



NÚMERO 169/2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

POLLYANA DE CARVALHO

Uma perspectiva para a indústria de semicondutores no Brasil: o desenvolvimento das “design houses”

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências
como parte dos requisitos para obtenção do título de
mestre em Política Científica e Tecnológica

Orientador: Sérgio Robles Reis de Queiroz

CAMPINAS – SÃO PAULO
Agosto – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNICAMP

Bibliotecário: Helena Joana Flipsen – CRB-8ª / 5283

C253p	Carvalho, Pollyana de. Uma perspectiva para a indústria de semicondutores no Brasil : o desenvolvimento das “design houses” / Pollyana de Carvalho. -- Campinas, SP: [s.n.], 2006. Orientador: Sérgio Robles Reis de Queiroz. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. 1. Semicondutores. 2. Projetos de desenvolvimento industrial - Formosa. 3. Circuitos integrados. 4. Inovações tecnológicas. 5. Investimentos estrangeiros. I. Queiroz, Sérgio Robles Reis de. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.
-------	--

Título e subtítulo em inglês: A perspective for the industry of semiconductors in
Brazil : the development of “design houses”.

Palavras-chave em inglês (Keywords): Semiconductors, Industrial development
projects - Taiwan, Circuits Integrated, Technological innovations, Foreign
direct investments.

Área de concentração: Economia industrial.

Titulação: Mestre em Política Científica e Tecnológica.

Banca examinadora: Sérgio Robles Reis de Queiroz, João Amato Neto e Ruy Quadros.

Data da Defesa: 29-08-2006.



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

AUTORA: POLLYANA DE CARVALHO

Uma perspectiva para a indústria de semicondutores no Brasil: o
desenvolvimento das "design houses"

ORIENTADOR: Prof. Dr. Sérgio Robles Reis de Queiroz

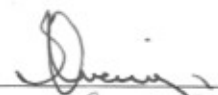
Aprovada em: 29/08/06

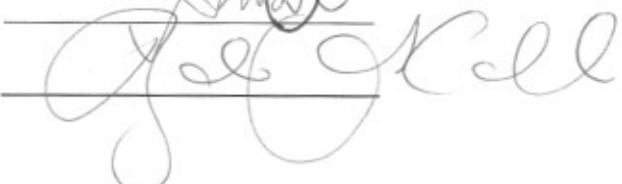
EXAMINADORES:

Prof. Dr. Sérgio Robles Reis de Queiroz

Prof. Dr. João Amato Neto

Prof. Dr. Ruy de Quadros Carvalho

 - Presidente



Campinas, 29 de agosto de 2006

200714545

*“A coisa mais bela que podemos experimentar é o mistério.
É a emoção fundamental que está no berço da verdadeira
arte e da verdadeira ciência”.
Albert Einstein*

*Aos meus queridos pais e ao meu
dedicado companheiro, o Gui.*

Agradecimentos

Jamais pensei que seria tão difícil agradecer em poucas palavras as experiências e pessoas que estiveram ao meu lado na trajetória de desenvolvimento desse trabalho, resultado de um processo de amadurecimento, tanto pessoal quanto profissional.

Primeiramente, ao Sérgio Queiroz pela orientação e pela imensa paciência, me mostrando os difíceis caminhos e me impulsionando a percorrê-los, mesmo diante das minhas permanentes indagações e inseguranças ao longo da dissertação. Acho que mesmo com minha fisionomia de medo (mesmo!) ao discutirmos o tema do trabalho, hoje vejo que consegui enfrentar esse desafio com muito esforço e, sobretudo, aprendizado. Obrigada pela confiança!

Agradeço também à Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo financiamento dos meus estudos em mais esse trabalho. Sem tal apoio, dificilmente poderia me empenhar em finalizar essa dissertação e acreditar na carreira acadêmica.

Meus agradecimentos aos professores do DPCT, aos funcionários do IGE, e em especial, à Valdirene e à Edinalva, pela paciência, dedicação e carinho, com os quais realmente somos tratados como “anjinhos”.

Agradeço a participação do prof. Ruy Quadros na minha entrada no mestrado, em que mesmo diante de tantas dificuldades pude encontrar alguém disposto a discutir minhas idéias, além de suas construtivas críticas no meu exame de qualificação. Também ao prof. Amato, da POLI/USP, pelos seus trabalhos, pela sua leitura cuidadosa e pela colaboração no direcionamento do trabalho. Também agradeço à Flávia Consoni, pelo seu jeito carinhoso de ensinar e por algumas sugestões na versão final.

Aos meus colegas de turma do mestrado, por compartilharem as dificuldades, dúvidas e as divertidas comemorações pelas conquistas realizadas, formando um valioso e inesquecível círculo de amigos: Muriel, Eliane, Simone, Valderléia, Ana Flávia, André, Leide, Cris e Rafa, obrigada por participarem tão intensamente da minha vida!

Obrigada às minhas amigas descobertas nessa caminhada: Flávia e Mari. À Flávia, por ser essa pessoa única, com seu coração enorme e seu apoio inestimável em minha vinda para Campinas, desde o primeiro dia em que nos conhecemos... já estou com saudades de você amiga! À Mari Zanatta pela sua doce presença, pela paciência e tolerância para compartilharmos as inquietações e as várias histórias engraçadas!

À Edi, minha grande amiga e comadre, por estar sempre presente - desde nosso primeiro dia na faculdade, em 1999 - e por poder dividir com você minhas angústias e felicidades, com a certeza que nossa amizade ainda vai trazer inúmeras alegrias em nossas vidas, obrigada!

Agradeço imensamente à minha família, pelo apoio incondicional em minhas decisões. Ao meu pai, pelo amparo constante (muitas vezes financeiro!) e pelo exemplo de superação. À minha mãe, por me fazer acreditar que tudo daria certo e pelas orações, mesmo nos momentos mais difíceis dessa caminhada. Ao meu “irmãozinho”, o Danilão, pelo seu jeito carinhoso e zelo constante, apesar da distância. À Tia Nine por ser minha amiga e confidente, já que somos incrivelmente semelhantes (em tudo!) e pelos presentinhos que colocou em nossas vidas, fonte de tantas alegrias: Murilo, Vinícius e a recém-chegada, minha querida afilhada, Luiza. À minha avó Sara, por torcer pelo meu sucesso e pelas inúmeras orações, mesmo de tão longe. À minha madrinha Aliene, por fazer-se presente nos momentos mais necessários, com sua perspectiva única da vida!

Agradeço ao meu querido esposo Guilherme, pelo infindável afeto e amor em todos os momentos, por me divertir e me apoiar nos meus sonhos. Pela força e pela imensa paciência, desde a minha escolha pela entrada no mestrado do DPCT até os últimos e desgastantes dias da dissertação, nos quais nem eu mesma me suportava... meu querido, obrigada por ser essa pessoa tão generosa e tolerante comigo!

Agradeço especialmente a Deus e a Nossa Senhora pela saúde, luz, força e perseverança, imprescindíveis para continuarmos traçando nossos caminhos.

SUMÁRIO

Introdução.....	1
Capítulo I: Um panorama sobre a indústria de semicondutores no mundo: tendências e novas oportunidades	5
1.1. Introdução.....	5
1.2. A Importância da indústria de semicondutores e suas principais características.....	6
1.2.1. A onipresença dos componentes semicondutores	6
1.2.2. O dinamismo da indústria	9
1.2.3. A dimensão da indústria.....	14
1.3. Características econômicas e tendências recentes.....	15
1.3.1. A especialização vertical na indústria de semicondutores	15
1.3.1.1 A especialização vertical no segmento de design de semicondutores	31
1.3.2. Estrutura de mercado e padrão competitivo	34
1.3.3. A dinâmica diferenciada entre as categorias de produtos	37
1.4. Conclusões	41
Capítulo II: Uma experiência de desenvolvimento tardio bem sucedido na indústria de semicondutores: Taiwan.....	43
2.1. Introdução.....	43
2.2. Por quê Taiwan?.....	44
2.3. Políticas Industriais em Taiwan	48
2.3.1.O desenvolvimento científico e tecnológico	51
2.4. O desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan	54
2.4.1. Anos 60: Breve histórico.....	54
2.4.2. Anos 70/80: A criação de um ambiente favorável	55

2.4.3. Anos 80/90: A consolidação das capacidades tecnológicas	73
2.4.4. O que podemos aprender com a experiência de Taiwan em semicondutores?	87
2.5. Conclusões	90
 Capítulo III: Um exame da indústria de semicondutores brasileira: os obstáculos e as oportunidades para o desenvolvimento por meio das design houses	93
3.1. Introdução.....	93
3.2. Uma avaliação da indústria de semicondutores existente no Brasil.....	94
3.2.1. O problema do déficit na balança comercial	94
3.2.2. Mapeamento da produção local: as empresas existentes.....	99
3.2.3. Caracterização do ambiente local: as capacidades tecnológicas existentes	105
3.3. Obstáculos: as fragilidades do desenvolvimento da indústria de semicondutores brasileira à luz da experiência internacional de sucesso.....	109
3.3.1. A forma de intervenção estatal.....	109
3.3.2. A oferta de recursos humanos	112
3.3.3. O arcabouço institucional e a infra-estrutura de pesquisa.....	114
3.3.4. Os mecanismos de transferência tecnológica e a atuação do investimento direto estrangeiro	116
3.4. Oportunidades e iniciativas promissoras para o Brasil diante da dinâmica da indústria mundial de semicondutores	118
3.4.1. Um segmento promissor na indústria de chips para o Brasil: os circuitos integrados de aplicação específica.....	118
3.4.2. A PITCE e as possíveis design houses brasileiras	120
3.4.3. A importância da criação de um “círculo virtuoso” na indústria de chips	123
3.5. Conclusões	125
 Considerações Finais.....	127

Referências Bibliográficas	133
Anexos.....	147
Anexo I. Origens, desenvolvimento tecnológico e aspectos da produção dos circuitos integrados	147
Anexo II. Principais empresas e investimentos na indústria mundial de semicondutores	151
Anexo III. Avaliação da indústria brasileira de semicondutores: lista das entrevistas realizadas e mapa com a sua localização geográfica.....	154

