquinas é mais relevante do que as atividades internas de P&D. De fato, a figura em questão mostra que a P&D é apenas a terceira fonte mais relevante da mudança técnica nesse setor. Em primeiro, aparece a compra de maquinário, depois, o projeto industrial e só depois, a P&D interna.

Ressalta-se, ainda, que, considerando a baixa capacitação tecnológica nacional, acredita-se que boa parte dessa aquisição de máquinas e equipamentos ocorra via importação direta ou compra de produtos nacionais com alto coeficiente de importação. De fato, a figura 4.26 apresenta justamente o alto conteúdo importado do consumo interno de alta tecnologia no País. Notadamente, boa parte deste maquinário não é produzido em setores de alta tecnologia, mas de forma geral possui alta complexidade tecnológica, o que leva ao mesmo resultado.

Tabela 4.7 – Fontes de informação para a inovação, segundo fontes selecionadas e localização das fontes (% das empresas inovadoras). Brasil, 2006-2008

Setores	Outra empresa do grupo		Clientes ou consumidores	
	Brasil	Exterior	Brasil	Exterior
Outros equipamentos de transporte	8,3	8,2	51,4	4,2
Farmacêutica	8,3	10,3	80,4	0,0
Complexo eletrônico	7,0	9,9	81,0	2,8

Fonte: IBGE.

A suposição de que a alta tecnologia no Brasil incorpora tecnologia estrangeira para fornecer ao mercado interno é em parte comprovada pelo fato de que, no esforço inovativo das empresas de alta tecnologia no Brasil, os clientes localizados no País são as principais fontes de informação para a inovação. A indústria farmacêutica é um exemplo paradigmático disso. Nela, segundo o IBGE, clientes localizados fora do País não possuem qualquer relevância para a inovação por elas realizadas, enquanto que para as empresas do complexo eletrônico e de outros equipamentos de transporte, notadamente setores com maiores taxas de exportação, clientes externos possuem alguma relevância, contudo, apenas marginal (tabela 4.7).

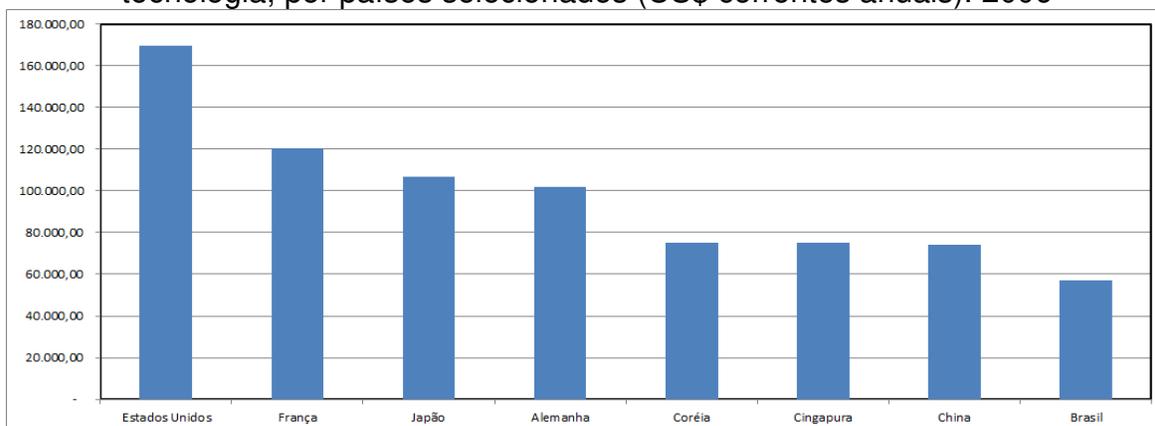
Ou seja, a indústria de alta tecnologia brasileira, como pode ser deduzido da figura 4.26, encontra-se quase que exclusivamente dependente da importação de produtos de alta tecnologia para saciar as demandas internas. Porém, é interessante notar, com base em dados da tabela 4.7, que outras empresas do grupo localizadas fora do País também possuem relevância como fontes de informação para a inovação. Obviamente, isto se deve à grande presença de empresas multinacionais no País, cuja localização justifica-se pelo tamanho do mercado interno. De fato, com base nos trabalhos de FURTADO e CARVALHO

(2005), CARVALHO e FRANCO (2005) e GAVIRA (2008), estima-se que o mercado de alta tecnologia no Brasil seja dominado justamente por multinacionais que incorporam tecnologias estrangeiras e as adaptam ao contexto local.

As atividades de alta tecnologia no Brasil não são apenas impactadas pela ineficiência do sistema de inovação, mas também pela baixa produtividade do trabalho. Como se viu, a atuação conjunta destes dois elementos faz do Brasil um seguidor tecnológico deficitário.

A figura 4.27 apresenta a produtividade média por trabalhador na indústria de alta tecnologia. Nela, observa-se que a baixa produtividade brasileira se destaca. Enquanto nos Estados Unidos um trabalhador adiciona, em média, US\$ 170 mil/ano, no Brasil, um trabalhador adiciona apenas US\$ 57 mil/ano, valor inferior, por exemplo, ao observado na China, na Coreia e em Cingapura, três importantes fornecedores internacionais de alta tecnologia.

Figura 4.27 – Produtividade do trabalho (VTI/Trabalhador) em setores de alta tecnologia, por países selecionados (US\$ correntes anuais). 2006

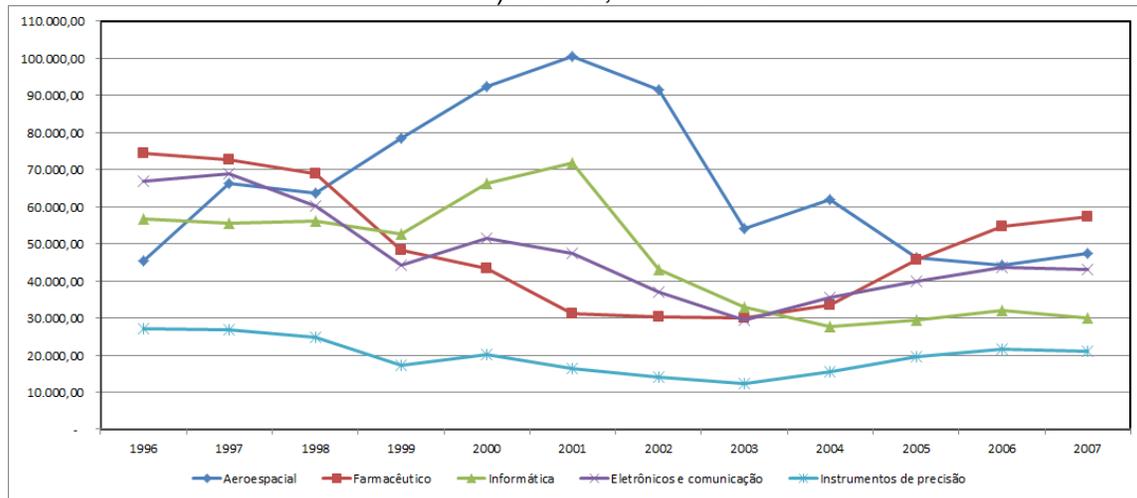


Fonte: NSF, OCDE, IBGE, NBSC, SINGSTAT.
Tabela anexa 28.

Notadamente, esta baixa produtividade do caso brasileiro está relacionada não apenas com a baixa qualificação da mão de obra, mas também com atividades menos complexas e, por isso, de menor adição de valor que são realizadas no país.

Seja como for, o fato é que, tal como mostra a figura 4.28, a produtividade brasileira é baixa e tende a diminuir.

Figura 4.28 – Evolução real da produtividade, por setores de alta tecnologia (US\$ de 1996). Brasil, 1996-2007



Fonte: NSF e IBGE.
Tabela anexa 29.

A partir da figura 4.28, é possível observar que, no período 1996-2007, as já baixas produtividades de toda a alta tecnologia brasileira diminuíram, mesmo que, em alguns casos, essa diminuição seja um tanto branda. Contudo, é preciso que se considere que, tal como mostra NSF (2010), as produtividades da China, dentre outros países asiáticos, apesar de inferiores à estadunidense, descrevem atualmente uma trajetória ascendente, diferente do que se observa no caso brasileiro.

Nesse sentido, chama atenção, na referida figura, a queda na produtividade do setor de informática, que, em 1996, era da ordem de US\$ 56 mil/ano e passa, ao final do período 2007, a ser de apenas US\$ 30 mil/ano. Ou seja, a produtividade deste setor cai em termos reais quase à metade do que era no início do período.

Outro fato digno de nota está associado à grande variação da produtividade dos setores aeroespacial e farmacêutico, mas que, ao final do período permanecem muito próximos um do outro, apesar de não dividirem uma base tecnológica comum. De fato, os dados permitem afirmar que a produtividade da alta tecnologia no Brasil, independente do setor, é persistentemente baixa, tendendo, mesmo assim, a diminuir.

Considerando o exposto sobre a indústria de alta tecnologia no Brasil, os saldos comerciais resultantes desta dinâmica não poderiam ser diferentes do que déficits estruturais. Contudo, como pode ser observado na figura 4.29, o setor aeroespacial brasileiro comporta-se de maneira diferente dos demais países e é, até certo ponto, uma anomalia para um país periférico. Os contínuos saldos positivos da indústria aeroespacial brasileira, que se iniciam ainda em 1998, estão associados ao já amplamente conhecido fenômeno “EMBRAER” e ao pequeno mercado interno aeroespacial⁸¹. Contudo, mesmo no caso da indústria aeroespacial, existe uma intensa incorporação de insumos importados (figura 4.30). Mesmo assim, a condição de exportador líquido no setor aeroespacial é uma situação um tanto especial para um país com as condições econômicas aqui expostas.

Para OLIVEIRA (2005), a gênese da maior empresa brasileira do setor aeroespacial, a EMBRAER, remonta à constituição, em 1969, do Centro Tecnológico Aeroespacial – CTA - da aeronáutica e às iniciativas tecnológicas/militares da época. Criada sob o controle do estado brasileiro e apoiada fortemente por ele, esta empresa é comumente identificada como um exemplo de sucesso em estratégias setoriais de convergência tecnológica na periferia.

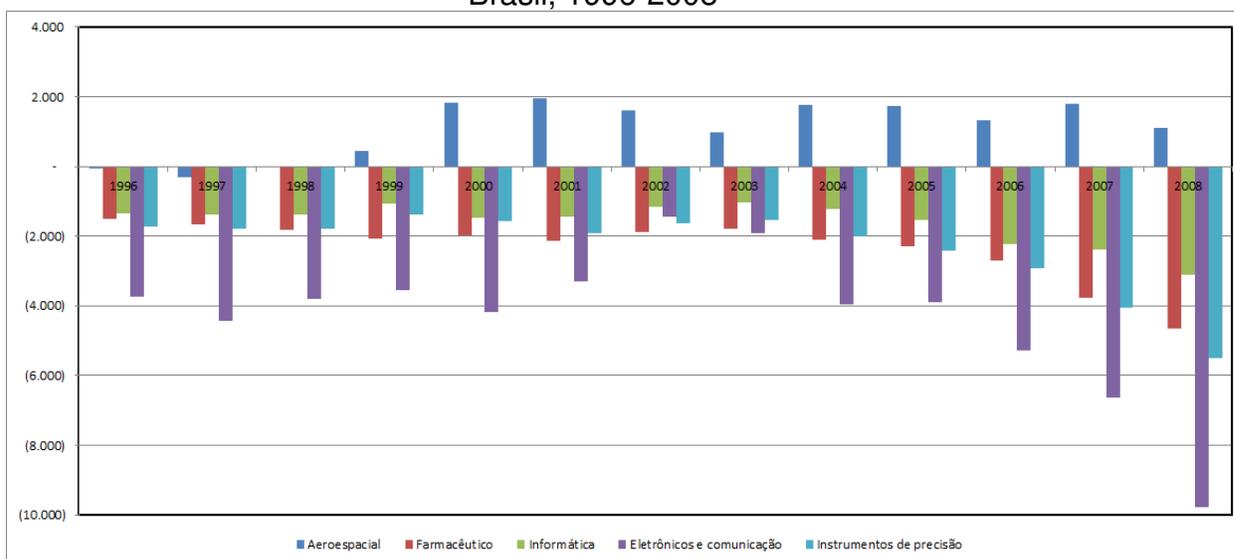
A criação da EMBRAER se dá, então, por meio de uma iniciativa governamental que se viabilizou através do estabelecimento de uma rede científica e tecnológica pública, que fornecia tecnologia nacional e que sobreviveu às crises econômicas das décadas de 1980 e 1990. Diferente das demais políticas de fomento à alta tecnologia até então vigentes, a criação do setor aeroespacial e o advento da EMBRAER consideravam a necessidade de interação com os avanços tecnológicos mundiais, bem como com mercados consumidores estrangeiros.

Atualmente, a EMBRAER é líder mundial no mercado de aeronaves comerciais regionais (de 70 a 122 passageiros) e, ao longo da última década

⁸¹ Para uma análise pormenorizada da indústria aeronáutica brasileira ver, por exemplo, CARVALHO *et al* (2009).

sempre esteve entre as primeiras empresas em exportação no País. Contudo, em 2010, foi a segunda maior empresa industrial brasileira em volume de importações, o que demonstra a grande incorporação de componentes estrangeiros em seu processo produtivo (SECEX/MDIC). Essa alta incorporação de componentes importados pode ser observada na figura 4.30.