Índice das Figuras, Gráficos, Tabelas e Quadros

Figuras

1.1.Etapas da produção dos componentes semicondutores.....	p.21
1.2.Organização do modo de produção na indústria de semicondutores.....	p.31
2.1.Mecanismos do ITRI para difusão tecnológica.....	p.59
2.2.Parques industriais de <i>design</i> de semicondutores em Taiwan.....	p.65
2.3.Vantagens competitivas de Taiwan no <i>design</i> de semicondutores.....	p.77
2.4.Alianças estratégicas na indústria de circuitos integrados de Taiwan.....	p.82

Gráficos

1.1.Evolução da taxa de crescimento da indústria de semicondutores mundial, em %, 1978-2004.....	p.11
1.2.Evolução do custo de instalação de uma fábrica de <i>chips</i> , em US\$ milhões, 1970-2005.....	p.19
1.3.Expansão das <i>fabless</i> na indústria mundial de semicondutores, em termos de participação nas vendas (em bilhões de US\$) e em % no total.....	p.25
2.1.Fluxo de retornos (engenheiros) para Taiwan, 1970-1997.....	p.67
2.2.Custo anual do emprego de um engenheiro especializado em desenho de <i>chips</i> , 2002, em US\$.....	p.79
2.3.Expansão do mercado de circuitos integrados e <i>design</i> em Taiwan, 1987-1995, em US\$.....	p.85
3.1.Participação relativa dos principais produtos importados no complexo eletrônico brasileiro, 2004, em US\$.....	p.95
3.2.Evolução das importações de semicondutores, 1996-2006*, em US\$ milhões.....	p.97

Tabelas

1.1.Margem de lucro de diversas indústrias, 1994.....	p.15
1.2.Faturamento dos 20 maiores <i>players</i> da indústria mundial de semicondutores, em US\$ milhões, 2002-2003.....	p.35
1.3.Principais produtores mundiais de semicondutores e sua participação no mercado mundial (em %) em 1978, 1988, 1998 e 2003.....	p.37

2.1.Número de graduados, mestres e doutores em Taiwan, 1991 e 2001.....	p.54
2.2.Participação das Pequenas e Médias Empresas em Taiwan (em %) no total das empresas e no faturamento industrial, 2003.....	p.61
2.3.O crescimento do setor de <i>design</i> de semicondutores em Taiwan, 1982-2002.....	p.75
2.4.Evolução do <i>ranking</i> as 10 maiores <i>design houses</i> de Taiwan, 2003-2004.....	p.76
2.5.Número de empresas de semicondutores em Taiwan, 1986, 1990, 1994 e 1998.....	p.81
2.6.Estimativa de pessoal de P&D transferido do ERSO para a indústria de semicondutores.....	p.83
2.7.Produtos em que Taiwan está entre os maiores fabricantes mundiais, 2003.....	p.87
3.1. Empresas atuantes na indústria de semicondutores no Brasil, 2006.....	p.101
3.2.Recursos humanos em microeletrônica no Brasil, 2001.....	p.113

Quadros

1.1. Tipos de <i>design houses</i> , segundo os serviços prestados.....	p.27
1.2. Síntese das classificações para os componentes semicondutores.....	p.38
2.1. Estágios do desenvolvimento científico e tecnológico em Taiwan, 1966-2000.....	p.53
2.2. Projetos Públicos de P&D para desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan.....	p.71

Relação das Siglas Utilizadas

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
AMD – Advanced Micro Devices
ASICs - application-specific integrated circuit
ATS - Assembly & Test Services (empresas de empacotamento e testes de semicondutores)
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BSTC - Brazil Semiconductor Technology Center
C&T – Ciência e Tecnologia
CAD – Computer Aided Design
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior
CCS – Centro de Componentes Semicondutores
CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica
CEITEC - Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica Avançada
Cenpra – Centro de Pesquisa Renato Archer
CESAR - Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife
CI – Circuitos Integrados
CMOS – Complementary Metal Oxide Semiconductor
CPqD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
DH – Design House (empresas de projeto de semicondutores)
DRAM – Dynamic Random Access Memory (memória dinâmica)
EFEI – Escola Federal de Engenharia de Itajubá
ERSO – Organização de Serviço para Pesquisa Eletrônica
FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
IBM - International Business Machines
IDE - Investimento Direto Estrangeiro
IDM – Integrated Device Manufacture (empresas integradas de produção de semicondutores)
INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
IP – Intellectual Property
ITRI – Instituto de Pesquisa Industrial e Tecnológica

LED – Laboratório de Eletrônica e Dispositivos
LME – Laboratório de Microeletrônica
LNLS – Laboratório Nacional Luis Síncroton
LSITEC - Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológicos
MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia
MIT - Massachusetts Institute of Technology
MOEA – Ministry of Economic Affair (Taiwan)
MOS – Metal Oxide Semiconductor
NICs – New Industrialized Countries
OCDE – Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU - Organização das Nações Unidas
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
PIB – Produto Interno Bruto
PITCE - Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PUC - Pontifícia Universidade Católica
RECOF - Regime Aduaneiro de Entrepoto Industrial sob Controle
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SIA - Semiconductor Industry Association
SOC - System On a Chip
TICs – Tecnologias de Informação e Comunicação
TMC - Taiwan Mask Corporation
TSMC - Taiwan Semiconductor Manufacture Company
UEL – Universidade Estadual de Londrina
UFES – Universidade Federal do Espírito Santo
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UFPB – Universidade Federal da Paraíba
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
UFRG - Federal do Rio Grande do Sul
UFSC – Universidade Federal Santa Catarina
UFSM – Universidade Federal de Santa Maria
ULSI – Ultra Large Scale of Integration

UMC - United Microelectronics Corporation

VISC- Vanguard International Semiconductor Corporation

VLSI - Very Large Scale of Integration



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

UMA PERSPECTIVA PARA A INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES NO BRASIL: O DESENVOLVIMENTO DAS “DESIGN HOUSES”

RESUMO

No Brasil, o setor de componentes semicondutores, os *chips*, permanece restrito a um pequeno grupo de empresas, fato que tem ocasionado *déficits* crescentes na balança comercial. Diante desse fato, existem várias discussões e estudos sobre formas de aumentar a internalização das atividades desse setor no país, além do debate recente sobre a necessidade da instalação de uma planta produtiva (*foundry*) realizado pelo governo. Outro elemento de destaque é que o segmento foi adotado como um dos setores prioritários na Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), lançada em 2004. Com essa preocupação, o objetivo dessa dissertação foi examinar as perspectivas, com suas possibilidades e limitações, do desenvolvimento da indústria brasileira de semicondutores por meio de um segmento específico - as companhias de projeto dos circuitos, chamadas de *design houses*. Para tanto, por meio da revisão bibliográfica, o trabalho foi estruturado em três capítulos: o primeiro que trata de uma discussão sobre o panorama existente e as tendências recentes na indústria mundial de semicondutores; o segundo que traz a análise de um país com desenvolvimento tardio nessa indústria - a experiência de Taiwan, e, finalmente, uma avaliação da indústria brasileira de *chips*, além do exame de suas possibilidades de desenvolvimento do setor por meio das *design houses*. Constatou-se que, com a tendência de especialização vertical na indústria mundial, houve uma separação entre as atividades de projeto e as de manufatura, criando um amplo mercado de *design* de circuitos, particularmente em segmentos menos padronizados e oligopolizados, como os circuitos integrados de aplicação específica, propiciando oportunidades para novos entrantes, tal como o Brasil. Já a experiência de Taiwan mostrou que a intervenção estatal é necessária para uma trajetória de desenvolvimento nesse setor, principalmente para articular mecanismos que garantam a assimilação e aprendizado a partir da transferência de tecnologias. Além disso, que a interação entre as *design houses* e as empresas de manufatura (*foundries*) permitiu a geração de capacidades tecnológicas diferenciadas que garantiram a inserção competitiva do país na indústria mundial. No caso da indústria brasileira de semicondutores, verificou-se que existem capacidades tecnológicas na área de projetos, as quais possibilitam o desenvolvimento de *design houses* no Brasil: atividades de *design* de circuitos integrados em grupos e centros de pesquisa, atividades de capacitação de recursos humanos e disponibilidade de equipamentos e ferramentas para desenvolvimento de projetos e *softwares*. No entanto, a experiência internacional de sucesso, juntamente com os obstáculos identificados na indústria nacional, mostraram que o desenvolvimento somente do segmento de *design* é uma trajetória limitada, uma vez que são necessários outros elementos, como uma empresa de manufatura, para que exista um “círculo virtuoso”, capaz de oferecer sustentabilidade no desenvolvimento da indústria de semicondutores no longo prazo.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

A PERSPECTIVE FOR THE INDUSTRY OF SEMICONDUCTORS IN BRAZIL: THE DEVELOPMENT OF “DESIGN HOUSES”

ABSTRACT

In Brazil, the sector of semiconductor components, the *chips*, remains restricted to a small group of companies, fact that has caused deficit increasing in the trade balance. Ahead of this fact, there are several discussions and studies in forms to increase the internal production of these activities in the sector of the country, beyond the recent debate on the necessity of the installation of a productive plant (*foundry*) realized by the government. Another element of prominence is that the segment was adopted as one of the priority sectors in the Industrial, Technological and Foreign Trade Policy (PITCE), launched in 2004. With this concern, the objective of this dissertation was examine the perspectives, with its possibilities and limitations, of the development of the semiconductor brazilian industry by means a specific segment - the companies of project of the circuits, called *design houses*. For in such a way, by means the bibliographical revision, the work was structuralized in three chapters: the first one deals with a discussion on the existing panorama and the recent trends in the worldwide industry of semiconductors; the second brings the analysis of a country with late development in this industry – the Taiwan experience, and finally, an evaluation of the Brazilian industry of *chips*, beyond the examination of its possibilities of development of the sector by means the *design houses*. It was evidenced that with the trend of vertical specialization in worldwide industry, it had a separation between the project and manufacture activities, creating an ample market of circuit *designs*, particularly in less standardized and oligopolyzed, as the integrated circuits of specific application, propitiating new chances for incoming, as Brazil. Already the Taiwan experience showed that the state intervention is necessary for a trajectory of development in this sector, mainly to articulate mechanisms that guarantee the assimilation and learning from the technology transfer. Moreover, that the interaction between *design houses* and the companies of manufacture (*foundries*) allowed the generation of differentiated technological capacities that had guaranteed the competitive insertion of the country in the worldwide industry. In the case of the Brazilian industry of semiconductors, which was verified that exist technological capacities in the area of projects, makes possible the development of *design houses* in Brazil: activities of circuit *designs* integrated in groups and centers of research, activities of human resources qualification and availability of equipment and tools for development of projects and *softwares*. However, the international experience of success, together with the obstacles identified in the national industry, had shown that only the development of the *design* segment is an limited trajectory, given that other elements are necessary, as a company of manufacture, so that a “virtuous circle” can exist, capable to offer sustainability in the development of the industry of semiconductors in a long period.

Introdução

Nos últimos anos tem existido um intenso debate no Brasil sobre a necessidade e a conveniência dos esforços para o desenvolvimento da indústria de componentes semicondutores envolvendo membros do meio acadêmico¹, do empresarial e do governo.

O debate tornou-se ainda mais intenso com a seleção dessa indústria como uma das “opções estratégicas” da atual Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, lançada em 2004. Mais recentemente o segmento entrou em destaque mais uma vez, já que investimentos estrangeiros no setor tornaram-se uma das contrapartidas exigidas pelo governo durante as negociações para a adoção do padrão de TV Digital no país entre os norte-americanos, europeus e japoneses.

Essas discussões têm questionado a validade das iniciativas que tentam promover uma maior internalização das atividades desse setor no país, cuja produção local permanece restrita a um pequeno grupo de empresas que desenvolvem atividades relacionadas à montagem de *kits* importados, empacotamento e testes dos circuitos integrados ou atuando em segmentos pouco expressivos.

Essa incapacidade da produção local em atender à demanda dos segmentos usuários finais desses componentes, como o complexo eletrônico, os equipamentos para telecomunicações, a informática e o setor automotivo, tem ocasionado um fluxo expressivo de importações de semicondutores, causando *déficits* estruturais e crescentes na balança comercial, que totalizaram US\$2,9 bilhões em 2005 e já alcançaram US\$ 2 bilhões somente no primeiro semestre de 2006.

Nesse debate, existem duas posições com relação à adequação do desenvolvimento da indústria de semicondutores² no país. Há aqueles que acreditam que o país desperdiçou as oportunidades que surgiram para o desenvolvimento industrial nesse segmento, principalmente nos anos 80, devendo, portanto, se dedicar às atividades econômicas nas quais já possui capacidades tecnológicas e produtivas consolidadas. Além disso, os mesmos destacam que existem fortes concorrentes internacionais, como Taiwan, Coréia e Japão, que

¹Como ilustra o artigo publicado recentemente de Swart e van Noije (2006).

²Ao longo deste trabalho poderemos usar os termos *chips*, semicondutores ou mesmo circuitos integrados como forma de se referir à indústria destes componentes.

dispõem de políticas de incentivos fiscais agressivas, com os quais o Brasil teria dificuldade em competir, agravando as dificuldades para desenvolvimento nesse setor localmente.

Por outro lado, existem os que defendem a realização dos esforços para desenvolvimento do setor, pois isso seria uma forma de diversificar a estrutura industrial existente e de ampliar as oportunidades nos mercados internacionais do país. O desenvolvimento de uma indústria de semicondutores no Brasil seria capaz de proporcionar vários resultados positivos e benefícios por meio de uma maior diversificação da estrutura industrial brasileira, como: um aumento da capacitação tecnológica, um aumento da competitividade e uma redução da vulnerabilidade, diante da diminuição da dependência dos mercados externos.

Nessa perspectiva há estudos que argumentam que a diversificação da estrutura produtiva proporciona resultados positivos por meio do desenvolvimento de setores capazes de criar e difundir tecnologias, alcançando oportunidades que surgem na dinâmica do comércio mundial (Cimoli *et al*, 2006).

Alinhada a proposta favorável ao desenvolvimento de uma indústria de *chips* brasileira, essa dissertação buscou elementos para melhor fundamentar esse debate, avaliando se uma de suas trajetórias possíveis é adequada. Para tanto, o trabalho examinou as perspectivas, com suas possibilidades e limitações, do desenvolvimento dessa indústria no Brasil por meio das companhias de projeto, as *design houses*. Vale ressaltar que se trata de um espaço analítico restrito, já que nosso objetivo é examinar as possibilidades de um dos caminhos existentes, embora haja diversas trajetórias plausíveis ao pensarmos no desenvolvimento de uma indústria de semicondutores nacional.

O exame desta trajetória se justifica por dois elementos: as oportunidades no segmento de *design* existentes na indústria mundial de semicondutores e as capacidades existentes no Brasil em termos de projetos de circuitos integrados.

Nas últimas décadas, particularmente a partir dos anos 80, houve um aumento da especialização vertical na indústria mundial de semicondutores, com alterações na distribuição das atividades produtivas e tecnológicas na cadeia de valor da indústria, com o surgimento de empresas especializadas em determinados segmentos. Houve então a separação das atividades de projeto das de manufatura propriamente ditas, com a criação de um amplo mercado de *design* de circuitos e surgiram oportunidades para as empresas

especializadas nesse segmento, as *design houses*, já que o custo de instalação dessas empresas é relativamente menor se comparado ao investimento necessário para as demais empresas da indústria, sendo que o capital humano é o insumo principal de suas atividades.

No Brasil, existem capacidades tecnológicas e conhecimento acumulado na área de projetos de circuitos integrados, em universidades e centros de pesquisa - como o CCS (Unicamp), o LSITEC (USP), o Cenpra e o Instituto Eldorado, dentre outros - em treinamento e capacitação de recursos humanos, além da disponibilidade de ferramentas e *softwares* para a realização dessas atividades.

Portanto, aproveitando-se das oportunidades que emergem na área de projetos na indústria mundial de *chips* e usufruindo as capacidades existentes na indústria nacional nesse segmento, torna-se oportuno examinar as possibilidades de desenvolvimento da indústria de semicondutores brasileira por meio das *design houses*.

A partir da revisão bibliográfica, fundamentada em estudos na perspectiva das abordagens *evolucionista* e *neo-schumpeteriana*, o estudo procurou balizar elementos fundamentais de trajetórias de desenvolvimento industrial, especialmente na indústria de semicondutores e nos aspectos relacionados à capacitação tecnológica de países competitivos nesse segmento.

Dessa forma, foi realizado um estudo, de âmbito setorial, sobre a indústria de semicondutores, tradicional em pesquisas da área de economia industrial. A metodologia da pesquisa consistiu no levantamento de dados secundários e na revisão da bibliografia pertinente ao tema. Destacamos que houve ainda a realização de entrevistas em alguns centros e grupos de pesquisa em projetos no país, resultando em um levantamento de dados primários, primordialmente de caráter qualitativo, que contribuiu para a avaliação das capacidades existentes desse segmento no Brasil.

Procurou-se responder às seguintes questões: a trajetória de desenvolvimento da indústria de semicondutores por meio das companhias de projeto no Brasil é possível? E, além disso, apenas o desenvolvimento de *design houses* brasileiras permite a construção de uma trajetória estruturada e auto-sustentável no longo prazo?

Para responder a esses questionamentos, a dissertação está estruturada em 3 capítulos. O primeiro capítulo trata de um quadro geral sobre a indústria de semicondutores no mundo, analisando as suas características estruturais e econômicas, como a sua dinâmica

de inovação, a evolução de sua organização produtiva, a sua estrutura de mercado e o seu padrão competitivo. O objetivo dessa análise é identificar em suas tendências recentes se ainda existem oportunidades de entrada nessa indústria, especialmente para países de desenvolvimento tardio, como o Brasil.

Já no segundo capítulo estudamos o caminho percorrido no desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan, o qual ilustra a trajetória de um país *latecomer* com os esforços sistemáticos para capacitação tecnológica e desenvolvimento econômico (Hobday, 1995; Mathews, 1999 e Veselka, 2005). Além disso, atualmente Taiwan é o quarto maior produtor mundial e ocupa a segunda posição em *design* de *chips* no mundo. O propósito desse capítulo é identificar os principais elementos que possibilitaram os resultados positivos dessa trajetória de desenvolvimento industrial em semicondutores no país e, a partir da avaliação de uma experiência internacional de sucesso, definirmos alguns aspectos norteadores para a elaboração de uma estratégia para a indústria brasileira de semicondutores.

Finalmente o terceiro capítulo trata da indústria brasileira de semicondutores. Primeiro, faremos uma avaliação das características incipientes dessa indústria no Brasil, principalmente com relação às atividades produtivas, embora exista um nível razoável de capacidades tecnológicas no segmento de projetos de circuitos integrados. A partir disso, foram definidos os elementos determinantes do sucesso da experiência de Taiwan (capítulo II) e esses aspectos foram classificados como “oportunidades” ou “obstáculos” para uma trajetória de desenvolvimento da indústria brasileira por meio de *design houses*. Nas considerações finais realizamos um balanço sobre as limitações encontradas nessa trajetória e os esforços necessários para a criação de um “círculo virtuoso”, capaz de propiciar e auto-sustentar o desenvolvimento da indústria de semicondutores no Brasil.

Portanto, diante dos argumentos apresentados, salientamos que a contribuição fundamental desse trabalho é prover elementos que possam subsidiar o debate existente, a elaboração de políticas públicas e os esforços governamentais para o desenvolvimento desse setor no país, assim como contribuir para estudos e análises acadêmicas futuras, mais aprofundadas e detalhadas, que examinem as várias trajetórias possíveis e oportunidades de desenvolvimento para o Brasil na indústria de semicondutores e na área de microeletrônica de forma geral.