Figura 4.29 – Saldo comercial, por setores de alta tecnologia (US\$ milhões).
Brasil, 1996-2008



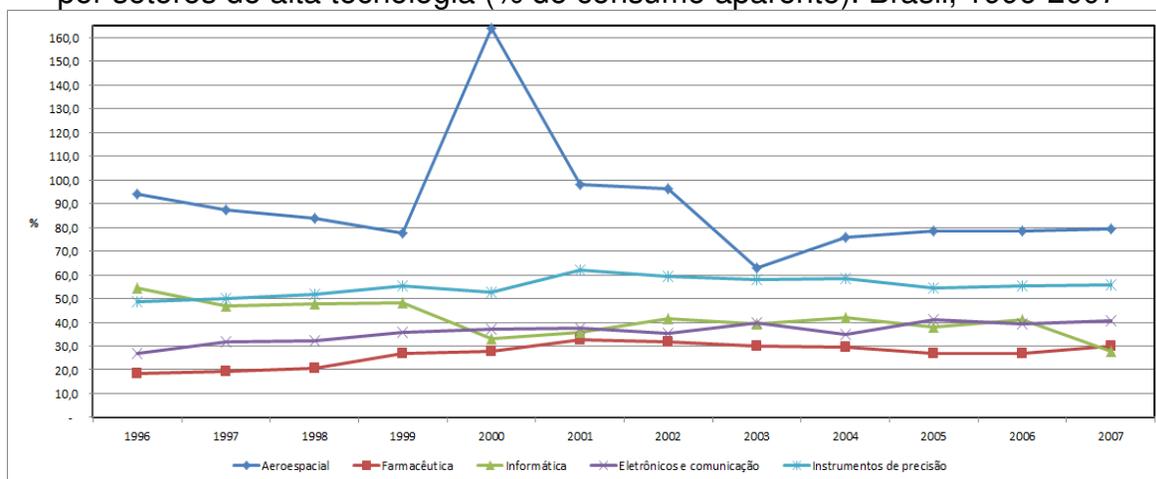
Fonte: SECEX.
Tabela anexa 30.

Por outro lado, como era de se esperar, a indústria de equipamentos eletrônicos e de comunicação é aquela com o maior déficit (figura 4.29). Isto ocorre porque, na ausência de cadeias produtivas adensadas e estruturadas, sua alta pervasividade na sociedade contemporânea acaba por forçar forte consumo. De fato, esta é uma dinâmica que ocorre em todo o complexo eletrônico, bem como no setor de fármacos. Ou seja, o consumo interno, associado a uma histórica especialização em setores primários exportadores, e a baixa atratividade de cadeias produtivas fragmentas fazem com que a indústria de alta tecnologia no Brasil seja cronicamente deficitária.

Tal como mencionado, se observa uma intensa penetração de importações no consumo interno (figura 4.30). No caso do setor aeroespacial - único com *superávit* comercial -, as importações chegam a ser superiores ao próprio

consumo interno. Ou seja, nesse caso, diferente dos demais, a produção destina-se mais ao exterior do que ao mercado nacional. Contudo, tal qual os demais setores, por possuir pouco adensamento produtivo, a produção aeroespacial, mesmo que voltada às exportações, depende fortemente de importações de insumos.

Figura 4.30 – Coeficiente de penetração das importações no mercado consumidor, por setores de alta tecnologia (% do consumo aparente). Brasil, 1996-2007



Fonte: SECEX e IBGE.
Tabela anexa 31.

Mesmo nos outros casos, nos quais a produção não se destina a mercados externos, o coeficiente de penetração de importações é significativamente alto e não parece, de forma geral, a ter uma tendência declinante. Tomando-se como exemplo, no ano de 2007, os setores aeroespacial, farmacêutico, de informática, de equipamentos eletrônicos e de comunicação e de instrumentos de precisão tinham coeficientes de penetração de 80%, 30%, 28%, 40% e 55%, respectivamente, valores estes muito próximos aos atingidos cerca de uma década antes, em 1996, de: 93%, 18%, 55%, 27% e 49%, respectivamente.

Estes elevados coeficientes de importação associados a todos os outros elementos levantados nesta tese permitem afirmar que, de forma geral, a indústria de alta tecnologia no Brasil concentra-se na montagem final e na manufatura de componentes menos críticos de produtos classificados como de alta intensidade de P&D voltados, sobretudo, ao mercado interno, pouco atraindo, portanto,

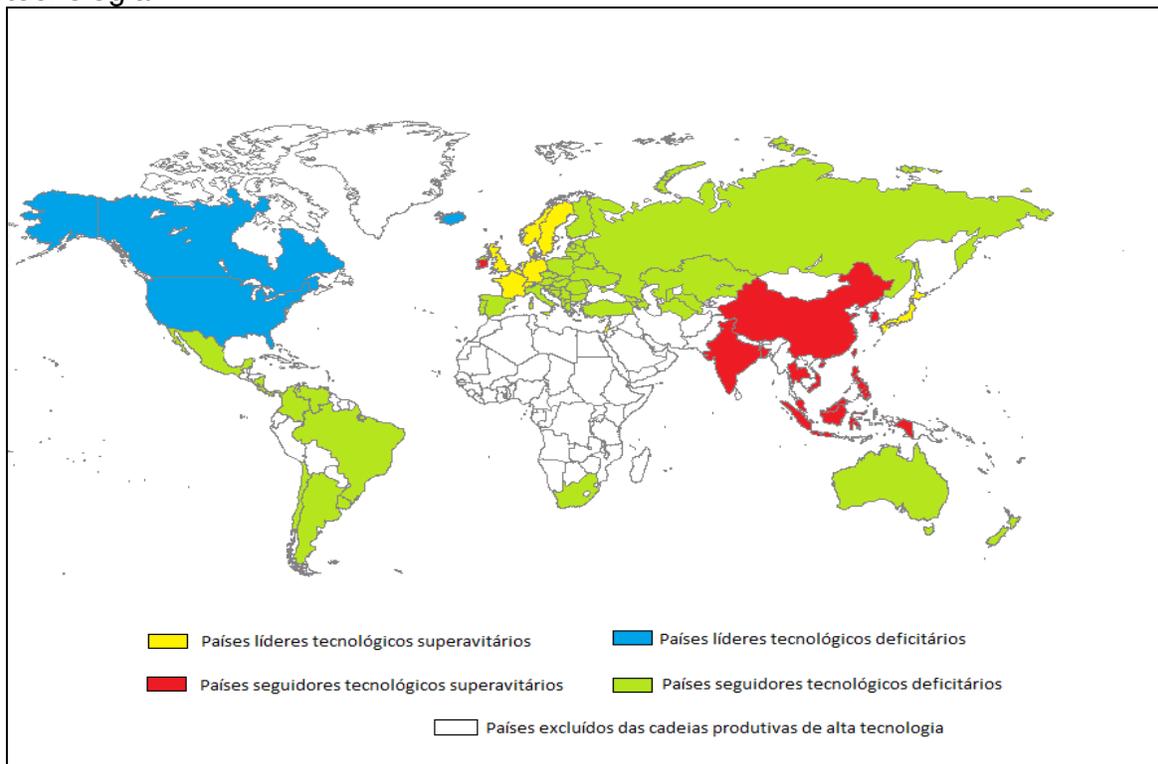
atividades fragmentadas voltadas para mercados externos mais sofisticados. Mesmo a atividade aeroespacial, que é superavitária e concentra-se no design e montagem final de aeronaves, só se sustenta através de altos coeficientes de importação.

4.5 Extrapolações e um panorama global

Na tentativa de ilustrar e, de certa forma, comprovar o modelo teórico estabelecido neste trabalho, selecionaram-se apenas as economias mais robustas, em termos de produção de alta tecnologia, que disponibilizassem dados. Foram, portanto, analisadas apenas dezesseis economias. Contudo, esse número pouco representa em termos do total de países atualmente existentes no mundo. De fato, importantes economias produtoras de alta tecnologia não foram consideradas em razão da ausência de dados, entre elas destacam-se Malásia, Tailândia, Indonésia, Rússia, Índia, Taiwan, dentre outras.

Porém, o alto nível de agregação utilizado nas análises empíricas permite que extrapolações sejam feitas no intuito de apresentar um panorama global da atual geografia das indústrias de alta tecnologia. A figura 4.31 procura apresentar uma aproximação do que seria um panorama global dessa geografia segundo os preceitos teóricos aqui levantados.

Figura 4.31 – Panorama global de inserção nas cadeias produtivas de alta tecnologia



Fonte: Elaboração própria.

Segundo a dinâmica espacial da indústria de alta tecnologia esboçada na figura 4.31, é possível dividir o mundo em sete grandes regiões:

- i. **América Latina.** De forma geral, tal como já mencionado, a América Latina é predominantemente dominada por países com baixo poder de atração e associados ao grupo de países seguidores tecnológicos deficitários, nos quais a existência de alta tecnologia se justifica pela grande população que forma grandes mercados consumidores potenciais. Porém, nela também se observa a presença de países completamente deslocados das cadeias produtivas fragmentadas de alta tecnologia, dentre eles, podem-se mencionar, por exemplo, Peru, Bolívia, Paraguai, entre outros. Na América Latina, a posição Mexicana se destaca. Apesar deste país ser classificado como seguidor tecnológico deficitário, a presença das maquiladoras torna a análise um tanto complexa. Em razão dos baixos custos de mão de obra e da proximidade com os Estados Unidos, a região fronteira do México

exerce um forte poder de atração, porém distinto daquele observável no leste asiático. No caso mexicano, segundo Palma (2005), as maquiladoras constituem-se em pequenos enclaves produtivos de pouca agregação de valor e alto coeficiente de importação. Porém, estas atividades, ao que tudo indica, podem estar realizando superávits comerciais.

- ii. **América do Norte exclusive México.** Nesta região, além do maior produtor e o maior consumidor de produtos de alta tecnologia do mundo, os Estados Unidos, encontra-se também o Canadá. Ambos são classificados como líderes tecnológicos deficitários, que fragmentam sua produção fazendo intenso uso de mão de obra barata, de incentivos fiscais e da proximidade geográfica das maquiladoras mexicanas, assim como da mão de obra barata e alta competitividade do leste asiático. Seu traço marcante, além da liderança tecnológica, diz respeito ao alto consumo interno e aos saldos comerciais deficitários em alta tecnologia.
- iii. **Oeste europeu.** Esta região é predominantemente dominada por países líderes tecnológicos superavitários, tais como França, Alemanha, Inglaterra, Holanda, Suécia, dentre outros. Encontra-se também nesta região um bom número de países seguidores tecnológicos deficitários, dentre os quais destacam-se Itália, Espanha, Portugal e Grécia, dentre outros. Além disso, há o caso da Irlanda, único país do Oeste europeu de baixa intensidade tecnológica e alto custo da mão de obra, mas que, em razão de forte política de atração de investimento e de sua posição privilegiada na União Europeia, acaba realizando robusto superávit comercial em setores de alta tecnologia.
- iv. **Antiga URSS e suas áreas de influência.** Esta grande região, que não foi especificamente analisada, possui especificidades que a fazem se aproximar da dinâmica espacial de países seguidores tecnológicos deficitários, muito embora seja um tanto distinta culturalmente e economicamente de outros países classificados no mesmo grupo. Esta região destaca-se pelo alto desenvolvimento científico remanescente do período comunista e que possibilitou a construção de competências,

principalmente, em tecnologias militares, e, mais especificamente, em tecnologias aeroespaciais. Tal qual outros países classificados na mesma categoria, o elevado consumo de alta tecnologia associado a uma baixa produção leva ao estabelecimento de crônicos déficits comerciais neste setor. ALBUQUERQUE (1999) afirma, nesse sentido, que a maior deficiência dos sistemas de inovação dos países da antiga URSS reside na incapacidade de transformar o conhecimento científico endogenamente desenvolvido em inovações. A Rússia é a economia predominante nesta região, a qual é formada, sobretudo, por países que compunham o antigo bloco soviético. Nessa região, também se observa a presença de economias completamente deslocadas dos fluxos produtivos internacionais de alta tecnologia.

- v. **Leste asiático.** Nesta região, encontram-se as principais economias que, juntamente com os Estados Unidos, lideram a produção mundial de alta tecnologia. Nela, destacam-se o Japão, classificado como de líder tecnológico superavitário, China e Coreia, classificadas como seguidores tecnológicos superavitários. Esta é a região que realizou e continua realizando a convergência tecnológica com os países desenvolvidos e que, também por isso, é a região de maior crescimento do PIB. De fato, muito em razão do atual ressurgimento da China, o forte crescimento da riqueza da região tem alterado as relações de poder no mundo. Assim, enquanto China, Coreia, Cingapura, Malásia, entre outros se concentram na produção de alta tecnologia, o Japão destaca-se, não só pela produção, mas também pela geração de tecnologia mundialmente consumida. Por fim, nesta região também existem países deslocados das cadeias fragmentadas da alta tecnologia, como Laos, Camboja, Mianmar, dentre outros.
- vi. **Oceania.** Na região da Oceania, destacam-se Austrália e Nova Zelândia, que, em razão de sua história recente e do arranjo político em que se inserem, possuem uma dinâmica muito próxima daquela observada em países europeus classificados como seguidores tecnológicos deficitários. De fato, pouco contribuem para o consumo e a produção mundiais. Do

ponto de vista da região, considerando o número de países existentes, a predominância é de países excluídos dos processos produtivos fragmentados.

- vii. **África e oriente médio.** No vasto território que cobre esta região, apenas Israel e África do Sul se destacam. Israel, como país líder tecnológico superavitário, baseado, sobretudo, em tecnologias bélicas, e África do Sul, como país seguidor tecnológico deficitário. Porém, tanto África quanto o Oriente Médio constituem-se em regiões quase que completamente excluídas dos fluxos produtivos fragmentados da alta tecnologia. As razões para tal são amplas e complexas, mas envolvem, em alguma medida, a especialização tanto da produção quanto das exportações em *commodities* agrícolas e em petróleo.