Capítulo I: Um panorama sobre a indústria de semicondutores no mundo: tendências e novas oportunidades

1.1. Introdução

Este capítulo irá apresentar um quadro geral sobre a indústria de semicondutores no mundo, analisando as suas características estruturais, a sua dinâmica de inovação e a evolução de sua organização produtiva. O objetivo dessa análise é identificarmos em suas tendências recentes, as oportunidades de mercado existentes, particularmente para países de desenvolvimento tardio nesse segmento, como o Brasil.

Para isso, o capítulo está estruturado em 2 grandes temas: o primeiro que destaca a importância da indústria e o segundo que explora aspectos de suas características econômicas e tendências recentes. Nessa primeira parte analisaremos as principais características da indústria e mostraremos a sua importância, diante da sua onipresença em diversas outras atividades produtivas, seu dinamismo e sua dimensão.

Já na segunda parte, dentre as características econômicas e as tendências recentes, analisaremos a especialização vertical na indústria de semicondutores a partir dos anos 80, com a criação de um grande mercado de *design*. Analisaremos também os indícios de que essa tendência esteja se ampliando para a área de projetos nos últimos anos, com o deslocamento do *design* de *chips* para a Ásia. Finalmente, examinaremos os aspectos referentes à sua estrutura de mercado e seu padrão competitivo, além da dinâmica diferenciada entre as categorias dos principais produtos, mostrando que ainda existem oportunidades para novos entrantes.

Portanto, por meio dos elementos apresentados nesse capítulo será possível uma maior compreensão dos fatos observados na realidade da indústria de semicondutores mundial, possibilitando assim construirmos um ‘pano de fundo’ do setor. Tal exame, juntamente com a análise da experiência internacional de sucesso (Taiwan), que será realizada no capítulo seguinte, irão se tornar elementos que subsidiam a avaliação da trajetória de desenvolvimento da indústria de semicondutores brasileira por meio do segmento de projeto de circuitos integrados.

1.2. A Importância da indústria de semicondutores e suas principais características

1.2.1. A onipresença dos componentes semicondutores

Os componentes semicondutores têm penetração direta ou indireta em praticamente todos os setores produtivos e aspectos da rotina da vida moderna: seja de maneira intensa e direta (como nos setores de informática, telecomunicações e eletrônica de consumo), seja de forma embarcada (como na automação industrial ou produção de automóveis), ou mesmo de forma indireta, como na produção têxtil e na indústria alimentícia, já que os *chips* estão presentes na maquinaria e nos computadores que gerenciam essas atividades produtivas (Shintate, 2002).

Essa influência dos componentes semicondutores relaciona-se ao fato de que estes *chips* são o principal insumo da indústria da microeletrônica, por apresentarem as características de um ‘novo’ paradigma técnico-econômico (Perez, 1986 e Perez e Soete, 1988) considerando que esses componentes:

- 1) possuem custo relativamente baixo com tendência ao declínio³, ou seja, é possível integrar cada vez mais funções em *chips* menores e com custo reduzido;
- 2) oferta aparentemente ilimitada apesar da demanda crescente (isto significa que não existem vantagens competitivas ‘naturais’ – como recursos físicos já existentes - mas sim, aquelas construídas ao longo de um processo de desenvolvimento tecnológico);
- 3) existe o potencial de uso universal, principalmente em atividades produtivas, e
- 4) encontram-se na base fundamental de um amplo sistema de inovações tecnológicas e organizacionais, capazes de reduzir custos e melhorar produtos.

A principal característica desse paradigma tecno-econômico é sua capacidade de revolucionar grande parte das atividades produtivas, gerando mudanças tecnológicas nas diversas indústrias e efeitos sobre a economia. Além disso, como esse paradigma produz impactos diretos e indiretos sobre todos os setores econômicos, amplia-se a necessidade de

³ Segundo a Lei de Moore (1965) o custo por função de um *chip* decresce a cada 30% a.a. e sua densidade dobra em cerca de 2 anos, ou seja, a cada 2 anos a capacidade e a velocidade de processamento dos componentes dobra, enquanto os custos permanecem constantes. A maioria dos especialistas acredita que essa tendência ainda permanecerá válida por ainda ao menos cinco ou dez anos. Fonte: <http://www.intel.com/technology/silicon/mooreslaw/> (conforme consulta realizada em janeiro/2006) e (OCDE, 2005).

mudanças, tanto institucionais como sociais. Desta forma, considerando que para ser caracterizado como um paradigma, deve existir um insumo essencial, o qual deve possuir custo baixo e decrescente, com garantia de suprimento de longo prazo e incorporação crescente em processos e produtos, podemos observar que essas condições são atendidas pelos componentes semicondutores.

De acordo com Freeman, Perez e Soete as tecnologias de informação e comunicação (TICs) podem ser consideradas um novo paradigma tecno-econômico, já que são onipresentes nas mais diversas atividades produtivas e são capazes de “revolucionar os processos de produção e ter impacto em todas as outras indústrias e serviços” (Freeman e Soete, 1987).

Tal argumento também é salientado por Coutinho (1992) ao considerar que “... a formação desse poderoso *cluster* de inovações, capazes de penetrar amplamente todos os setores da economia configura a formação de um novo paradigma tecnológico” (p. 70).

A importância da indústria de semicondutores também é salientada por Serway (1996) *apud* Shintate (2002) que descreve os circuitos integrados como “a mais notável tecnologia até então alcançada pela humanidade”, considerando-os como um elemento capaz de disparar uma onda de inovações tecnológicas, já que os *chips* estão presentes em uma ampla gama de produtos recentemente desenvolvidos ou melhorados, nos mais diversos segmentos industriais, além das suas possibilidades de aplicação em mercados emergentes, como a TV Digital, os cartões inteligentes e os equipamentos médico-hospitalares. Outro elemento que justifica sua importância se deve ao seu potencial na geração de *spillovers* tecnológicos, levando a um empenho dos governos na elaboração de políticas setoriais⁴.

Além disso, os semicondutores são importantes porque permitiram uma integração de funções em um mesmo circuito, favorecendo uma maior disseminação da eletrônica, com a tendência de miniaturização dos componentes aliada ao barateamento do *hardware* dos produtos eletrônicos, como destaca Dahmen (1993) “... grandes *wafers*, geometrias menores, produção em volumes cada vez maiores e melhoramentos nos resultados dos processos de produção, têm todos contribuído para a queda progressiva dos preços dos *chips*” (p.32).

⁴ Para um detalhamento desse aspecto sugerimos Irwin e Klenow (1994).

Também podemos considerar os semicondutores como um elemento chave para o aumento da produtividade nas atividades, por meio da difusão das TICs:

“.... a difusão das TICs pela economia realçou a eficiência econômica e impulsionou substancialmente o crescimento da produtividade, e os setores de produção e uso das TICs foram responsáveis pela maior parte do crescimento global da produtividade em uma ampla faixa de países da OCDE” (OCDE, 2005, p.14).

No entanto, temos que considerar que o enfoque do investimento internacional nas TICs está se deslocando da área de produção para o setor de serviços, especialmente no desenvolvimento de novas aplicações e uso de *softwares* (OCDE, 2005). Tal fato também é ressaltado por um *survey* realizado pela revista The Economist (2003), que argumenta que grande parte das inovações impulsionadas pelas TICs já se tornaram *commodities*. O estudo sustenta que a indústria estaria em um período de maturidade industrial, em que as novas oportunidades estão em novas aplicações e serviços de *software*. Dentre os dados apresentados, destacam-se os que mostram que a participação dos gastos em atividades de *hardware* se reduziu de 67% (1984) para 17% (2000).

No entanto, tais dados exigem uma maior prudência para sua análise. A fonte desses dados é a empresa IBM, um caso ilustre de empresa que mudou sua estratégia de negócios, atualmente com foco em serviços de *software* e consultoria. Além disso, a reportagem ilustra essa padronização das atividades desempenhadas pelas TICs diante da forma de atuação de empresas como o *Google*, que emprega *softwares* livres e servidores grátis.

Salientamos que realmente houve uma tendência de redirecionamento dos negócios das TICs, já que as aplicações demandadas pelos clientes é que estão direcionando a cadeia de valor, como destaca o estudo. No entanto, os *softwares* dessas aplicações exigem um *hardware* cada vez mais potente, com capacidade de processamento mais elevada, exigindo uma agregação cada vez maior de funções nos seus *chips*, o que sustenta a sua importância, mesmo nesse novo direcionamento das atividades das TICs para o setor de serviços⁵.

⁵ A literatura disponível destaca a importância dos semicondutores na agregação de funções nos componentes do *hardware*, mantendo a validade da Lei de Moore e a percepção dos especialistas e técnicos (Freescale) da área confirma tal tendência.

Outro elemento que corrobora a importância da indústria de semicondutores, mesmo com a crescente agregação dos softwares nas atividades de TICs, é relacionarmos o crescimento da indústria de semicondutores com seus mercados usuários finais.

Nos anos 50 e 60 a indústria de *chips* tinha como intuito principal atender as necessidades dos *mainframes*, os computadores de grande porte, dedicados normalmente ao processamento de um grande volume de informações e capazes de atender muitos usuários. Nas décadas seguintes (70 e 80), o foco se tornou os computadores de uso pessoal e as estações de trabalho, usadas para aplicações que demandam maior poder de processamento. Já na década de 90 e nos próximos anos a tendência é a incorporação de *chips* em sistemas embarcados⁶. Os estudos da OCDE chamam essa última onda de inovações de “computação ubíqua”, tratando esse fato como um cenário em que os computadores são tão numerosos que se fundem e interagem com o ambiente, diante da assimilação da informação nos aparelhos e aplicações (OCDE, 2005).

Portanto, embora em vários segmentos da indústria de semicondutores já prevaleça uma tendência à padronização, ainda existem áreas em que inúmeras aplicações podem ser desenvolvidas, como discutiremos posteriormente.

1.2.2. O dinamismo da indústria

A indústria de semicondutores possui uma dinâmica de inovação bastante acelerada, resultante da combinação das elevadas taxas de inovação tecnológica (tanto no desenho dos produtos, como também em seus processos); da densidade e da complexidade de suas tecnologias (Dahmen, 1993 e Amato Neto *et al*, 2003) e do seu caráter intensivo em capital e em atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), o que gera elevados investimentos e riscos para os fabricantes desse segmento.

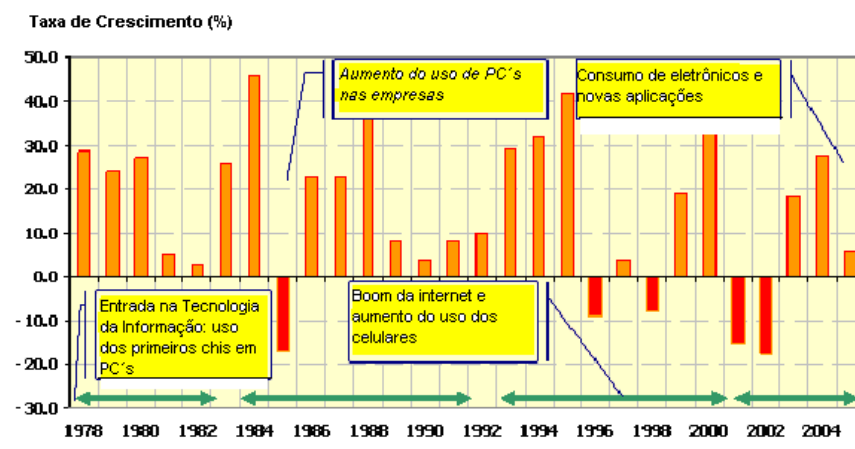
Além destas características, Oliveira e Miguel (2004) e Bampi (2004) destacam o dinamismo dessa indústria – que apresenta uma taxa média de crescimento anual de 13,5% nos últimos 20 anos, enquanto que as economias mundiais cresceram cerca de 3 a 4% a.a. – fato que a distingue como uma das principais forças impulsionadoras do desenvolvimento tecnológico mundial.

⁶ Apresentação de um especialista da Freescale/EUA, Jesus Finol, na Conferência “Desafios da Microeletrônica: o papel do CEITEC”, realizada em Porto Alegre/RS em junho de 2004. Disponível em <http://www.ceitecmicrosistemas.org.br/portal/seminarios.php> (conforme consulta realizada em julho/2006).

Nesse contexto, surgem permanentemente nichos de mercado e novos modelos de sistemas, diante da crescente integração dos sistemas e funcionalidades para atender às necessidades de miniaturização e redução de preço dos produtos eletrônicos.

Se por um lado a indústria de semicondutores apresenta um elevado dinamismo, por outro, existe uma forte instabilidade na sua evolução, principalmente em termos da sua taxa de crescimento, como mostra a gráfico (1.1) a seguir. Embora existam períodos de crescimento contínuo e elevado, em certos momentos há quedas nessa taxa – como em 1985, 1996, 1998 e 2001-2002. Essa instabilidade do crescimento da indústria de semicondutores mundial está fortemente relacionada a dois elementos: primeiro, com a dinâmica dos segmentos usuários finais de semicondutores – como o mercado de computadores, telecomunicações e eletrônicos; e, segundo – com o nível de investimento e a capacidade de utilização das instalações industriais.

GRÁFICO 1.1: Evolução da taxa de crescimento da indústria de semicondutores mundial, em %, 1978-2004.



Fonte: Froost e Sullivan. In: Das, 2005.

Existe também um caráter altamente cíclico na indústria de semicondutores, resultante da combinação de diversos fatores: a exigência de elevados investimentos para a atividade de manufatura, o fato de que são os ciclos de inovação tecnológica que impulsionam a demanda e os próprios ciclos da economia afetam as decisões de investimento da indústria (Menon *et al*, 2002 *apud* Shintate, 2002).

Há ainda uma forte oscilação de preços, os quais variam em função da utilização da capacidade instalada nas empresas (Amato Neto *et al*, 2003). É possível percebermos também uma relação entre os movimentos cíclicos da indústria, os investimentos realizados e os preços dos componentes semicondutores, uma vez que “a demanda por circuitos integrados é historicamente cíclica e sua curva de investimento alterna períodos de super oferta e escassez, resultando em uma alta volatilidade dos preços” (Bampi, 2004, p.05). Outro elemento que explica essa oscilação de preços na indústria de semicondutores é a estrutura de oferta do setor: como a produção se realiza em larga escala, os investimentos em plantas seguem esta tendência, ou seja, se efetivam em elevados montantes e “isso faz com que a oferta de semicondutores cresça em saltos, o que determina o descompasso com o crescimento da demanda e, portanto, as oscilações de preço” (Amato Neto *et al*, 2002, p.03).

O elevado dinamismo da indústria nas últimas décadas atingiu seu auge particularmente entre 1999 e 2000, podendo ser justificado pela maior disseminação do uso da internet aliada à demanda aquecida por produtos de consumo (celulares e computadores), especialmente nos EUA, e aos significativos investimentos em equipamentos de telecomunicações em diversos países (como o Brasil). Desta forma, houve um aumento da demanda por semicondutores neste período, levando a uma expansão das capacidades de produção das fábricas, que atingiram um pico histórico de vendas em 2000 e um crescimento do investimento de 83% entre 1999/2000 (Shintate, 2002).

Diante destas expectativas positivas de crescimento industrial, os agentes investiram pesadamente na expansão da capacidade de oferta, consolidando uma tendência de aceleração dos investimentos. Tal fato levou ao surgimento de excedentes de capacidade produtiva na indústria, elemento que, combinado ao aumento da concorrência, à queda dos investimentos em telecomunicações e à desaceleração global, conduziu a uma forte queda dos preços em 2001. A partir de 2002 o segmento apresentou uma recuperação diante do aumento da utilização da capacidade produtiva na indústria (Shintate, 2002 e Amato Neto *et al*, 2003). Segundo o estudo de Menon *et al* (2002) *apud* Shintate (2002) o nível ideal de utilização industrial no segmento de semicondutores é de 85 a 95% da capacidade, revelando um cenário desfavorável neste período sob esta perspectiva.

Os dados recentes revelam que, entre 2003 e o segundo semestre de 2004 verificamos o aumento progressivo da utilização da capacidade produtiva industrial do segmento, com o auge ao término do período, atingindo uma taxa de 95,4% de utilização. Em seguida ocorreu uma expansão dos investimentos em semicondutores, resultando em uma redução da taxa de utilização que em meados de 2005, a qual se aproximava de 90% de utilização⁷, provavelmente relacionada com a desaceleração do crescimento da economia mundial, mas que atende aos níveis considerados ‘ideais’ para a operação das empresas do segmento, resultando em um crescimento industrial de 6,8% em 2005.

Com relação às perspectivas futuras para a indústria de *chips*, podemos considerar a manutenção de uma estabilidade no crescimento industrial - segundo informações da SIA (Semiconductor Industry Association) a indústria de semicondutores deve crescer 7,9% em 2006; 10,5% em 2007 e 13,9% em 2008 - superando à média das outras indústrias, uma vez que o mercado de PC's, telecomunicações e complexo eletrônico ainda tem uma grande potencial de disseminação.

1.2.3. A dimensão da indústria

Além do elevado dinamismo da indústria de semicondutores, temos que salientar a sua dimensão com relação às demais atividades produtivas. A indústria de *chips* movimentou cerca de 228 bilhões de dólares em 2005⁸ e, de acordo com as informações da SIA, as projeções para os próximos anos totalizam um faturamento estimado de US\$ 245,5 bilhões em 2006, US\$ 271,3 bilhões em 2007 e US\$ 309,2 bilhões em 2008.

Outro elemento que destaca a sua peculiaridade e a sua real dimensão é a lucratividade do segmento, frente a outras indústrias de grande importância na economia, como a automobilística e a de telecomunicações. A margem de lucro na indústria de *chips* é uma das mais elevadas, de cerca de 20%, sendo superada somente pela indústria farmacêutica, na qual essa taxa é de 22%, como mostra a tabela (1.1).

⁷ Análise dos dados da SIA, disponíveis em https://www.sia-online.org/downloads/SICAS_Q305.xls (conforme consulta realizada em dezembro/2005).

⁸ Fonte: “Global Sales hit record \$227.5 billion in 2005”, SIA, publicada em 02/02/2006. Informação disponível em http://www.sia-online.org/pre_release.cfm?ID=395 (conforme consulta realizada em fevereiro/2006).

TABELA 1.1. Margem de lucro de diversas indústrias, 1994.

Indústria	Margem de Lucro (1994)
Automobilística	7%
Computadores	5%
Software e Serviços	18%
Semicondutores	20%
Farmacêutica	22%
Telecomunicações	12%

Nota: Os autores não descrevem a metodologia para encontrar esse dado. Apenas citam que foi calculado com base nos dados do “R&D Scoreboard”, 1995, *Business Week*. Fonte: Kamita e Rascher, 1997, p.14.

Um outro elemento importante com relação à dimensão da indústria de semicondutores é observarmos o investimento requerido para uma instalação industrial em manufatura de *chips*, ou seja, são necessários de US\$ 1 a 2 bilhões para a criação de uma *foundry*, a instalação produtiva que realiza exclusivamente a fundição dos semicondutores, além dos investimentos contínuos para atualização tecnológica dessas instalações produtivas.

1.3. Características econômicas e tendências recentes

1.3.1. A especialização vertical na indústria de semicondutores

A especialização vertical é uma mudança estrutural na distribuição das atividades produtivas e tecnológicas na cadeia de valor da indústria, com o surgimento de empresas especializadas em determinados segmentos.

Seguindo esse movimento, a indústria global de *chips* passou por transformações: deixou de ser dominada exclusivamente pela integração vertical para se tornar uma complexa estrutura, em que empresas integradas interagem com empresas especializadas⁹, sendo que, embora as primeiras prevaleçam, o último segmento apresenta grande potencial de crescimento. A especialização vertical dos processos produtivos em semicondutores iniciou-se na década de 80, já que:

⁹ Para um detalhamento sobre as consequências da especialização vertical, sugerimos Macher, Mowery e Simcoe (2002).