Não se pode negar que o panorama delineado aqui é um tanto arbitrário e genérico. Obviamente, espera-se que existam inúmeras especificidades não tratadas e que poderiam trazer alguma luz sobre a geografia das indústrias de alta tecnologia. Mesmo assim, acredita-se que os grandes movimentos produtivos não devam fugir muito do esboçado na figura 4.31, uma vez que a mesma trata de movimentos agregados e não de especificidades locais e de casos particulares.

Assim, uma análise global da dinâmica espacial da indústria de alta tecnologia mostra que, apesar das mudanças nas relações comerciais e produtivas entre os países e a conseqüente modificação das esferas de poder mundial, uma significativa parte do mundo continua excluída dos fluxos de produção de alta tecnologia. Contudo, observa-se que as relações comerciais que se estabeleciam numa dinâmica norte-sul parecem dar lugar a uma dinâmica um tanto mais complexa, na qual certos países do sul, mesmo que associados à fragmentação da produção, ganham gradativamente espaço no comércio mundial.

Em que pese a concentração de etapas de maior agregação de valor em países desenvolvidos com alta intensidade tecnológica, a riqueza gerada na manufatura, mesmo fragmentada, não pode ser desprezada. De fato, é justamente apoiada sob esta riqueza que China e Coréia, por exemplo, vêm consolidando seu processo de desenvolvimento econômico. Ou seja, as forças econômicas que permitiram a fragmentação da produção alteraram significativamente a geografia industrial no sentido de inserir novos países e novas relações à dinâmica produtiva mundial.

Conclusões

O estudo que se apresentou objetivava responder duas questões: qual é a moderna dinâmica espacial da indústria de alta tecnologia que emerge das recentes transformações tecno-econômicas mundiais e como se posicionam os diferentes países frente a esta nova dinâmica? Por isso, é um estudo que se preocupa com as macrodinâmicas espaciais.

Para tanto, este trabalho tratou de um vasto número de assuntos. Iniciou-se numa discussão do conceito de alta tecnologia e sobre como operacionalizá-lo, e encerrou-se analisando o processo de industrialização da América Latina e Ásia. Também foi um trabalho que utilizou um grande número de contribuições teóricas. De fato, o modelo proposto foi construído com base em três grandes arcabouços teóricos: (i) a teoria do ciclo de vida do produto; (ii) o processo de fragmentação da produção; e (iii) a teoria evolucionária do comércio exterior. Obviamente este vasto leque de discussões e teorias está associado a um objetivo no mínimo ambicioso e que, dentro do escopo inicialmente definido, acredita-se que se tenha cumprido.

Primeiro, foi necessário compreender conceitos que, em que pesem sua difusão, ainda são um tanto confusos e por vezes equivocados. Assim, o trabalho exigiu, logo em seu início, que o conceito de alta tecnologia e sua operacionalização fossem discutidos. Foi possível observar, nesse sentido, que a indústria de alta tecnologia, tal como definida pela OCDE, é setorialmente heterogênea. Como se viu, os setores industriais que a compõem possuem bases tecnológicas distintas e, conseqüentemente, processos produtivos variados. Ou seja, apesar de classificada na mesma categoria, diferentes dinâmicas tecnológicas estão associadas a esta indústria. Observa-se no interior da indústria de alta tecnologia a existência de três grandes complexos: (i) o complexo eletrônico, que é predominante na alta tecnologia; (ii) o complexo químico, em conexão com a ciência biológica de ponta; e (iii) o complexo aeroespacial que se alimenta na engenharia de materiais, na engenharia eletrônica e nos serviços de *software*, mas que, porém, assim como o farmacêutico, pouco contribui para a difusão intersetorial de conhecimento.

Em razão de distinções nas bases tecnológicas que se refletem em diferentes trajetórias tecnológicas, os setores de alta tecnologia também se diferenciam entre si pelos processos produtivos e seus requerimentos. Contudo, quando comparados ao restante da indústria de manufatura, destacam-se conjuntamente por sua dependência de conhecimentos científico-tecnológicos de fronteira e por sua pervasividade intersetorial, mesmo que esta seja um tanto variável entre os setores.

Em que pese à relevância individual de cada setor na construção da identidade da indústria de alta tecnologia, o complexo eletrônico é predominante, seja na geração de riqueza, emprego ou fluxos de comércio internacional.

Do ponto de vista das intensidades tecnológicas, os setores industriais não são apenas distintos uns dos outros, mas também são eles mesmos altamente heterogêneos. O véu setorial esconde importantes distinções, principalmente em termos de intensidade tecnológica. Na medida em que as intensidades são calculadas com base no comportamento médio das empresas e que dentro de um setor existe pelo menos uma centena de produtos, as intensidades tecnológicas de um dado setor, mesmo que de alta tecnologia, escondem inúmeras distinções ao nível do produto. Conseqüentemente, a classificação de um determinado bem num setor de alta tecnologia não necessariamente significa que este artefato é tecnologicamente complexo. Pode-se pensar, por exemplo, na manufatura de periféricos de computadores, como, por exemplo, cartuchos de impressão, que são classificados como equipamentos de informática e ainda assim possuem uma menor complexidade tecnológica.

Em razão deste véu setorial, quando se analisa a indústria de alta tecnologia sob uma perspectiva espacial também se observam grandes diferenças na dinâmica tecnológica e no esforço inovativo. Assim, a simples presença de atividades industriais de alta tecnologia num determinado país não significa necessariamente a existência de atividades tecnologicamente complexas, uma vez que o processo produtivo altamente fragmentado possui etapas de pouca incorporação tecnológica e que, como mencionado acima, também são classificadas como de alta tecnologia. Assim sendo, tal como afirma LALL

(2005:51), a utilização da classificação de intensidade “oculta interessantes diferenças no desempenho exportador, principalmente entre países em desenvolvimento, exportadores de produtos simples”, e este trabalho encontrou diferentes níveis de capacitação tecnológica nos setores de alta tecnologia entre os países analisados.

Notadamente, estes diferentes níveis de capacitação tecnológica, expressos por intensidades de P&D variáveis, refletem esforços de mudança técnica distintos, uns mais adequados aos conceitos tradicionais – forte esforço de P&D, alta relação universidade/empresa, alta taxa de geração endógena de tecnologia – e outros mais distantes da dinâmica tecnológica tradicional e mais baseados na cópia, imitação, e ou na simples transferência de tecnologias estrangeiras.

Portanto, a indústria de alta tecnologia compreende uma série de atividades de manufatura que, apesar de muito distintas entre si e entre os países, são caracterizadas, de forma geral, pela alta taxa de mudança técnica associada à elevada oportunidade tecnológica e à alta cumulatividade.

Essas características, próprias da indústria de alta tecnologia, possuem implicações frente à sua dinâmica espacial. Ao nível regional inerente a um determinado país, sua intensa interação de conhecimentos científicos e tecnológicos de fronteira faz com que sua localização esteja associada, de alguma forma, a ambientes dinâmicos e/ou com características especiais que os distinguem dos demais espaços geográficos, tais como parques ou pólos tecnológicos.

Se é assim ao nível regional, assim também o é em nível nacional. Atividades industriais de alta tecnologia, mesmo em suas fases mais simples, necessitam de alguma infraestrutura nacional que as viabilizem. Não se trata de existir intensa dinâmica inovativa com desenvolvimento constante de tecnologias disruptivas, mas um esforço mínimo de capacitação, pois o conhecimento acumulado em atividades tradicionais não pode ser automaticamente utilizado na execução de atividades intensivas em tecnologia. Há que se realizar um esforço deliberado para tal. Por isso, num contexto de intensa especialização nas *core*

competences e de desverticalização, a difusão espacial da indústria de alta tecnologia depende das condições locais, ou seja, do meio em que ela se insere.

Parece haver, neste sentido, uma dinâmica centrada na necessidade de rápida mudança técnica e intensa substituição e obsolescência do produto. Uma vez que o bem é rapidamente substituído por um novo, o comportamento das firmas líderes em seus mercados está focado, não na produção do bem, mas sim, no desenvolvimento de um novo produto. Pois, num ambiente de produção internacionalizada e fragmentada, com rápida passagem para a fase de tecnologia obsoleta, o poder de mercado concentra-se no constante lançamento de novos produtos e não na sua manufatura, que, cada vez mais, tem se tornado rotineira ou tem passado à fase de padronização muito rapidamente.

Considerando a dinâmica produtiva aqui expressa, na qual a produção pode, em razão de inovações tecnológicas e organizacionais, se difundir em diferentes localidades, a indústria de alta tecnologia, por ser uma atividade de grande número de etapas produtivas com alta relação valor/peso está, frente às outras atividades industriais, muito mais propensa a se fragmentar e se difundir. Por isso, não surpreende o fato de que a mesma esteja presente em países muito distintos do ponto de vista produtivo e tecnológico. De fato, parece haver uma tendência de reversão da localização mais tradicional, na qual países ricos de alta renda per capita monopolizavam a produção mundial.

Os saldos comerciais negativos, que resultam da convergência tecnológica da antiga periferia e do encurtamento do ciclo de vida do produto, passam a ser auferidos já na introdução do produto em seu mercado alvo. Ou seja, ao contrário do que se poderia imaginar, a introdução de uma inovação em setores de alta tecnologia por um país de custos trabalhistas elevados tende a aumentar o déficit comercial deste. Isto porque o grande mercado deixa de ser suprido pela produção interna, a qual passa a se concentrar apenas em atividades mais complexas do processo produtivo, que, apesar de estarem associadas a uma maior parcela do valor adicionado, são etapas intermediárias. O fato essencial que permite o deslocamento da produção, mesmo de produtos novos de alta

tecnologia para países de baixa renda per capita, diz respeito à forte inclinação da curva de aprendizado, que torna o ciclo mais curto e fragmentado.

Interessante observar que a teoria do ciclo de vida do produto – pilar básico no qual se sustentam as fundamentações teóricas do presente trabalho –, tal como originalmente desenvolvida por Raymond Vernon, precisa ser flexibilizada quando frente à atual dinâmica espacial da alta tecnologia. Isto porque esse corpo teórico estipula que a produção de artefatos tecnologicamente complexos só pode ser realizada próxima aos mercados consumidores e por países desenvolvidos de alta renda per capita. Contudo, esta tese procurou demonstrar que a produção, principalmente de alta tecnologia, se fragmentou, descolando-se dos mercados consumidores locais, e migrou para países de baixa renda per capita.

Por outro lado, a teoria do ciclo de vida do produto continua correta ao afirmar que novos produtos só podem ser desenvolvidos próximos aos seus mercados consumidores e que países de alta renda per capita são aqueles mais propensos a realizarem tal desenvolvimento. Ou seja, em que pese o deslocamento da produção, a inovação, principalmente de produto, permanece sendo desenvolvida (ou pelo menos idealizada) nos países de alta renda per capita e para mercados de países de alta renda per capita.

Assim, se a produção e o consumo de alta tecnologia se dispersaram pelo mundo industrializado, o mesmo não pode ser dito a respeito da inovação tecnológica. As implicações, dessa dispersão diferenciada da produção, do consumo e da tecnologia levam a questionamentos quanto à validade atual da teoria do ciclo de vida do produto e da teoria centro-periferia, na qual se baseia.

Utilizando o modelo do ciclo de vida, observa-se que, já na primeira fase, a produção ocorre geograficamente dispersa. Então, do ponto de vista da localização da produção, a teoria do ciclo de vida do produto perdeu boa parte de sua capacidade explicativa.

Porém, essa teoria permanece válida na análise do consumo. Se a produção na primeira fase já ocorre dispersa pelo mundo industrializado, o mesmo não pode ser dito do consumo que ainda respeita alguns dos preceitos teóricos levantados por VERNON. Ou seja, em razão de diferenças nos níveis de renda

per capita, o consumo de novos bens de alta elasticidade renda ocorre primeiro em países de alta renda per capita e só num segundo momento, quando os preços se tornam significativamente menores, países de baixa renda per capita passam a consumi-los em grande escala.

A diminuição dos preços dos produtos, que permite um maior consumo na periferia do sistema, está associada ao fato de que os ciclos, em razão da rápida mudança técnica, são significativamente mais curtos e, tal como se observou para a alta tecnologia, possuem apenas duas fases: a de introdução e a de obsolescência. Assim, na medida em que os produtos entram rapidamente em obsolescência, o consumo de alta tecnologia por parte dos países de baixa renda per capita pode ser rapidamente realizado, mas apenas depois que novos produtos são introduzidos nos mercados de alta renda. Por sua vez, a introdução de novos produtos, mesmo na presença de produção fragmentada, continua ocorrendo em países de alta renda per capita, o que leva a uma outra consideração a respeito da moderna geografia das indústrias de alta tecnologia, qual seja, a de que a capacidade inovativa continua espacialmente concentrada.

Uma vez que os países de alta renda permanecem como líderes tecnológicos, as inovações mais complexas tendem a surgir em razão das suas demandas e, portanto, destinadas aos seus mercados internos. Ou seja, o consumo que primeiro ocorre em países desenvolvidos também está associado ao fato de que as inovações surgem para saciar as demandas destes países e apenas quando os preços passam a se tornar significativamente inferiores é que países de baixa renda per capita podem consumir em volume maior.

Portanto, mesmo que, agora, a produção de alta tecnologia passe a se dispersar para alguns países de baixa renda per capita, o mesmo não se observa na geração de tecnologia, que se mantém ainda muito concentrado em países de alta renda per capita. Nesse sentido, apesar da teoria do ciclo de vida do produto ter sua capacidade explicativa diminuída em razão de alterações na dinâmica produtiva, ela ainda se constitui num importante ferramental para explicar o consumo e a geração desigual de tecnologia no mundo.