“... até meados dos anos 80 os produtores de circuitos integrados faziam todas as atividades de *design de chips in-house*. O primeiro passo para a especialização vertical foi a separação das atividades de fabricação e *design*: a emergência de provedores independentes de serviços de ‘fabricação de silício’ geraram a proliferação de *‘fabless’ design houses* (como a Altera), que se focalizaram em nichos específicos de mercado dos circuitos integrados” (Ernst, 2003, p.14).

Essa tendência também se estende a outras indústrias, altamente dinâmicas e competitivas, como a automobilística e a de biotecnologia, dentre outras. Se por um lado, tal fato mostra que imperam novas formas de organização da produção, por outro lado, são abertas oportunidades para novos entrantes. Isso se fundamenta na reestruturação das competências acumuladas exigidas para os fabricantes manterem-se competitivos. Dessa forma, a especialização vertical significa tanto uma ruptura para os produtores tradicionais, implicando em uma reorganização de sua estratégia de negócios; como também proporciona circunstâncias favoráveis para a entrada de novos competidores, uma vez que novas competências e capacidades são demandadas.

Esse movimento de especialização em determinados segmentos tem sido considerado uma resposta às mudanças na dinâmica competitiva das indústrias, particularmente relacionadas com as atividades de inovação, com os ciclos de produto mais curtos, maior complexidade e custos mais elevados de produção, além de mudanças nas exigências dos usuários finais e dos investimentos pesados em atividades de P&D (Sturgeon, 2000).

Isso também pode estar associado a uma maior maturidade industrial, o que promove o crescimento do comércio internacional ‘intra-indústria’, refletindo o aumento da especialização regional ou nacional em segmentos particulares da cadeia produtiva, ou associada à expansão do número de novos entrantes, resultante da diminuição relativa das barreiras à entrada na indústria (Macher e Mowery, 2004).

Esse processo reflete uma reconfiguração das atividades produtivas, com a emergência de empresas especializadas e o surgimento de novos modelos de negócios, criando uma complexa rede global de produção internacional, dado que implica uma:

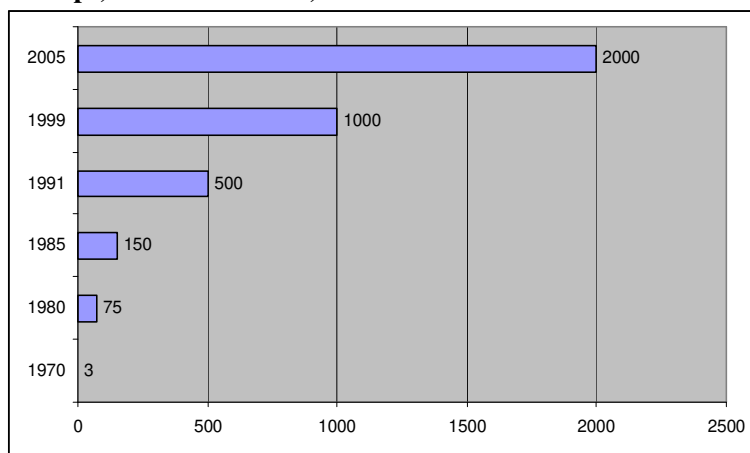
“... reestruturação da extensa cadeia de valor da produção, assim como dos diferentes estágios de desenvolvimento, produção e processos de *marketing* que são controlados pelas diferentes empresas antes realizados pelas firmas individualmente” (Macher e Mowery, 2004, p.317-38).

O aumento da especialização vertical na indústria de semicondutores ocasionou a separação das atividades de projetos daquelas relacionadas à manufatura dos *chips*, refletindo as características da própria indústria, que requer elevados dispêndios em atividades de P&D, diante dos ciclos de vida dos produtos cada vez mais curtos, da queda progressiva dos preços e da incorporação de atributos diferenciados por meio de inovações tecnológicas (Dibiaggio, 2004).

A emergência de firmas especializadas em segmentos específicos possibilitou a exploração das economias de escala (com a redução nos custos de produção, dado que geralmente as IDMs trabalhavam com capacidade ociosa) e está relacionada aos próprios processos tecnológicos incorporados às atividades produtivas do setor, facilitando a expansão dessa tendência, como o emprego de processos padronizados e o uso de softwares para *design* dos componentes (Macher e Mowery, 2004)

O custo crescente de instalação das fábricas integradas para a produção de semicondutores tornou-se um dos fatores cruciais para o aumento da especialização vertical no setor, já que os riscos são muito elevados (além da forte instabilidade característica da indústria) e exigem um padrão de financiamento diferenciado. Tal fato se evidencia nos dados que mostram o aumento progressivo dos investimentos para instalação de uma planta produtiva no segmento, como mostra o gráfico (1.2) abaixo.

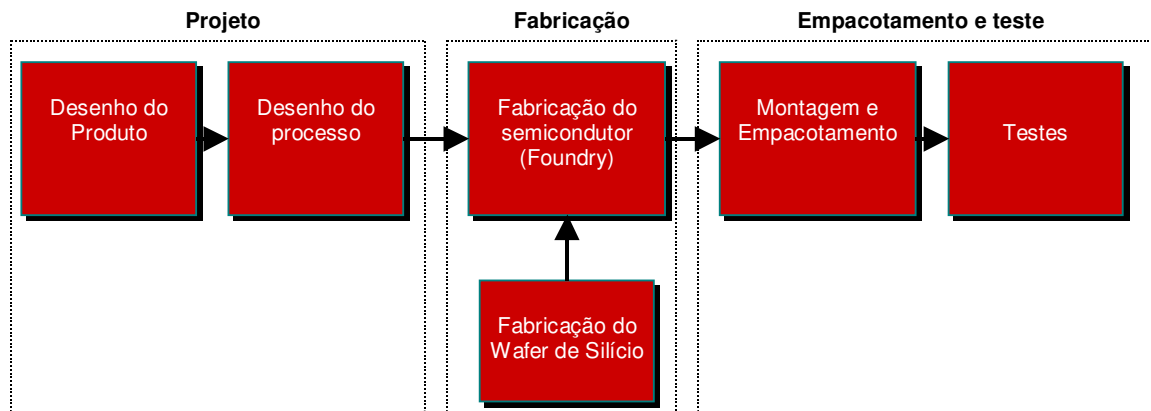
GRÁFICO 1.2: Evolução do custo de instalação de uma fábrica de chips, em US\$ milhões, 1970-2005.



Fonte: Elaboração própria a partir de Peters, 2006, p.80.

Nesse contexto, a busca por economias de escala, a redução no ciclo de vida dos produtos combinados e o custo crescente das instalações industriais foram os elementos centrais para impulsionar a especialização vertical das atividades no setor. Com essa tendência, passaram a existir duas formas de organização da produção na indústria de semicondutores. Há as empresas de manufatura integrada (IDM - *Integrated Device Manufacture*), que surgiram nos anos 60 e que realizam integralmente todas as etapas da produção de semicondutores – concepção, projeto, fabricação, encapsulamento e testes e as empresas especializadas nos processos de fundição de *chips* – as *foundries* – que terceirizam as demais atividades da cadeia produtiva dos componentes semicondutores como ilustra a figura (1.1).

FIGURA 1.1. Etapas da produção dos componentes semicondutores.



Fonte: Amato Neto *et al*, 2002.

Os dois segmentos envolvidos na manufatura do semicondutor – tanto as empresas IDMs como as *foundries* – são os elos da cadeia produtiva em que há maior agregação de valor, devido aos significativos investimentos necessários para capacitação tecnológica e geração de empregos, porém, tais elos são bastante sensíveis aos níveis de utilização das plantas produtivas, podendo ocorrer elevados prejuízos no caso de planta ociosa.

Uma referência importante na indústria mundial de semicondutores com relação à separação das atividades de projetos das de fabricação foi o surgimento da “Taiwan Semiconductor Manufacture Company” (TSMC), no ano de 1987 em Taiwan, implementando uma inovação industrial denominada de “modelo *foundry*”, com empresas especializadas na fundição dos semicondutores, como detalharemos no capítulo II.

Essas empresas se especializaram na fabricação do *wafer* e não se envolveram mais nas atividades de *design* dos seus próprios *chips*, gerando uma maior divisão social do trabalho na produção. Com o crescimento da atuação das *foundries* na indústria mundial, surgiu uma demanda crescente pelos serviços de *design*, criando um grande mercado de projeto de semicondutores no mundo. Houve ainda uma redução das barreiras à entrada na indústria para estas empresas especializadas no projeto dos circuitos integrados, uma vez que os especialistas em *design* não necessitavam mais daquele substancial investimento para implantar-se no segmento, pois podiam se inserir por meio das *design houses*.

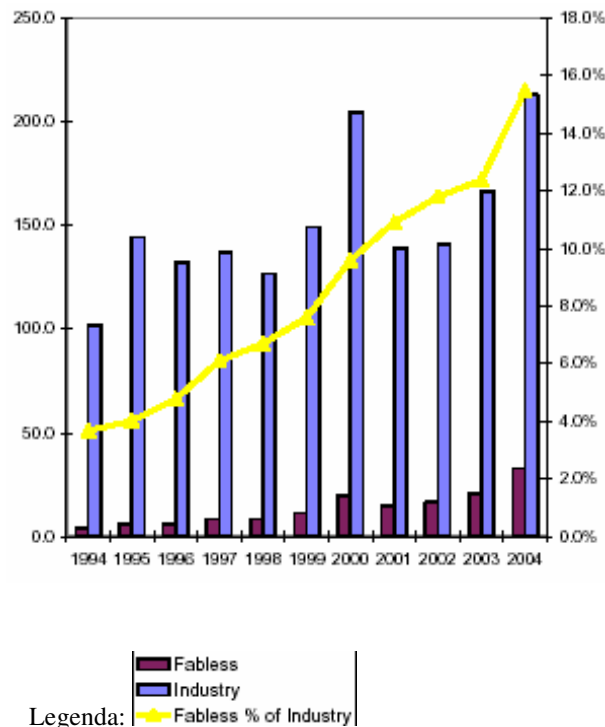
O investimento necessário era bem menor, dado que o elemento crucial para a criação das companhias de projeto era o conhecimento técnico especializado, ou seja, recursos humanos qualificados na área.