Dado que a tecnologia e o consumo se difundem de forma desigual no tempo e no espaço, as relações hierárquicas associadas à teoria centro-periferia permanecem válidas, porém agora são um tanto mais complexas e distintas. Assim, mesmo que países de baixa renda per capita estejam internalizando a produção de alta tecnologia, esse fato em si não pressupõe convergência tecnológica. De fato, o deslocamento da produção busca explorar baixos salários. Se os países receptores dessa produção são capazes de aproveitar a inserção em cadeias produtivas fragmentadas para avançar em sua capacitação tecnológica é uma outra questão que dependerá de seus próprios esforços operacionalizados através de políticas industriais efetivas.

Este trabalho, portanto, permitiu observar a existência de uma hierarquia de países tanto na geração da tecnologia quanto no consumo de bens de alta tecnologia. Essa hierarquia muito se aproxima das típicas relações centro-periferia, muito embora a inserção em cadeias produtivas fragmentadas possa ser utilizada para uma possível alteração desta relação.

Como mencionado, a fragmentação da produção surge no sentido de explorar diferenças internacionais nos custos de produção e, em si, além da geração de empregos, não carrega nenhum outro elemento que leve ao desenvolvimento local. O exemplo das maquiladoras mexicanas, que se constituem em enclaves produtivos de pouca relevância para o tecido produtivo local, é típico do que pode ocorrer na ausência de políticas industriais eficazes.

É possível, contudo, com base na inserção nestas cadeias produtivas fragmentadas, iniciar um processo de convergência que de outra forma seria talvez mais difícil. A China parece estar nesse caminho. A Coreia por outro lado, está bem mais a frente, muito embora ainda não possa ser descrita como líder tecnológica.

Assim, a inserção em cadeias produtivas fragmentadas pode ser uma alternativa interessante no processo de convergência, principalmente quando políticas de aprendizado tecnológico são postas em marcha e quando as vantagens estáticas associadas à mão de obra barata sejam gradualmente substituídas por vantagens comparativas dinâmicas.

Por outro lado, para os países classificados como seguidores tecnológicos deficitários, que pouco produzem alta tecnologia e que possuem sistemas de inovação incapazes de transformar conhecimento gerado endogenamente em tecnologia produtiva, o desafio de realizar a convergência tecnológica é ainda maior, pois, diferente de outros países seguidores, estes se colocam de forma um tanto passiva frente às dinâmicas tecnológicas mundiais. Para este grupo, que exerce um pequeno poder de atração de atividades fragmentadas, apenas as demandas associadas ao mercado interno não têm sido suficientes para a geração de tecnologia endógena, uma vez que a ineficácia das políticas industriais torna mais vantajosa a importação de tecnologia produtiva.

Porém, é possível que haja um movimento de reversão no processo de difusão espacial da produção. Conforme analisado, existem países líderes tecnológicos que apenas com muita dificuldade abrem mão de suas atividades industriais. De fato, a julgar por recentes notícias veiculadas em publicações especializadas, o processo de desindustrialização em marcha no mundo desenvolvido já preocupa fazedores de políticas e, por isso, pode ser refreado no sentido de evitar seus efeitos deletérios sobre a economia.

Existe, então, um grupo de países que, mesmo na presença de alta renda per capita e elevado consumo interno, consegue evitar o deslocamento da manufatura para países de baixos salários. Estes países desenvolvidos e líderes tecnológicos apoiam-se fortemente na execução de políticas industriais efetivas que, não só são capazes de criar tecnologia, mas de fazê-la ser utilizada em processos produtivos internos.

Apesar dessa crescente participação de países de baixa renda per capita na produção mundial de alta tecnologia, não existem indícios de que esteja ocorrendo uma reversão significativa na dinâmica da pesquisa ou dos fluxos tecnológicos entre os países. Verifica-se, sim, uma transferência da produção, pois esta perde relevância para a grande firma, migrando para países de custos menores. Mas, com base neste trabalho, pouco se pode afirmar sobre uma possível reversão dos fluxos de conhecimento. O que se observou foi justamente o contrário, pois, em que pese à convergência tecnológica em curso em alguns

países da antiga periferia, bem como o processo de internacionalização da P&D, a geração de conhecimento de alta pervasividade permanece ainda concentrada nos países ricos de alta renda per capita.

Mesmo que em termos absolutos esteja ocorrendo um aumento dos gastos em P&D na antiga periferia do sistema e um aumento do IDE com estas características, se existe uma nova geografia da produção de alta tecnologia, não parece haver uma nova geografia da pesquisa e do desenvolvimento. Não se nega aqui a relevância da nova geografia das indústrias de alta tecnologia para as estratégias de desenvolvimento econômico da periferia, apenas questiona-se o nível de encadeamentos possíveis com base na dinâmica subjacente.

Por mais que a produção de alta tecnologia não seja sinônimo de desenvolvimento econômico, a sua realização exige do país receptor algum esforço de mudança técnica, o que leva ao fortalecimento do processo de industrialização e, conseqüentemente, ao desenvolvimento econômico. Porém, tal como mencionado, de forma alguma este é um processo direto no qual a realização de exportações classificadas como de alta intensidade está associada a encadeamentos positivos e efeitos multiplicadores no interior do tecido industrial. Para tanto, torna-se fundamental enraizar ou internalizar a cadeia produtiva principalmente a jusante das exportações. Há que se ir, então, além da fragmentação.

Assume-se que esse trabalho foi executado com base numa série de simplificações e generalizações que, se não levadas em conta, podem invalidar as afirmações aqui feitas. De fato, este trabalho apenas arranhou a superfície de um objeto extremamente complexo, que envolve aspectos de comércio exterior, de política industrial, de política científica e tecnológica, de mudança técnica, de macroeconomia, enfim, de um leque abrangente de áreas do conhecimento que só poderiam ser tratadas num nível mais superficial de análise. Mas, de modo algum, isto significa que as suposições feitas ao longo do trabalho não tenham validade. As suposições são válidas dentro do escopo de análise pretendido e executado. Obviamente, esperam-se variações nas dinâmicas espaciais, principalmente quando analisa-se o nível de produto e não de setor.

A dinâmica encontrada com base nesse modelo simplificado é fruto, então, de dois movimentos concomitantes e paralelos: o conjunto de inovações nas tecnologias de produção e de logística, bem como o processo de convergência tecnológica da antiga periferia do sistema. Estes dois movimentos permitiram que a produção de alta tecnologia fosse viabilizada em lugares geograficamente distantes e que essa produção pudesse migrar para países de custos produtivos inferiores, mesmo que as atividades por eles executadas não sejam triviais como as da indústria tradicional.

Foi constatado, portanto, que a nova geografia das indústrias que emerge dessa nova dinâmica espacial, apesar de manter as atividades de maior complexidade nos países desenvolvidos, possui implicações para os fluxos de comércio internacional e, portanto, para os saldos comerciais dos países. Ou seja, a transferência da produção traz, sim, alguma redistribuição da riqueza, mesmo quando as atividades tecnologicamente mais nobres permanecem concentradas em países desenvolvidos.

O traço marcante da atual geografia das indústrias de alta tecnologia diz respeito a uma forte dispersão internacional da produção e do consumo, mas, à manutenção da concentração da tecnologia. Do ponto de vista da manufatura esta nova geografia é um tanto diferente daquela observada ao longo de todo o século XX. Nesta nova dinâmica espacial, a produção de artefatos de alta elasticidade renda da demanda ocorre mesmo em países com baixa renda per capita e, muitas vezes, independentemente do mercado local.

Nessa reordenação espacial, a América Latina se marginalizou, parte da América do Norte, Europa e Japão criaram novas formas de apropriação nas cadeias de valor e o leste da Ásia reemergiu como parque fabril de produtos de alta tecnologia.

Assim, nesta nova geografia, talvez, pela primeira vez, coexistam dois centros dinâmicos da produção capitalista. Um ligado à geração de tecnologia e conhecimento, notadamente associado a países desenvolvidos, e outro ligado à produção física dos bens e, por isso, associado a países de custos de produção

inferiores. Portanto, acredita-se que exista uma nova divisão internacional do trabalho e que ela seja fruto da recente possibilidade de fragmentar a produção.

No contexto dos achados dessa pesquisa, é importante ressaltar que, ao longo de todo o trabalho aqui apresentado, uma longa lista de suposições foram feitas, a maioria ainda necessita de um maior esforço de análise com a respectiva formalização. Contudo, alguns pontos parecem possuir lógica, encontrando inclusive, respaldo numa análise empírica, mesmo que essa análise fundamente-se na estatística descritiva e numa argumentação histórico/bibliográfica, as quais, se reconhece, permitem grande arbitrariedade. Seja como for, esta tese, que teve um caráter exploratório, encontrou fortes evidências de novos fenômenos espaciais, que tanto redesenham continuamente o mapa produtivo mundial quanto estabelecem novas relações comerciais. Por estes motivos, acredita-se que este trabalho contribui para um primeiro esforço de identificação de um problema que ainda exigirá maior esforço de análise.

Voltando então às questões que deram origem e motivaram o presente estudo, pode-se afirmar que a atual dinâmica espacial da indústria mundial de alta tecnologia é marcada pela separação entre a produção e a geração de tecnologia. Essa separação enseja o estabelecimento de intrincada geografia das cadeias produtivas, na qual o elemento de mudança e deslocamento está sempre a ameaçar os encadeamentos locais que as atividades de alta tecnologia possam causar nas demais atividades manufatureiras.

Nessa geografia intrincada e volátil, os países se posicionam como: líderes tecnológicos superavitários; líderes tecnológicos deficitários; seguidores tecnológicos superavitários; e seguidores tecnológicos deficitários. Em que pese à manutenção da localização da maior parte das atividades intensivas na agregação de valor nos países líderes tecnológicos, a transferência da produção para países estrangeiros, quase sempre de baixa renda per capita, trouxe consequências para a divisão do poder econômico mundial. Se nas estratégias das empresas de marca de países desenvolvidos a produção pouco contribui na geração de valor, nas estratégias nacionais elas se tornaram, principalmente para a antiga periferia

do sistema, muito relevantes à consolidação dos processos de industrialização apenas recentemente iniciados.

O país que hoje é especializado, por exemplo, na montagem final de produtos de alta tecnologia pode, dessa forma, estar inserido numa trajetória de convergência ou pode apenas estar, de forma estática, explorando vantagens comparativas. No contexto de tal convergência, arrisca-se dizer que, além de uma conjuntura internacionalmente favorável, é preciso que haja esforço deliberado, principalmente através de política pública.

A dinâmica produtiva mundial resultante dos processos aqui descritos e analisados é, portanto, muito mais volátil, integrada e interdependente do que jamais foi e se deve não só aos fatores considerados neste trabalho, mas também a uma miríade de outros elementos que, em razão de escolhas metodológicas, não puderam ser aqui tratados. De fato, essa é uma das limitações deste trabalho, pois optou-se por utilizar apenas três aspectos: produção, consumo e tecnologia para explicar movimentos espaciais extremamente amplos e que estão associados a inúmeros outros fatores, tais como, incentivos fiscais, estratégias geopolíticas, estratégias empresarias que fogem da simples maximização de lucros etc.

Acredita-se, assim que, mais do que responder questões, esse trabalho abriu novas frentes de pesquisa dentre as quais se destacam: (a) a óbvia necessidade de desagregar as análises espaciais, tanto ao nível dos setores que compõem a alta tecnologia quanto dos produtos manufaturados nestes setores, (b) o estabelecimento e consolidação de uma métrica precisa de avaliação dos processos de fragmentação, que possa, através da respectiva formalização, comprovar enfaticamente que existem diferentes localizações geográficas em função das etapas de produção, (c) a análise do impacto da inserção em cadeias fragmentadas de produção para o conjunto dos tecidos produtivos locais receptores de tais atividades, e finalmente (d) um estudo preciso dos determinantes (talvez com definição clara dos indicadores) do poder de atração nacional frente às atividades fragmentadas.

É preciso chamar atenção também para o fato de que se está observando um processo ainda em movimento, que pode, portanto, se modificar no médio prazo. A posição chinesa é, nesse sentido, um tanto interessante, pois, ela pode tanto estar realizando um processo de convergência com o centro desenvolvido ou criando uma nova forma de desenvolvimento econômico que nunca convirja para os padrões observados em países desenvolvidos.

Vale lembrar que o quadro apresentado neste trabalho foi feito com grosso pincel. Provavelmente muitas imprecisões foram cometidas, especialmente quando da classificação de países tão distintos em apenas quatro grupos. Contudo, acredita-se que a mecânica geral de funcionamento da localização espacial da produção de alta tecnologia esteja, em alguma medida, próxima da realidade. Talvez a maior contribuição deste trabalho diga respeito ao fato de que ele chama atenção para a necessidade de se repensar a atual geografia das indústrias sob a perspectiva de uma produção mundialmente fragmentada. Assim, se no passado recente a observação dos fluxos de produção restritos à tríade era suficiente para compreender a dinâmica espacial da alta tecnologia, atualmente estes fluxos apenas explicam parte do fenômeno.

O trabalho, através de sua preocupação em apresentar as macrodinâmicas, concentrou-se na análise de casos antagônicos e extremos. Mesmo assim, se reconhece a possibilidade de existirem outras dinâmicas espaciais, todas, porém, dentro do espectro aqui discutido. De fato, este trabalho não teve a pretensão de explicar detalhadamente todas as dinâmicas espaciais da indústria de alta tecnologia, seu objetivo foi muito mais modesto, restringindo-se a apresentar um fenômeno espacial contemporâneo de amplas repercussões internacionais.

Anexo estatístico

Tabela anexa 1 – Classificação da indústria de alta tecnologia segundo *Standard International Trade Classification*, terceira revisão – SITC Rev.3

Código SITC REV. 3	Descrição
54	Produtos farmacêuticos e medicinais
75	Máquinas de escritório e equipamentos automáticos de processamento de dados
76	Aparelhos e equipamentos de telecomunicação, gravação e reprodução de som
774	Aparelhos de eletrodiagnósticos para fins medicinais, cirúrgicos ou veterinário e equipamentos radiológicos.
776	Válvulas, tubos, diodos, transistores e dispositivos semicondutores similares
792	Aeronaves e equipamentos associados, espaçonaves (incluindo satélites) e veículos lançadores de espaçonaves e partes associadas
88	Aparelhos fotográficos, equipamentos, insumos e bens óticos, relógios e outros
87	Aparelhos e instrumentos científicos, de controle e outros

Fonte: ONU.

Tabela anexa 2 – Taxas de câmbio, moedas locais por US dólar (2006)

País	Moeda	Câmbio do ano
Brasil	REAL	2,1768
Canadá	DÓLAR Canadense	0,8819
China	YUAN	7,9719
Coréia do Sul	WON	954,5874
Dinamarca	KRONE	5,9406
México	PESO	10,9060
Reino Unido	POUND	0,5429
Cingapura	DOLAR de Cingapura	1,5881
Suécia	KRONA	7,3705
União Europeia	EURO	0,7964

Fonte: BCE.

Tabela anexa 3 - Índice de preços ao consumidor (1997-2007)

Ano	Varição anual
1997	0,023
1998	0,016
1999	0,022
2000	0,034
2001	0,028
2002	0,016
2003	0,023
2004	0,027
2005	0,034
2006	0,032
2007	0,028

Fonte: US Department of Labor.

Tabela anexa 4 - Principais produtores mundiais de alta tecnologia, por indicadores

País	Consumo aparente	Valor bruto da produção	Renda per capita	P&D (alta tecnologia)	Pessoal ocupado	Importações	Exportações	Salário médio	Titulados mestres ou doutores em áreas inovativas
Estados Unidos	781.036.292,67 9,00	706.363.986.887,00	44.663,00	116.218.677.861,00	2.035.590,00	392.649.243,24 4,00	317.976.937.452,00	80.786,87	43.144
China	492.644.051,79 0,28	526.796.051.790,28	2.072,00	5.725.062.340,15	1761300(2)	247.299.000,00 0,00	281.451.000.000,00	2.624,48	158.921
Japão	373.095.688,99 4,26	409.529.136.402,26	34.148,00	43.569.463.032,15	1.411.344,00	114.324.284,95 4,00	152.163.621.753,00	46.244,54	8.406
Coreia	159.874.191,67 9,89	202.975.738.059,89	19.707,00	11.904.326.859,78	743.295,00	63.110.451.823,00	106.211.998.203,00	32.500,30	7.112
Alemanha	181.060.564,47 8,26	191.417.336.478,26	35.408,00	15.957.052.200,32	728.716,00	199.534.132,00 0,00	209.890.904.000,00	65.620,34	18.952
França	156.503.730,32 1,00	162.587.644.000,00	35.848,00	12.581.237.560,00	332.930,00	101.959.219,07 8,00	108.043.283.408,00	73.586,84	11.676
Reino Unido	94.801.654,932,19	117.001.225.705,19	40.251,00	12.918.150.159,15	352.294,00	134.692.496,78 3,00	153.281.463.598,00	68.231,01	15.683
Itália	104.838.021,75 4,45	86.387.285.641,45	31.614,00	3.166.216.385,60	365.647,00	58.900.640.876,00	40.449.904.763,00	49.462,74	9.856
Cingapura	82.958.390,635,00(4)	114.508.800.000,00(4)	32.960,00	1.433.660.841,48	218.360,00	101.238.219,89 3,00	132.788.629.258,00	35.730,08(1)	-
Irlanda	24.245.207,404,23	48.796.935.933,23	52.042,00	1.007.746.306,28	68.990,00	26.189.968.535,00	50.741.697.064,00	52.433,91	588
Canadá	61.626.734,039,82(1)	39.752.194.804,82(1)	39.162,00	4.787.764.558,71	158.664,00	58.288.522.034,00	36.413.982.799,00	60.537,48	
Suécia	29.074.131.161,62	36.505.884.984,62	43.949,00	4.604.062.518,91	82.618,00	21.880.163.467,00	29.311.917.290,00	74.078,28	4.146
Espanha	61.670.889,324,11	35.245.622.795,11	27.989,00	1.858.556.698,40	163.179,00	47.448.387.454,00	21.023.120.925,00	39.071,36	5.970
Brasil	43.147.988.797,73	31.308.881.571,73	5.787,00	765.480.957,76	307.759,00	18.830.789.117,00	8.800.890.997,00	13.273,78	-
Holanda	23.189.242.135,42	27.957.172.654,42	41.459,00	2.570.213.200,00	82375(2)	94.370.852.592,00	99.138.783.111,00	63.407,33(2)	1.224
México	14.962.492.082,81(3)	14.185.326.564,81(3)	9.140,00	153.906.268,48	75656(2) (3)	60.415.102.426,00(3)	59.637.936.908,00(3)	21.298,51(2) (3)	2.004

selecionados, 2006

Fonte: OCDE, UE, IBGE, ECB, NBSC, INEGRI, SINGSTAT, COMTRADE e WORLKBANK.

- (1) Estimado.
- (2) Não inclui o setor aeroespacial.
- (3) Não inclui as maquiladoras.
- (4) Inclui todo o setor de equipamentos de transporte.

Tabela anexa 5 - Participação percentual dos setores na composição do valor adicionado total da indústria de alta tecnologia. Alemanha, 2000-2007

Ano	Setores				
	Aeroespacial	Farmacêutico	Informática	Eletrônicos e comunicação	Precisão
2000	5.466.402.462,00	9.241.162.255,00	4.130.000.000,00	11.850.000.000,00	16.920.000.000,00
2001	6.391.508.315,00	10.138.578.761,00	3.290.000.000,00	8.710.000.000,00	17.130.000.000,00
2002	6.523.227.644,00	10.194.201.656,00	3.450.000.000,00	9.470.000.000,00	16.920.000.000,00
2003	5.662.736.928,00	11.590.187.805,00	3.680.000.000,00	10.750.000.000,00	18.070.000.000,00
2004	5.524.301.193,00	12.656.643.199,00	4.100.000.000,00	12.280.000.000,00	18.640.000.000,00
2005	7.146.374.639,00	14.492.244.192,00	3.830.000.000,00	11.520.000.000,00	20.050.000.000,00
2006	6.345.169.575,00	15.359.164.177,00	3.710.000.000,00	12.230.000.000,00	22.050.000.000,00
2007	6.689.108.795,00	16.688.952.134,00	4.340.000.000,00	15.180.000.000,00	23.550.000.000,00

Fonte: OCDE.

Tabela anexa 6 - Titulados doutores em engenharias, por países selecionados da OCDE, 2008

Países	Titulados
Estados Unidos	8.366
Alemanha	2.541
Coréia	2.242
Reino Unido	2.357
Japão	3.636
França	1.274
Suécia	962
Canadá	891
Austrália	846
Portugal	837
Espanha	682

Fonte: OCDE.

Tabela anexa 7 – Índice de especialização das exportações alemãs totais relativa à OCDE, por setores de alta tecnologia(em %). 2008

Setor	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Aeroespacial	95,62	114,20	112,42	108,14	105,63	103,01	102,60	105,92	88,47	95,28
Farmacêutico	114,35	108,14	107,66	80,39	82,92	95,66	99,85	102,85	103,43	110,63
Informática	51,65	57,60	54,33	60,26	63,31	75,97	81,34	81,93	85,71	85,73
Equipamentos eletrônicos e de comunicação	55,53	59,32	65,18	64,90	63,26	66,15	66,19	60,34	61,74	56,74
Instrumentos de precisão	106,60	103,64	104,48	108,27	102,20	101,17	105,82	107,42	106,45	104,66

Fonte: OCDE.

Tabela anexa 8 – Participação percentual da União Europeia como destino das exportações alemãs, por setores de alta tecnologia (em %). 2000-2008

Setor	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Aeroespacial	61,1	56,1	59,2	62,0	61,3	61,6	58,6	67,3	67,5
Fármacos	45,6	48,3	51,0	55,7	62,7	65,0	64,8	65,9	64,6
Informática	75,1	75,3	74,9	73,8	74,2	74,4	73,8	73,1	70,5
Equipamentos eletrônicos e de comunicação	65,7	63,0	64,4	58,8	59,7	60,8	60,6	58,5	60,9
Instrumentos de precisão	52,8	50,8	49,8	48,9	47,5	48,5	47,1	47,4	46,2

Fonte: OCDE.

Tabela anexa 9 - Gastos com seguro desemprego, países selecionados da OCDE (em percentual do PIB), 2007

Países	Gastos
Dinamarca	1,92
Alemanha	1,38
França	1,36
Holanda	1,14
Portugal	1,00
Irlanda	0,98
Suécia	0,67
Canadá	0,56
Grécia	0,46
Itália	0,44
Austrália	0,41
Estados Unidos	0,33
Polônia	0,31
Japão	0,31
Coréia	0,25
Reino Unido	0,20

Fonte: OCDE.

Tabela anexa 10 – Saldo comercial da indústria de alta tecnologia, por setores (em US\$ correntes). Alemanha, 2000-2008

Ano	Setor				
	Aeroespacial	Fármacos	Informática	Equipamentos eletrônicos e de comunicação	Instrumentos de precisão
2000	- 915.689.700,00	4.844.415.444,00	- 12.351.753.249,00	- 1.736.428.309,00	6.862.278.489,00
2001	3.367.917.392,00	7.799.586.857,00	- 12.413.258.661,00	- 2.520.206.369,00	7.843.659.555,00
2002	4.621.709.080,00	- 9.890.102,00	- 11.272.761.157,00	- 166.847.358,00	10.273.928.389,00
2003	3.588.306.169,00	3.106.187.937,00	- 11.021.616.985,00	- 834.783.127,00	12.674.077.206,00
2004	1.731.116.353,00	7.846.139.868,00	- 7.728.232.933,00	- 1.903.959.440,00	16.837.939.059,00
2005	1.310.241.000,00	7.636.925.000,00	- 9.595.617.000,00	- 3.455.826.000,00	19.743.042.000,00
2006	- 681.263.000,00	9.745.010.000,00	- 10.942.983.000,00	- 9.180.781.000,00	21.416.789.000,00
2007	4.525.621.000,00	12.455.820.000,00	- 9.189.151.000,00	- 7.778.647.000,00	24.412.372.000,00
2008	4.573.764.000,00	19.686.165.000,00	- 9.862.908.000,00	- 12.318.458.000,00	25.553.835.000,00

Fonte: OCDE.

Tabela anexa 11 - Gastos em P&D da indústria de alta tecnologia, por países selecionados (US\$ correntes). 2006

Países	Setor					Total
	Aeroespacial	Fármacos	Informática	Equipamentos eletrônicos e de comunicação	Instrumentos de precisão	
Estados Unidos	16.367.000.000,00	38.901.000.000,00	7.367.808.038,00	31.184.869.823,00	22.398.000.000,00	116.218.677.861,00
Japão	457.984.636,48	10.091.010.069,85	15.060.393.086,74	13.038.479.230,32	4.921.596.008,77	43.569.463.032,15
Reino Unido	3.381.517.022,87	7.273.760.990,42	55.990.260,07	1.389.681.938,60	817.199.947,19	12.918.150.159,15
França	3.044.578.880,00	4.156.789.360,00	1.890.431.360,00	3.274.730.360,00	1.890.431.360,00	14.256.961.320,00
Alemanha	2.562.185.840,32	4.580.052.120,00	688.068.800,00	4.387.443.080,00	3.739.302.360,00	15.957.052.200,32
China	417.713.794,76	659.812.180,31	914.454.523,66	3.473.421.914,96	259.659.926,47	5.725.062.340,15

Fonte: OCDE, UE, BCE, NBSC.

Tabela anexa 12 – Participação percentual nas patentes mundiais triádicas em áreas tecnológicas selecionadas, por países selecionados. 2006

País	Biotecnologia	TIC's	Nanotecnologia	Química e metalurgia	Engenharia mecânica e armamentos	Física	Eletricidade
Japão	7,25	35,00	26,14	15,06	40,74	38,39	34,20
Estados Unidos	66,84	43,71	48,86	54,34	40,14	40,72	41,12
União Europeia	16,58	10,39	10,23	22,27	14,13	10,37	13,06
China	0,52	0,54	-	0,74	-	0,43	0,68

Fonte: OCDE.

Tabela anexa 13 - Patentes concedidas, segundo área tecnológica. Estados Unidos, 1995-2008

Tecnologias	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Aeroespacial	306	288	280	452	422	460	495	519	482	449	440	471	404	338
Automação e precisão	2.669	2.857	2.525	3.128	3.057	3.343	3.592	4.007	4.383	4.295	3.940	4.820	4.493	4.600
Biotecnologia	806	1.216	1.739	2.358	2.438	2.156	2.351	2.121	1.849	1.625	1.336	1.682	1.631	1.372
Informática	3.995	5.265	5.713	9.606	10.219	10.410	10.917	11.049	12.118	13.332	12.616	17.618	15.404	16.753
Eq.médicos eletrônicos	930	889	912	1.379	1.279	1.482	1.509	1.587	1.619	1.265	692	1.040	1.103	915
Equipamentos médicos	3.015	3.265	3.388	4.529	4.485	4.319	4.236	3.854	4.595	3.608	2.799	3.253	2.881	2.524
Farmacêuticos	1.494	1.890	2.609	2.949	2.966	2.776	3.023	3.193	2.911	2.158	1.695	2.253	2.033	1.980
Semicondutores	2.581	2.578	2.689	3.660	4.186	4.905	5.695	6.015	6.263	6.282	5.514	5.665	5.255	4.955
Telecom	3.758	4.372	4.153	6.036	6.422	6.741	7.089	7.189	7.548	8.202	7.678	11.109	9.711	9.696

Fonte: NSF.