Então emerge um segmento de empresas prestadoras de serviços para essas *foundries*, as *design houses* ou *fabless*. As *foundries* terceirizam as atividades relacionadas ao projeto desses circuitos integrados para as *design houses*¹⁰ ou *fabless*, ou atuam em parceria com as IDMs, com um faturamento setorial de US\$2,1 bilhões, sendo que geralmente são empresas de pequeno porte (com até 60 engenheiros) ou instituições de pesquisa acadêmica, distribuidores de circuitos integrados ou ainda fabricantes de equipamentos.

Vale lembrar que são chamadas de *fabless* quaisquer empresas que não possuam uma planta produtiva para a manufatura de *chips*, podendo executar tanto as atividades de concepção, como as de *design*, testes, serviços aos clientes ou negócios relacionados aos direitos de propriedade intelectual. Essas empresas geralmente estão focadas em nichos do mercado de telecomunicações e de informática, sendo voltadas exclusivamente para o atendimento do seu mercado e para inovação em seus projetos. A expansão do segmento de *fabless* na indústria mundial pode ser evidenciada o gráfico (1.3) a seguir:

¹⁰ A norte-americana Altera foi a primeira na estratégia de negócios de empresas *fabless* (1984), especializadas em projetos de circuitos e hoje se consolida como uma das mais importantes *design houses* no mundo. Informações disponíveis no site da empresa: http://www.altera.com/corporate/about_us/innovation/abt-history.html (conforme consulta realizada em dezembro/2005).

GRÁFICO 1.3. Expansão das *fabless* na indústria mundial de semicondutores, em termos de participação nas vendas (em bilhões de US\$) e em % no total.



Fonte: Macher, Mowery e Minin, 2006, p.38.

Na elaboração do projeto do circuito integrado, como existem diversos estágios nesse processo¹¹, as empresas atuantes do segmento podem se especializar em determinadas etapas do projeto ou atuar em serviços específicos – podendo ser *design houses* verticalizadas/vinculadas, independentes (prestadoras ou integradoras) ou ainda fornecedoras de projeto eletrônico, como mostra o quadro (1.1) – sendo que também podem trabalhar de forma conjunta na elaboração desses projetos dos circuitos integrados.

¹¹ Para uma discussão mais minuciosa destes processos, sugerimos a consulta de literatura técnica nessa área, como Ruska (1987) e Chang e Sze (1996).

QUADRO 1.1. Tipos de *design houses*, segundo os serviços prestados.

Tipos de Empresas de Serviços	Características
DH Vinculadas/Especializadas (DH1)	DH vinculadas a uma única empresa de semicondutores (com ou sem fab própria). Organizadas como grupos de engenharia de uma mesma empresa. Podem contratar DH3. DH especializada por produto final (telecom, automotiva, etc.).
DH Independentes Integradoras (DH2)	<i>Design house</i> independente. Licencia ou contrata IP ou serviços de DH3.
DH Independentes Prestadoras (DH3)	Fornecedora de módulos de IP e de softwares embarcados segundo especificações de DH1 ou DH2.
Empresas Fornecedoras de CAD (EDA)	<i>Software houses</i> que fornecem software de automação do projeto de chips e sistemas para outras DH.

Fonte: Amato Neto *et al* 2002.

Vale lembrar que o custo estimado para a instalação de uma *design house* é de US\$ 1 a 5 milhões, englobando os recursos necessários para a implementação das estações de trabalho, contratação de pessoal especializado e qualificado e ainda a compra de ‘pacotes’ de *softwares* para automação de projetos eletrônicos, sendo que este é o item mais dispendioso, com gastos em torno de US\$ 1 milhão por ano em licenças (Bampi, 2004).

Podemos constatar que, embora a especialização vertical das atividades produtivas seja uma tendência crescente na indústria de semicondutores, há estudos que mostram que, de fato, as firmas especializadas não estão substituindo os produtores integrados (IDMs) em determinadas atividades produtivas, principalmente naquelas relacionadas à introdução de inovações tecnológicas que se aproximam da fronteira tecnológica.

Para tal constatação, as inovações tecnológicas devem ser classificadas de acordo com natureza de seu processo de coordenação: *autônomas* (que afetam um único estágio da cadeia produtiva ou podem ser assimiladas pelas estruturas de coordenação existentes) ou *sistemáticas*, que exigem uma maior coordenação entre as várias etapas da produção ou requerem uma reestruturação do sistema de produção (Langlois, 1992). Esta distinção possui implicações para a estrutura de operação das empresas na indústria, já que a decisão na separação das atividades produtivas envolve não apenas uma análise dos custos de transação¹², mas também um exame das capacidades de coordenação construídas pela firma. Sob esta perspectiva, as empresas integradas atuantes na produção de componentes

¹² Para um detalhamento sobre a teoria dos custos de transação, sugerimos: Coase, 1937 e Williamson, 1985.

semicondutores possuem uma melhor performance do que as empresas especializadas quando a inovação é sistemática e requer elevado grau de coordenação e comunicação ou troca de conhecimento tácito entre as etapas da produção (Macher, 2001).

Os dados do setor mostram houve uma redução nas taxas de crescimento das empresas do tipo IDM na indústria de semicondutores, mas isso ainda não teve impacto na representatividade do segmento, porque as empresas integradas se mantêm como as mais significativas: com um faturamento no valor de US\$ 125 bilhões em 2001, dentre os US\$ 138 bilhões faturados nesse ano, as IDMs possuem uma participação relativa de mais de 90% no total da indústria de circuitos integrados mundial. Mesmo com a grande representatividade das empresas integradas, houve uma expansão das *foundries* dedicadas ou *fabs*, que executam somente a manufatura/fabricação dos *chips*, particularmente no final da década de 80 e início dos anos 90. Vale lembrar que esse é um segmento com grande potencial de crescimento¹³, diante das vantagens na especialização em determinadas atividades produtivas e do valor agregado nesta etapa produtiva, já que a fabricação do *wafer* concentra 70% do valor de um *chip*¹⁴.

Há ainda as empresas de ATS (*Assembly & Test Services*) que realizam a última etapa do processo de produção dos *chips*, com atividades relacionadas ao encapsulamento e testes finais, sendo que seus principais clientes são as IDMs e as *fabless*. Neste segmento 7 grandes empresas abrangem 60% do mercado, com um faturamento global de US\$ 7 bilhões em 2001 (Gutierrez e Leal, 2004). Essas empresas que realizam atividades de empacotamento e testes representam uma parcela menor na agregação de valor ao semicondutor. No entanto, somente a instalação de uma dessas empresas já representa uma participação significativa nos mercados internacionais, como ilustra a disputa entre México, Chile, Brasil e Costa Rica para a implantação de uma fábrica de atividades de *back-end* da Intel, sendo que o investimento da planta em si foi de cerca de US\$ 400 milhões, mas a Costa Rica, que venceu a concorrência destes outros países em desenvolvimento, hoje

¹³ Estatísticas recentes mostram que o segmento das *foundries* tem crescido mais que a totalidade da indústria de semicondutores. Por exemplo, em 2006 estima-se que as *foundries* cresçam 32%, ao passo que a indústria mundial de chips deve crescer 8%. Fonte: “IC Foundry Market to Grow 32% in 2006”, *Electronic News*, 23/01/2006. Disponível em <http://www.reed-electronics.com/electronicnews/article/CA6301398.html> (conforme consulta realizada em julho/2006).

¹⁴Fonte: “Contexto”, *Jornal Valor Econômico*, 23/09/2005 - edição nº 1352. Disponível em <http://www.valor.com.br/veconomico/caderno/?show=index&n=&mat=3290794&edicao=1190> (conforme consulta realizada em abril/2006).

exporta por volta de US\$ 5 a 6 bilhões em semicondutores, produto que se tornou o principal artigo da pauta exportadora do país¹⁵.

Nos anos 90, a especialização vertical se amplia ainda mais no modo de organização da produção da indústria de semicondutores, já que surgiram empresas especializadas na comercialização dos direitos de propriedade intelectual (IP – *intellectual property*) dos semicondutores – seja das tecnologias, arquiteturas, *softwares* ou projeto dos circuitos – tratando da comercialização de bibliotecas de soluções tecnológicas específicas para a sua reaplicação, as *chipless*¹⁶.

Geralmente, tais empresas negociam com empresas IDM, *fabless* ou empresas de fundição, uma vez que se especializam no *design* dos circuitos integrados e dos sistemas envolvidos nestas atividades, desenvolvendo um *know-how* próprio, sem a necessidade de se envolver nas atividades produtivas propriamente ditas, sendo que o faturamento deste setor atingiu cerca de US\$ 900 milhões em 2001 (Metzler, 2003 e BNDES, 2003).