Tabela anexa 14 – Evolução do mercado consumidor (consumo aparente) de produtos inseridos em setores de alta tecnologia, por setores da alta tecnologia (US\$ correntes). Estados Unidos, 2002-2006

Setor	2002	2003	2004	2005	2006
Aeroespacial	93.197.603.664,00	95.972.924.771,00	87.322.116.993,00	99.844.061.961,00	88.573.778.181,00
Farmacêutico	147.136.155.572,00	162.508.420.793,00	166.911.368.936,00	178.503.897.434,00	196.772.483.913,00
Informática	111.050.244.305,00	109.629.278.646,00	114.292.368.126,00	118.459.830.010,00	125.121.891.079,00
Equipamentos eletrônicos e de comunicação	210.872.338.635,00	211.576.125.959,00	230.692.497.125,00	246.340.278.105,00	253.986.710.939,00
Instrumentos de precisão	246.958.249.902,00	264.455.268.106,00	283.311.497.935,00	306.384.345.529,00	325.637.303.773,00

Fonte: OCDE e NSF.

Tabela anexa 15 - Evolução do salário médio anual da indústria de alta tecnologia, por setores de alta tecnologia (US\$ correntes anuais). Estados Unidos, 2000-2006

Setores	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Aeroespacial	59.343,61	61.385,42	64.956,12	67.799,51	72.803,46	74.452,80	78.799,07
Farmacêutico	63.360,99	63.294,74	65.434,47	69.659,79	72.821,85	76.637,49	80.373,48
Informática	73.770,86	61.841,46	70.589,57	84.426,41	79.486,53	80.941,43	81.693,69
Equipamentos eletrônicos e de comunicação	71.046,50	63.921,44	60.178,24	62.240,80	66.222,21	70.160,80	74.634,72
Instrumentos de precisão	70.355,01	66.724,15	71.509,41	74.669,80	80.187,70	84.898,62	90.352,27

Fonte: OCDE e NSF.

Tabela anexa 16 – Saldo comercial da indústria de alta tecnologia, por países selecionados e grupo selecionado de países (US\$ milhões correntes)⁸². 1995-2008⁽¹⁾

Países	Estados Unidos	China	Asia-9	União Europeia	América Latina
1995	- 15.230,00	- 6.413,00	46.009,00	- 22.255,00	- 20.035,00
1996	- 3.215,00	- 3.625,00	53.294,00	- 21.892,00	- 21.499,00
1997	7.159,00	- 3.873,00	53.674,00	- 19.070,00	- 26.583,00
1998	4.031,00	- 888,00	73.198,00	- 28.323,00	- 23.574,00
1999	- 11.031,00	1.389,00	88.054,00	- 37.500,00	- 19.205,00
2000	- 32.062,00	- 810,00	106.567,00	- 38.769,00	- 21.549,00
2001	- 16.720,00	- 1.276,00	92.824,00	- 21.388,00	- 19.606,00
2002	- 40.620,00	6.574,00	104.427,00	- 11.838,00	- 16.937,00
2003	- 52.947,00	12.278,00	116.289,00	- 19.860,00	- 16.464,00
2004	- 71.205,00	37.406,00	149.232,00	- 28.763,00	- 28.273,00
2005	- 79.528,00	60.624,00	170.654,00	- 18.214,00	- 34.277,00
2006	- 76.103,00	85.211,00	197.934,00	- 42.164,00	- 43.047,00
2007	- 82.401,00	97.310,00	219.583,00	- 47.120,00	- 46.866,00
2008	- 79.630,00	128.662,00	220.643,00	- 32.211,00	- 58.151,00

Fonte: NSF.

(1) Dados para os Estados Unidos e China apresentado pela NSF, nem sempre correspondem aos dados disponibilizados pela OCDE.

⁸² Asia-9: Índia, Indonésia, Malásia, Filipinas, Singapura, Coréia, Taiwan, Tailândia e Vietnam.

Tabela anexa 17 – Saldo comercial da indústria de alta tecnologia, por setores da indústria de alta tecnologia (US\$ milhões correntes). Estados Unidos, 1995-2008

Setores	Aeroespacial	Farmacêutico	Informática	Equipamentos eletrônicos e de comunicação	Instrumentos de precisão
1995	19.277,00	1.010,00	- 20.877,00	- 18.937,00	4.298,00
1996	24.816,00	254,00	- 20.748,00	- 13.388,00	5.851,00
1997	30.837,00	- 507,00	- 23.360,00	- 7.458,00	7.646,00
1998	39.310,00	- 1.224,00	- 29.086,00	- 10.768,00	5.799,00
1999	34.629,00	- 2.295,00	- 35.839,00	- 12.463,00	4.936,00
2000	22.794,00	- 1.572,00	- 34.570,00	- 23.894,00	5.180,00
2001	23.598,00	- 3.203,00	- 26.458,00	- 16.940,00	6.283,00
2002	25.815,00	- 8.968,00	- 37.226,00	- 23.823,00	3.582,00
2003	22.648,00	- 12.845,00	- 39.773,00	- 25.078,00	2.101,00
2004	25.608,00	- 11.587,00	- 49.944,00	- 38.221,00	2.939,00
2005	33.321,00	- 13.087,00	- 51.713,00	- 51.895,00	3.846,00
2006	45.816,00	- 16.864,00	- 56.441,00	- 55.123,00	6.508,00
2007	54.082,00	- 18.874,00	- 55.339,00	- 70.393,00	8.123,00
2008	50.417,00	- 20.566,00	- 49.190,00	- 69.614,00	9.323,00

Fonte: NSF.

Tabela anexa 18 – P&D total (% do PIB). China, 1991-2006

Ano	Gastos
1991	0,70
1992	0,80
1993	0,70
1994	0,70
1995	0,60
1996	0,60
1997	0,64
1998	0,69
1999	0,83
2000	1,00
2001	0,95
2002	1,07
2003	1,13
2004	1,23
2005	1,33
2006	1,42

Fonte: MST.

Tabela anexa 19 – Evolução do investimento direto externo, por países asiáticos selecionados (US\$ milhões correntes), 1980-2009

Ano	China, Hong Kong	Coréia	Singapura
1980	177.755,32	1.138,63	5.350,65
1981	179.818,11	1.273,79	7.025,77
1982	181.054,96	1.363,16	8.310,00
1983	182.199,09	1.452,81	9.058,00
1984	183.486,83	1.585,40	9.938,18
1985	183.219,61	1.803,29	10.619,80
1986	185.107,92	2.238,95	11.357,66
1987	191.357,75	2.840,80	14.984,84
1988	196.336,70	3.689,15	18.394,41
1989	198.377,80	4.426,41	21.675,99
1990	201.652,87	5.185,61	30.468,04
1991	202.673,73	6.318,12	35.590,09
1992	206.561,20	6.885,36	36.206,94
1993	213.490,82	7.431,63	41.643,20
1994	221.318,76	8.226,96	54.880,43
1995	227.532,12	9.497,42	65.644,24
1996	237.992,30	11.509,56	89.494,00
1997	249.360,44	14.151,00	74.768,31
1998	225.078,20	19.223,29	86.839,63
1999	405.265,99	29.106,22	102.533,49
2000	455.469,47	38.109,80	110.570,30
2001	419.347,57	53.210,00	116.939,23
2002	336.278,28	62.660,00	132.057,91
2003	381.342,01	66.070,00	144.746,85
2004	453.060,01	87.770,00	169.432,71
2005	523.219,48	104.880,00	194.580,67
2006	742.416,10	119.140,00	241.569,74
2007	1.177.536,24	119.630,00	322.977,77
2008	816.184,38	94.680,00	326.789,83
2009	912.166,20	110.770,00	343.598,66

Fonte: UNCTAD.

Tabela anexa 20 – Consumo aparente e exportações, indústria de alta tecnologia (US\$ milhões correntes). China, 1995-2006

Ano	Consumo aparente	Exportações
2001	172.427,82	45.500,00
2002	204.302,78	67.900,00
2003	266.855,72	110.300,00
2004	344.236,03	165.400,00
2005	410.601,74	218.200,00
2006	492.600,39	281.500,00

Fonte: MST.

Tabela anexa 21 – Participação das importações provenientes da China nas importações totais dos Estados Unidos (% do total). Indústria de alta tecnologia, 2000-2008

Ano	Participação chinesa
2000	8,73
2001	9,85
2002	13,16
2003	16,65
2004	20,99
2005	24,28
2006	26,19
2007	26,90
2008	27,15

Fonte: OCDE.

Tabela anexa 22 – Participação das importações provenientes da China no mercado consumidor dos Estados Unidos, indústria de alta tecnologia (em % do mercado consumidor). 2000-2006

Ano	Participação chinesa
2000	3,50
2001	3,81
2002	5,31
2003	6,72
2004	9,76
2005	11,49
2006	13,17

Fonte: OCDE.

Tabela anexa 23 - Saldo comercial da indústria chinesa de alta tecnologia (US\$ milhões correntes), por setores industriais. 1995-2008

Setores	Aeroespacial	Farmacêutico	Informática	Equipamentos eletrônicos e de comunicação	Instrumentos de precisão
1995	-3620	289	3530	-7256	644
1996	-4270	228	4890	-6006	1533
1997	-4226	227	5705	-7928	2349
1998	-6638	205	7934	-5816	3427
1999	-3811	360	9811	-8132	3161
2000	-2710	467	9899	-11303	2837
2001	-5219	517	11618	-8449	258
2002	-5229	633	22415	-9377	-1867
2003	-5526	995	39531	-15871	-6851
2004	-5163	1271	63400	-8483	-13619
2005	-8019	1496	82353	1407	-16612
2006	-12336	1716	99125	15433	-18730
2007	-14806	2576	111617	21531	-23612

Fonte: NSF.

Devido a diferenças na forma de harmonizar a STIC com a ISIC, dados de comércio exterior da indústria de alta tecnologia divergem entre as bases disponíveis. Principalmente entre a NSF e a OCDE.

Tabela anexa 24 – Formados em curso universitário, por área de atuação (em % do total). Brasil, 2008

Área	Formados	%
Educação	168.983,00	21,11
Humanidades e Artes	29.122,00	3,64
Ciências Sociais, Negócios e Direito	328.239,00	41,01
Ciências, Matemática e Computação	61.528,00	7,69
Engenharia, Produção e Construção	47.098,00	5,88
Agricultura e Veterinária	16.305,00	2,04
Saúde e Bem-Estar Social	128.389,00	16,04
Serviços	20.654,00	2,58
Total	800.318,00	100,00

Fonte: INEP.

Tabela anexa 25 - Participação do investimento público da União no PIB. Brasil, 1980-2005 (em % do PIB)

Ano	Investimento
1980	0,74
1981	1,50
1982	0,97
1983	0,75
1984	0,54
1985	0,68
1986	1,27
1987	1,54
1988	1,45
1989	0,68
1990	1,06
1991	1,20
1992	1,00
1993	1,39
1994	1,10
1995	0,73
1996	0,74
1997	0,87
1998	0,91
1999	0,71
2000	0,92
2001	1,22
2002	0,75
2003	0,41
2004	0,62
2005	0,90

Fonte: GIAMBIAGI (2004).

Tabela anexa 26 - Intensidade da P&D, indústria de alta tecnologia (% do VBP). Países selecionados, 2006

País	Intensidade
Estados Unidos	16,45
China	1,09
Japão	10,64
Coréia	5,86
Alemanha	8,34
França	7,74
Reino Unido	11,04
Itália	3,67
Cingapura	1,25
Irlanda	2,07
Canadá	12,04
Suécia	12,61
Espanha	5,27
Brasil	2,44
Holanda	9,19
México	1,08

Fonte: OCDE, UE, IBGE, ECB, NBSC, INEGRI, SINGSTAT.

Tabela anexa 27 - Fontes selecionadas de informação para a inovação (% das empresas inovadoras que conferiram importância pelo menos alta às fontes selecionadas). Brasil, 2006-2008

Complexos industriais	Atividades internas de Pesquisa e Desenvolvimento	Aquisição externa de Pesquisa e Desenvolvimento	Aquisição de outros conhecimentos externos	Aquisição de máquinas e equipamentos	Projeto industrial e outras preparações técnicas
Outros equipamentos de transporte	8,05	1,11	6,94	71,21	20,38
Farmacêutica	35,70	9,51	9,48	49,98	40,35
Complexo eletrônico	32,11	8,20	13,50	40,44	36,49

Fonte: IBGE.

Tabela anexa 28 – Produtividade do trabalho (VTI/Trabalhador) em setores de alta tecnologia, por países selecionados (US\$ correntes anuais). 2006

Países	Produtividade
Estados Unidos	169.863,28
França	120.622,95
Japão	106.762,07
Alemanha	101.854,49
Coréia	75.155,89
Cingapura	75.100,75
China	74.073,13
Brasil	57.151,86

Fonte: NSF, OCDE, IBGE, NBSC, SINGSTAT.

Tabela anexa 29 – Evolução real da produtividade, por setores de alta tecnologia (US\$ de 1996). Brasil, 1996-2007

Setores	Aeroespacial	Farmacêutico	Informática	Equipamentos eletrônicos e de comunicação	Instrumentos de precisão
1996	45.434,94	74.548,73	56.590,21	66.806,49	27.117,83
1997	66.247,70	72.641,00	55.634,19	68.770,83	26.881,75
1998	63.655,77	68.904,57	56.029,02	60.121,46	24.799,18
1999	78.598,43	48.225,41	52.522,04	44.327,37	17.246,56
2000	92.390,56	43.289,74	66.297,16	51.568,82	20.283,79
2001	100.499,02	31.057,42	71.813,09	47.406,00	16.337,28
2002	91.582,99	30.388,73	43.172,03	36.901,66	14.206,28
2003	54.110,51	29.936,48	32.786,16	29.372,86	12.261,44
2004	61.899,58	33.586,28	27.814,78	35.640,99	15.573,45
2005	46.323,38	45.543,81	29.520,05	39.905,51	19.529,05
2006	44.265,96	54.652,86	32.117,85	43.622,18	21.527,36
2007	47.530,94	57.221,17	30.074,11	43.077,86	21.168,27

Fonte: NSF, IBGE e US Department of Labor.

Tabela anexa 30 – Saldo comercial, por setores de alta tecnologia (US\$ milhões).
Brasil, 1996-2008

Ano	Aeroespacial	Farmacêutico	Informática	Equipamentos eletrônicos e de comunicação	Instrumentos de precisão
1996	- 60,60	- 1.522,10	- 1.346,74	- 3.728,33	- 1.722,48
1997	- 310,12	- 1.671,82	- 1.375,53	- 4.417,36	- 1.794,76
1998	- 34,10	- 1.825,14	- 1.379,79	- 3.794,86	- 1.803,84
1999	438,09	- 2.079,81	- 1.070,59	- 3.557,03	- 1.386,47
2000	1.839,93	- 1.978,55	- 1.472,50	- 4.168,27	- 1.562,86
2001	1.942,99	- 2.132,18	- 1.432,90	- 3.292,02	- 1.927,54
2002	1.607,85	- 1.888,16	- 1.169,43	- 1.453,84	- 1.621,49
2003	989,71	- 1.781,33	- 1.049,82	- 1.910,23	- 1.544,73
2004	1.755,46	- 2.093,33	- 1.232,47	- 3.968,48	- 2.009,22
2005	1.744,75	-2.280,55	-1.549,71	-3.883,52	-2.408,45
2006	1.325,87	-2.718,29	-2.222,39	-5.294,51	-2.929,78
2007	1.784,08	-3.764,48	-2.382,83	-6.628,74	-4.051,75
2008	1.113,64	-4.642,17	-3.104,33	-9.785,67	-5.513,17

Fonte: SECEX.

Tabela anexa 31 – Coeficiente de penetração das importações no mercado consumidor, por setores de alta tecnologia (% do consumo aparente). Brasil, 1996-2007

Setor	Aeroespacial	Farmacêutico	Informática	Equipamentos eletrônicos e de comunicação	Instrumentos de precisão
1996	93,82118	18,37430919	54,56451	26,98094362	48,5504
1997	87,49622	19,46407416	46,90106	31,60536335	49,90087
1998	83,77694	20,59780685	47,85223	32,31863518	51,71867
1999	77,35215	26,92410266	48,08419	35,95994423	55,27103
2000	163,6628	27,72766142	33,01678	36,94601306	52,84586
2001	98,08256	32,62094003	35,58295	37,54526792	61,98529
2002	96,37754	31,99990219	41,40881	35,51034098	59,14512
2003	63,03489	29,85824924	39,23167	39,77332683	58,05525
2004	75,96659	29,69205644	42,17918	35,08195817	58,26475
2005	78,48819	26,7713573	38,21036	40,92637419	54,58413
2006	78,31718	26,82780934	41,06743	39,5132343	55,32923
2007	79,38133	29,90310126	27,81518	40,58786613	55,78275

Fonte: SECEX e IBGE.

Bibliografia

- ALBUQUERQUE, E. National systems of innovation and non-OECD countries: notes about a rudimentary and tentative “typology”. **Revista Brasileira de Economia Política**, v. 19, n. 4(76), 1999.
- ARCHIBUGI, D.; MICHIE, J. The globalization of technology: a new taxonomy. **Cambridge Journal of Economics**, v.19, p. 121-140, 1995.
- ARNADT, S.; KIERZKOWSKI, H. **Fragmentation: New production patterns in the world economy**. Oxford, 2001.
- ARRUDA, M.; VERMULM, R.; HOLLANDA, S. **Inovação tecnológica no Brasil: a indústria em busca de competitividade global**. São Paulo: ANPEI, 2006.
- ATHUKORALA, P.; KOHPAIBOON, A. Globalization of R&D by US-based multinational enterprises. **Research Policy**, v.39, 2010.
- AYAL, L. International product life: A reassessments and product policy implications. **The Journal of Marketing**, v. 45, n. 4. p.91-96, 1981.
- BANCO MUNDIAL. **Word dataBank**. Disponível:
<http://databank.worldbank.org/ddp/home.do?Step=12&id=4&CNO=2>.
- BCE. **Exchange rates**. Disponível em:
<http://sdw.ecb.europa.eu/browse.do?node=2018794>.
- BELL, D. **The coming of post-industrial society**. New York: Basic Books, 1973.
- BENKO, G. **Economia, espaço e globalização na aurora do século XXI**. São Paulo: Hucitec, 1996.
- BRAGA, José Carlos de Souza. Alemanha: império, barbárie e capitalismo avançado. In: FIORI, José Luís (org). **Estados e moedas no desenvolvimento das nações**. Ed. Vozes, 1999.
- STEHNKEN, T. The German Innovation System at a Glance: Governance and Strategies. Workshop Inmetro, ABDI and Fhg: **Innovation and Opportunities for Cooperative Projects Brazil – Germany**. Rio de Janeiro, August 2010. 30 Slides.
- BRAKMAN, S.; GARRESTSEN, H.; MARREWIJK, C. **The New Introduction to Geographical Economics**. Cambridge University Press. 2ed. 2009.

- BREHENY, M.; MCQUAID, R. (Eds.). **The Development of High Technology Industries: An International Survey**. Routledge, 1988.
- BREHENY, M.; MCQUAID, R. The development of the United Kingdom's major centre of high technology industry. In: BREHENY, M.; MCQUAID, R. **The development of high technology industries: An international survey**. Routledge, 1988.
- BURHOP, C.; LÜBBERS, T. Incentives and innovation? R&D management in Germany's chemical and electrical engineering industries around 1900. **Explorations in Economic History**, n.47, p.100–111, 2010.
- CANTWELL, J. The globalization of technology: what remains of the product life cycle model? **Cambridge Journal of Economics**, v. 19, 1995.
- CARNEIRO, R. **Impasses do desenvolvimento: a questão produtiva**. Texto para discussão. Nº153, Campinas: IE/UNICAMP, 2008.
- CARVALHO, R.; FRANCO, E. Technological strategies of transnational corporation affiliates. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 9, 2005.
- CASTELLACCI, F. Technological paradigms, regimes and trajectories: Manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns. **Research Policy**, v. 36, n.6-7, p.978-994, 2008.
- CASTELLS, M.; HENDERSON, J. Techno-economic restructuring, socio-political processes and spatial transformation: a Global perspective. In: CASTELLS, M.; HENDERSON, J. **Global Restructuring and territorial development** (Eds.). Sage, 1987.
- CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- CHESNAIS, F. **A Mundialização do Capital**. Xamã, 1996.
- COLANDER, D., HOLT, R., ROSSER, B. **The changing face of economics: conversations with cutting edge economists**. University of Michigan Press, 2004.
- COMTRADE. **United Nations Commodity Trade Statistics Database**.
<http://comtrade.un.org/db/>.
- DAVID, R. **Princípios de economia: Política e tributação**. Nova Cultural, 1988. (Os economistas).
- DIAS, A. B. **Alta tecnologia: reflexos e reflexões**. Recife: Massangaba, 1996.
- DICKEN, P. **Global Shift**. 5.ed. Guilford, 2007.

DORFMAN, N. S. Route 128: the development of a regional high technology economy. **Research Policy**, v. 12, n. 6, p. 299-316, 1983.

DOSI, G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. **Journal of Economic Literature**, v. 26, pp. 1120-1171, 1988.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. **Research Policy**, v. 11, n. 3, 1982.

DOSI, G.; PAVITT, K; SOETE, L. **The economics of technological change and international trade**. Brighton: Wheatshaf, 1990.

DUNNING, J. **Explaining International Production**. Unwin Hyman, 1988.

DUNNING, J. Multinational enterprises and the globalisation of innovatory capacity. In: GRANSTRAND, O., HAKASON, L., SJOLANDER, S. (Eds.). **Technology, Management and International Business: Internalization of R&D and Technology**. Wiley, 1992.

EATWELL, J.; MILGATE, M.; NEWMAN, P. (eds.) **The New Palgrave: A Dictionary of Economics**. First Edition. Palgrave Macmillan, 1987.

ERBER, F. O padrão de desenvolvimento industrial e tecnológico e o futuro da indústria brasileira. **Revista de Economia Contemporânea**, v.5, 2001.

ERBER, F. The Brazilian development in the nineties – myths, circles and, structures. **Nova Economia**, n.12, v.1, p.11-37, 2002.

EUROPEAN COMMISSION. **EURO.stat**. Disponível em <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>.

FAJNZYLBER, F. **La industrialización trunca de América Latina**. México, DF: Editorial, 1983.

FAN, G.; WANG, X. China towards 2020: Growth performance and sustainability. In: OCDE. **Growth and sustainability in Brazil, China, Indonesia and South Africa**, 2010.

FATEMI, K. Introduction. In: FATEMI, K. **The maquiladora industry: Economic solution or problem**. Praeger, 1990.

FERRAZ, J.; KUPFER, D.; IOOTTY, M. Industrial competitiveness in Brazil: Ten years after economic liberalization. *Cepal Review*, n. 28, April, 2004.

FREEMAN, C. **Technology and economic performance: lesson from Japan.**

London: Pinter, 1987.

FREEMAN, C. **The economics of industrial innovation.** 2.ed. Pinter: London, 1982.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A Economia da inovação industrial.** Editora Unicamp, 2008. (Clássicos da Inovação).

FREEMAN, C.; SOETE, L. Developing science, technology and innovation indicators: what we can learn from the past? **Research Policy**, n.38, 2009.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **The economics of industrial innovation.** London: Pinter, 1997.

from the Korean industries. **Research Policy**, n. 30, 2001, p. 459–483

FURTADO, A.; CARVALHO. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: um estudo comparativo com países centrais. In: KON, A. **Indústria, Trabalho e Tecnologia: subsídios à política pública.** São Paulo: EITT/PUCSP, 2005.

GAVIRA, M. **Gestão da inovação em subsidiárias de multinacionais do setor eletroeletrônico instaladas no Brasil .** 2008. 260p. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociência, Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2008.

GIAMBIAGI, F. **A política fiscal do governo Lula: Qual é o limite para o aumento do gasto público?** IPEA. 2004.

GOMES, F. **Conflito social e welfare state: Estado e desenvolvimento social no Brasil.** **RAP**, 40(2), 2006, p. 201-236.

GRANSTRAND, O. Internationalization of corporate R&D: a study of Japanese and Swedish corporations. **Research Policy**, v.28, 1999.

GUERRIERI, P. MILANA, C. Changes and Trends in the World Trade in High Technology Products. **Cambridge Journal of Economics**, v. 19, n.1, p. 225-242, February, 1995.

HATZICHRONOGLOU, T. **Revision of the high-technology sector and product classification.** STI Working papers, Paris: OCDE, 1997.

HENDERSON, J. **The globalisation of high technology production.** Routledge, 1991.

HIRSCH, S. **Location of Industry and International Competitiveness.** Oxford: Clarendon Press, 1967.

HIRSCH-KREINSEN, H. "Low-Tech" innovations. **Industry & innovation**, v.15, n.1, p.19-43; 2008.

HIRSCH-KREISEN, H. *et al.* **Low-tech industries and knowledge economy: State of the art and research challenges**. Oslo: Pilot Project, 2003.

HOBDAV, M. Os Sistemas de Inovação do Leste e do Sudeste Asiático: Comparações entre o Crescimento do Setor Eletrônico Promovido pelo Sistema FEO e pelas ETNS. In: KIM, L. NELSON, R. (Eds.) **Tecnologia, Aprendizado e Inovação: As Experiências das Economias de Industrialização Recente**. Editora Unicamp, 2005. (Clássicos da Inovação).

HOBSBAWM, E. **Era dos Extremos: O breve século XX**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

HOU, C.; GREE, S. National Systems Supporting Technical Advance in Industry: The Case of Taiwan. In: NELSON, R. (Ed.). **National Innovation Systems: A Comparative Analysis**. Oxford University Press, 1993.

HUFBAUER, G. **Synthetic Materials and the Theory of International Trade**, Cambridge: Harvard University Press, 1966.

HUMPHREY, J. SCHMITZ, H, Governance in Global Value Chains. **IDS Bulletin**, v. 32, 19-23, 2002.

IBGE. **Pesquisa de inovação tecnológica 1998-2000**. Rio de Janeiro, 2000.

IBGE. **Pesquisa de inovação tecnológica 2001-2003**. Rio de Janeiro, 2003.

IBGE. **Pesquisa de inovação tecnológica 2003-2005**. Rio de Janeiro, 2005.

IBGE. **Pesquisa de inovação tecnológica 2006-2008**. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE. **Sistema de Recuperação Automática**. Disponível em:

<http://www.sidra.ibge.gov.br/>.

INEGI. **Banco de Información Económica**. <http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVR250090#ARBOL>.

INEGI. **Indicadores sobre actividades científicas e tecnológicas**.

<http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=126>.

INEP. **Censo da Educação Superior**.

<http://www.inep.gov.br/superior/censosuperior/default.asp>.

IPEA. **Ipeadata**. <http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?1157929406>.

JOHNSON, S. **A invenção do ar**. Zahar, 2009.

KECK, O. The National System for Technological Innovation in Germany. In: NELSON, R. (Ed.). **National Innovation Systems: A Comparative Analysis**. Oxford University Press, 1993.

KIM, L. National System of Industrial Technology in a Developing Country: A Model. In: NELSON, R. (Ed.). **National Innovation Systems: A Comparative Analysis**. Oxford University Press, 1993.

KIM, L. O Sistema de Inovação Sul-Coreano em Transição. In: KIM, L. NELSON, R. (Eds.). **Tecnologia, Aprendizado e Inovação: As Experiências das Economias de Industrialização Recente**. Editora Unicamp, 2005. (Clássicos da Inovação).

KIM, L.; NELSON, R. (Eds.). **Tecnologia, Aprendizado e Inovação: As Experiências das Economias de Industrialização Recente**. Editora Unicamp, 2005. (Clássicos da Inovação).

KLEVORICK, A.; LEVIN, R.; NELSON, R.; WINTER, S. On the sources and significance of inter-industry differences in technological opportunities. **Research Policy**, v.24, n.2. 1995.

KLINE, S. J.; ROSENBERG, N. An overview of innovation. In: LANDAU, R.; ROSENBERG, N. (Eds.). **The Positive Sum Strategy**. National Academy Press, 1986.

KODAMA, F. **Analyzing Japanese high technologies: The techno-paradigm shift**. Pinter, 1991.

KRUGMAN, P. Increasing returns and economic geography. **Journal of Political Economy**, n. 99, 1991.

KRUGMAN, P. Increasing returns, monopolistic competition, and international trade. **Journal of International Economics**, n. 9, 1979.

KRUGMAN, P. Scale economies, product differentiation, and the pattern of trade. **American Economic Review**, v. 70, 1980.

KRUGMAN, P. **The Myth of Asian Miracle**. Foreign Affairs, v. 73, 1994.

KRUGMAN, P.; OBSTFELD, M. **Economia Internacional: Teoria e Política**. Makron Books, 5.ed. 2001.

KUMAR, N. Determinants of Location of Overseas R&D activity of multinational enterprises: The case of US and Japanese corporations. **Research Policy**, v.30, 2001.

KUPFER, D.; FERRAZ, J.; CARVALHO, L. El largo y sinuoso caminho del desarrollo industrial de Brasil. Camara de Exportadores de la Republica Argentino, Instituto de Estrategia Internacional, Buenos Aires, 2009.

LALL, S. A Mudança Tecnológica e a Industrialização nas Economias de Industrialização Recente da Ásia: Conquistas e Desafios. In: KIM, L.; NELSON, R. (Eds.) **Tecnologia, Aprendizado e Inovação: As Experiências das Economias de Industrialização Recente**. Editora Unicamp, 2005. (Clássicos da Inovação).

LALL, S. ALBALADEJO, M. ZHANG, J. **Mapping fragmentation: electronics and automobiles in East Asia and Latin America**. QEH Working Paper Series, n.115, 2004.

LALL, S. WEISS, J. ZHANG, J. **The ‘sophistication’ of exports: a new measure of products characteristics**. QEH Working Paper Series, n.123, 2005.

LEE, K. O Aprendizado Tecnológico e o Ingresso de Empresas Usuárias de Bens de Capital na Coréia do Sul. In: KIM, L. NELSON, R. (Eds.). **Tecnologia, Aprendizado e Inovação: As Experiências das Economias de Industrialização Recente**. Editora Unicamp, 2005. (Clássicos da Inovação).

LEE, K.; LIM, C. Technological regimes, catching-up and leapfrogging: findings

LINDEN, G. KRAEMER, K. DEDRICK, J. **Who captures value in a global innovation system? The case of Apple’s Ipod**. Personal Computer Industry Center, Jun. 2007.

LINDER, S. An Essay on **Trade and transformation**. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 1961.

LIST, F. (1841). **Sistema nacional de economia política**. FCE, 1979.

LOJKINE, J. **A revolução informacional**. São Paulo: Cortez, 2002.

MACEDO, A. Projeto de pesquisa: O Brasil na era da globalização: condicionantes domésticos e internacionais ao desenvolvimento. In: **O Brasil e a nova divisão internacional do trabalho: Especialização produtiva e comercial**. Instituto de economia, Universidade Estadual de Campinas, 2008.

MAYER, J., BUTKEVICIUS, A.; KADRI, A. **Dynamic Products in World Exports**. Discussion Paper n.159, Geneva: UNCTAD, 2002.

MCDONALD, S. High technology industry in Australia: A matter of policy. In: BREHENY, M.; MCQUAID, R. **The development of high technology industries: An international survey**. Routledge, 1988.

MEDEIROS, C. A China como um duplo polo na economia mundial e a recentralização da economia asiática. **Revista de Economia Política**, v. 26, n. 3, p. 381-400, 2006.

MEDEIROS, C. Globalização e a inserção internacional diferenciada da Ásia e da América Latina. In: TAVARES, M. FIORI, J. (Eds.). **Poder e dinheiro: Uma economia política da globalização**. 5ed. Petrópolis, 1998.

MEIRELLES, J. Ideias fundadoras. **Revista Brasileira de Inovação**, v.3, n. 2, p.237-241, 2004.

MOMMA, S.; SHARP, M. Developments in new biotechnology firms in Germany. **Technovation**, n.19, p. 267–282, 1999.

MOWERY, D.; ROSENBERG, N. **Trajetórias da Inovação: A Mudança Técnica nos Estados Unidos da América no Século XX**. Editora UNICAMP, 2005. (Clássicos da Inovação).

MPOG. **Classificação Nacional das Atividades Econômicas**. Comissão Nacional de Classificação. Disponível em <http://www.cnae.ibge.gov.br/>. Acesso em 01/11/2009.

MU, Q.; LEE, K. Knowledge diffusion, Market segmentation and technological catch-up: The case of the telecommunication industry in China. **Research Policy**, n.34, n. 6, 2005.

NBSC. **Statistical data**. <http://www.stats.gov.cn/english/>

NELSON, R. ROSENBERG, N. (eds.) **National Innovation Systems: A Comparative Analysis**. Oxford University Press, 1993.

NELSON, R. WINTER, S. **Uma Teoria Evolucionária da Mudança Técnica**. Editora Unicamp, 2005. (Clássicos da Inovação).

NSF. **Science and Engineering Indicators**, 2010.

NSF. **Science and Engineering Indicators**. <http://www.nsf.gov/statistics/seind10/appendix.htm>.

OCDE. **Economic Surveys: China**, 2005(b).

OCDE. **Frascati Manual: Proposed standard practice for surveys on research and experimental development**. OECD, 2002.

- OCDE. **OECD.Stats**. <http://stats.oecd.org/Index.aspx>.
- OCDE. **Science, technology and industry outlook 2008**. Paris, 2008.
- OCDE. **Science, technology and industry scoreboard 2005**. Paris, 2005.
- OCDE. **Science, technology and industry scoreboard 2007**. Paris, 2007.
- OSÓRIO, L. O Dilema Alemão no Sistema Interestatal Capitalista Contemporâneo. **XIV Encontro Regional da ANPUH-RIO**, 2010.
- PALMA, G. Gansos Voadores e Patos Vulneráveis: a diferença da liderança do Japão e dos Estados Unidos no desenvolvimento do sudeste asiático e da América Latina. In: FIORI, J. (Eds.). **O Poder Americano**. 2.ed. Petrópolis: Vozes, 2005.
- PAPACONSTANTINO, G. SAKURAI, N. WYCKOFF, A. Embodied Technology Diffusion: An Empirical Analysis for 10 OECD Countries. **OECD Science, Technology and Industry Working Papers**, 1996.
- PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, n. 13. p. 343-373, 1984.
- PETERS, S. **National Systems of Innovation: Creating High Technology Industries**. Palgrave Macmillian, 2006.
- PIORE, J. SABEL, C. **The Second Industrial Divide: Possibilities for Prosperity**. New York: Basic Books, 1984.
- PORTER, M. Competition in Global Industries. **Harvard Business School Press**, 1986.
- POTTIER, C. The location of high technology industries in France. BREHENY, M.; MCQUAID, R. **The development of high technology industries: An international survey**. Routledge, 1988.
- PROVEN MODELS. **International Product Life Cycle**. Disponível em <http://www.provenmodels.com/583/international-product-life-cycle/vernon>. Acesso em 30/09/2009.
- RADAELLI, V. **A inovação na indústria farmacêutica: Forças centrípetas e forças centrífugas no processo de internacionalização**. 2006. 172p. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- RAMAMURTI, R. **State-Owned Enterprises in High Technology Industries: Studies in India and Brazil**. Praeger, 1987.

RAUEN, A. FURTADO, A. CÁRIO, S. Processo inovativo na indústria de software de Joinville/SC: uma análise a partir do marco teórico neo-schumpeteriano. **Revista Brasileira de Inovação**, v.8, n.2, 2009.

ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa-preta**. Editora Unicamp, 2006. (Clássicos da Inovação).

ROSENBERG, N. Technical Innovation and National Systems. In: NELSON, R. (Ed.). National Innovation Systems: A Comparative Analysis. Oxford University Press, 1993.

ROWTHORN, R. East Asian development: The flying geese paradigm reconsidered. In: UNCTAD. **East Asian Development: Lessons for a New Global Environment**. Study n. 10, Geneva, 1996.

SABATO, J. **Ciência, tecnologia e relações internacionais**. São Paulo: Livraria Duas Cidades, 1978.

SAKURAI, N.; IOANNIDIS, E.; PAPAConstantinou, G. The Impact of R&D and Technology Diffusion on Productivity Growth: Evidence for 10 OECD Countries in the 1970s and 1980s. **OECD Science, Technology and Industry Working Papers**, 1996.

SARTI, F.; HIRATUKA, C. **Indústria Mundial: Mudanças e Tendências Recentes**. Texto para Discussão n. 186. IE/UNICAMP, Dezembro, 2010.

SAYER, A.; MORGAN, K. High Technology Industry and the International Division of Labour: The Case of Electronics. In: BREHENY, M. e McQUAID, R. (eds.) **The Development of High Technology Industries: An International Survey**. Routledge. 1988.

SCHEINMAN, M. Report on the Present Status of Maquiladoras. In: FATEMI, K. **The maquiladora industry: Economic solution or problem**. Praeger, 1990

SCHON, D. **Technology and Change: The Heraclitus**. New York: Delacorte, 1967.

SCHUMPETER, J. **Capitalism, Socialism and Democracy**. New York: Harper, 1942.

SCHUMPETER, J. **Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung**. Leipzig: Duncker & Humblot, 1912.

SECEX. **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet**. <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>.

SERAPIO, M. DALTON, D. Globalization of industrial R&D: an examination of foreign direct investment in R&D in the United States. **Research Policy**, v.28, 1999.

SIAFI. **Balço orçamentário da Secretaria do Tesouro Nacional**. (vários anos).

SINGSTAT. **Key Annual Indicators**. <http://www.singstat.gov.sg/stats/stats.html>.

SMITH, K. Industrial structure, technology intensity and growth: issues for policy. In: **DRUID Conference**, 1999.

SMITH, K. What is the 'knowledge economy'? Knowledge-intensive industries and distributed knowledge bases. In: **DRUID Conference**, 2000.

SRHOLEC, M. **High-tech exports from development countries: a symptom of technology spurts or statistical illusion?** Oslo: Kiel Institute. 2007.

STURGEON, T. How Silicon Valley Came to Be. In: KENNEY, M. (Ed.). **Understanding Silicon Valley: Anatomy of an Entrepreneurial Region**. Stanford University Press, 2000.

STURGEON, T. **Modular Production Networks: A New American model of Industrial Organization**. MIT Working Paper IPC-02-003, 2002.

TAN, Z. Product cycle theory and telecommunications industry – foreign direct investment, government policy, and indigenous manufacturing in China. **Telecommunications Policy**, n. 26. 2002.

UE. **EU industrial R&D investment scoreboard – Detailed data**, 2006.

UE. **Eurostat. Statistics Database**.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database.

UNCTAD. **UNCTAD.stat**.
http://unctadstat.unctad.org/ReportFolders/reportFolders.aspx?sCS_referer=&sCS_Cho senLang=en.

UNCTAD. **World Development Report: TNC and Integrated International Production**, 1993.

UNITED NATIONS. **Industrial Standard International Classification**. Third revision. United Nations Statistical Division. Disponível em:
<http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcst.asp?Cl=2>. Acesso em 01/11/2008.

VERNON, R. International investment and international trade in the product life cycle. **Quartely Journal of Economics**, n.80, p. 190-207, 1966.

VERNON, R. **Sovereignty at Bay**. New York : Basic Books, 1971.

VIOTTI, E. Brasil: de política de C&T para a política de inovação? Evolução e desafios das políticas brasileiras de ciência, tecnologia e inovação. **Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação: Diálogo entre experiências internacionais e brasileiras**. CGEE, 2008.

Von TUNZELMANN, G. **Technology and Industrial Progress: The Foundations of Economic Growth**. Edward Elgar, 1995.

WALLERSTEIN, I. **The Modern World-System, vol.: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century**. New York/London: Academic Press, 1974.

WELLS, L. A product life cycle for international trade. **Journal of Marketing**, v. 32, p. 1-6, 1968.

WELLS, L. Test of a Product Cycle Model of International Trade: U.S. Exports of Consumer Durables. **The Quarterly Journal of Economics**, v.83, n. 1, p.152-162, February, 1969.

WEVER, K. **Negotiating Competitiveness: Employment relations and organizational innovation in Germany and the United States**. Harvard Business Scholl Press, 1995.

XIE, W. WU, G. Differences between learning processes in small tigers and large dragons: Learning processes of two color TV (CTV) firms within China. **Research Policy**, n. 32, 2003.

ZEITOUN, C. **Novas funções e acúmulo de competências nas empresas prestadoras de serviços por contrato: um estudo a partir do caso da FLEXTRONICS**. 2009. 137p. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.