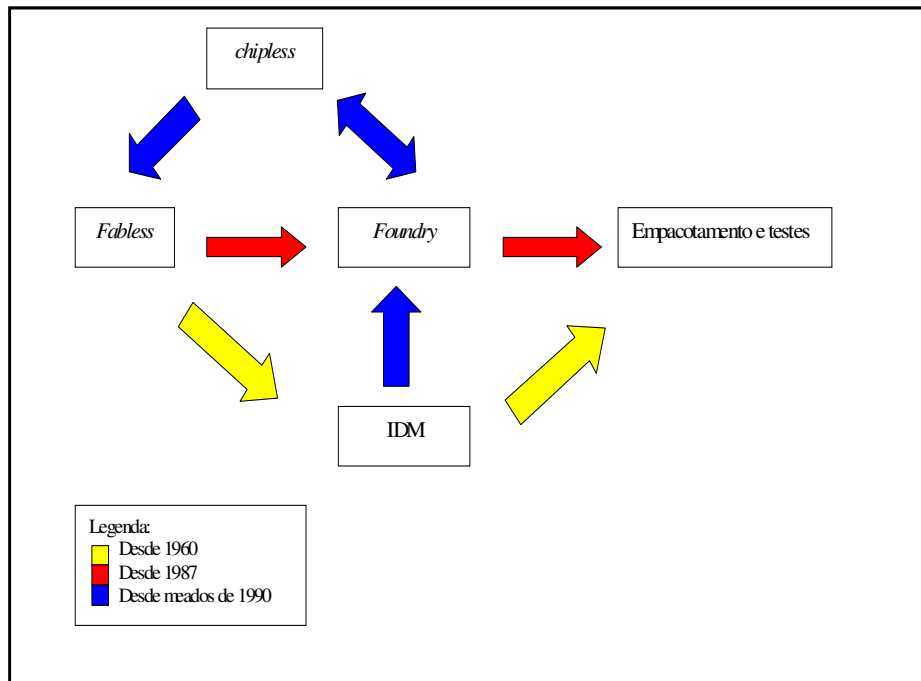
Esta permanente reconfiguração da estrutura do modo de organização das empresas¹⁷ envolvidas na produção de componentes semicondutores é uma evidência do seu alto dinamismo, complexidade tecnológica e crescimento do setor, já que continuamente estão surgindo novas demandas (por serviços e atividades), e novos ofertantes - empresas especializadas em segmentos emergentes, como as *chipless* (nos anos 90) e as *foundries* e as *fabless* (década de 80). A evolução da organização do modo de produção da indústria de semicondutores, diante da integração de diversas empresas especializadas em determinadas atividades, é ilustrada na figura (1.2) a seguir.

¹⁵ A vitória da Costa Rica neste processo de concorrência internacional é atribuída ao estruturado processo de negociação entre um grupo de atração de investimentos local (*Coalición Costarricense de Iniciativas para el Desarrollo*) e os dirigentes da Intel, sendo que esta comissão realizou uma série de palestras e seminários no Vale do Silício apresentando as vantagens locais para a instalação desta fábrica. Para uma discussão mais detalhada desta negociação sugerimos: Nelson (2003).

¹⁶ Empresas *chipless*: as líderes são a ARM, Rambus e MIPS Technologies e outras como a Chromatic Research e a Advanced RISC Machines (fonte: <http://wds.fsa.org/1997/insights/> conforme consulta realizada em dezembro/2005 e BNDES, 2003).

¹⁷ Destacaremos estes tipos de empresas por serem aquelas com maior evidência na literatura pesquisada. Mas, segundo o estudo do BNDES (2003), existem ainda outros dois grandes grupos: 1) empresas que fornecem serviços, equipamentos ou insumos para a indústria de circuitos integrados – as EDA (*Electronic Design Automation*) como a Cadence, Synopsys e Mentor Graphics; ou empresas de equipamentos como a Applied Material e Tokyo Electron e as de insumos, como a Shin-Etsu Chemical e DuPont PhotoMask; 2) empresas que compram circuitos integrados e que são fabricantes de produtos finais (conhecidas como OEM – *Original Equipment Manufacturer*) ou especializadas em serviços contração de manufatura, as CEM (*Contract Equipment Manufacturer*) ou ainda os distribuidores de *chips*.

FIGURA 1.2. Organização do modo de produção na indústria de semicondutores.



Fonte: Tradução e elaboração própria a partir de Tung, 2001, p.272.

Nos últimos anos, surgem indícios do aprofundamento da especialização vertical em um segmento específico da indústria - a área de projeto dos circuitos - o que estaria ocasionando um deslocamento das atividades de *design* dos EUA para a Ásia, como discutiremos a seguir.

1.3.1.1 A especialização vertical no segmento de *design* de semicondutores

Nos anos 90 podemos perceber um aumento desta tendência de especialização vertical das atividades produtivas na indústria de semicondutores, particularmente na área de projeto de *chips*, sendo que a Ásia surge como uma região com novas potencialidades nesse segmento, diante da crescente internacionalização dos processos de inovação, ou seja, “... mais recentemente, em um segundo estágio, esta especialização vertical ocorreu no processo de *design* propriamente dito” (Ernst, 2003, p.14).

Brown e Linden (2005) identificam alguns fatores explicativos para esse deslocamento do *design* de *chips* para a Ásia: a existência de um contato mais próximo com os clientes, a facilidade no acesso a recursos humanos especializados e a um custo relativamente menor, implicando uma redução dos custos totais da produção. Desta forma, Taiwan, China e Índia emergem como novos pólos globais em semicondutores, principalmente pela disponibilidade de engenheiros qualificados no segmento de projeto de semicondutores, acompanhada do baixo indicador de proteção aos direitos de propriedade intelectual e as consequências desse fato.

O estudo de Ernst (2004, a) procura compreender este processo de descentralização das atividades de *design* de componentes semicondutores para a Ásia por meio de uma pesquisa realizada entre 2002 e 2003, com 60 empresas e 15 institutos de pesquisa envolvidos em atividades de *design* na Ásia, particularmente em Taiwan, na Coreia do Sul, na China e na Malásia. O autor identificou fatores de atração para o deslocamento dessas atividades; tanto pelo lado da demanda, como vantagens locais no custo de emprego desses engenheiros de projetos; como pelo lado da oferta, como as políticas de atração desses países, efetivadas por meio de incentivos e leis de regulação.

No entanto, Ernst considera que existem outros fatores que agravam essa tendência de descentralização geográfica (no sentido de uma saída dos EUA) das atividades de projeto em direção à Ásia, uma vez que esse movimento seria uma resposta às mudanças radicais ocorridas na metodologia dos processos produtivos de *design* de *chips*, ou seja, as mudanças promovidas pela maior disseminação do *design* modular¹⁸ (em substituição ao *system-level-integration*) acompanhada de uma maior organização das unidades produtivas em atividades de projeto (a *design factory* automatizada). Isto significa que o uso crescente de *softwares* de *design* padronizados utilizados em estruturas automatizadas e eletrônicas para produção, combinados com o menor custo relativo dos recursos humanos altamente qualificados na região, facilitou a dispersão das atividades de *design* de *chips* para a Ásia nos anos 90, já que a concentração geográfica em uma única região (EUA) mostra-se como uma desvantagem quando são necessárias capacidades variadas nos profissionais desta área em constante processo de assimilação de inovações tecnológicas (Ernst, 2004, a).

¹⁸ Mais informações nesse aspecto podem ser obtidas em Ernst (2004, b).

No entanto, existem estudos recentes que contestam essa especialização vertical do *design* de *chips* para a Ásia. Macher, Mowery e Minin (2006) sugerem que as atividades de projeto de semicondutores ainda permanecem concentradas nos EUA, embora este segmento também esteja se desenvolvendo em Taiwan. Para constatar isso, são considerados os dados de um levantamento estatístico sobre a origem das empresas *fabless* no mundo e evidenciou-se que 67% delas estão localizadas nos Estados Unidos (em um total de mais de 700). Os autores justificam essa continuidade das atividades de projeto no país com base na existência de *clusters regionais* em segmentos de alta tecnologia, nos quais permanentemente surgem novas técnicas e inovações, com engenheiros talentosos e desenvolvimento de novos *softwares* em *design* de circuitos.

Portanto, não há um consenso na literatura existente sobre as novas tendências da especialização vertical no segmento de projetos de semicondutores, dado que embora outros países, particularmente a Ásia, estejam aumentando sua participação nos projetos de circuitos na indústria mundial, os produtores tradicionais (EUA) ainda mantêm-se representativos nos mercados globais.

1.3.2. Estrutura de mercado e padrão competitivo

A indústria de semicondutores apresenta uma dinâmica de inovação própria e acelerada, uma vez que o tempo necessário para o lançamento de novos produtos ou processos é crucial na concorrência entre os produtores. Além disso, são exigidos contínuos esforços em atividades de P&D e significativos investimentos em capital para a atualização tecnológica das empresas.

A combinação desses fatores conduz a um perfil concorrencial seletivo, já que são poucas as empresas capazes de atender a essas exigências para manterem-se competitivas e consolidar suas capacidades tecnológicas nesta permanente disputa pelos mercados. Esse fato que ocasionou uma estrutura de mercado mundial relativamente concentrada, composta por um grupo de grandes empresas multinacionais, sendo que as 20 maiores empresas abrangem mais de 70% do mercado, como mostra a tabela (1.2).

TABELA 1.2. Faturamento dos 20 maiores *players* da indústria mundial de semicondutores, em US\$ milhões, 2002-2003.

Empresa	Receita		% total
	2002	2003	
1 Intel	23.702	26.723	15
2 Samsung Electronics	8.751	9.514	5,3
3 Renesas Technology	0	7.946	4,5
4 Toshiba	6.422	7.684	4,3
5 Texas Instruments	6.380	7.515	4,2
6 Infineon Technologies	5.375	7.235	4,1
7 STMicroelectronics	6.354	7.035	3,9
8 NEC	5.321	5.696	3,2
9 Philips Semiconductors	4.361	5.602	3,1
10 Motorola	4.807	4.806	2,7
11 Matsushita Eletric	3.280	3.783	2,1
12 Sony	2.791	3.368	1,9
13 Micron Technology	2.895	3.361	1,9
14 Sharp Eletronics	2.267	3.080	1,7
15 Hynix	2.392	2.978	1,7
16 Fujitsu	3.126	2.712	1,5
17 IBM Microelectronics	2.808	2.537	1,4
18 Sanyo Eletric	2.121	2.500	1,4
19 Qualcomm	1.941	2.379	1,3
20 Rohm	2.390	2.353	1,3
21 Analog Devices	1.770	2.172	1,2
22 Advanced Micro Devices (AMD)	2.661	2.044	1,1
23 Agere Systemns	2.197	1.913	1,1
24 Spansion	0	1.748	1
25 nVidia	1.812	1.729	1
SOMA	105.924	128.413	71,9
outras companhias	50.643	49.976	28
Receita Total	156.567	178.389	99,9

Nota: A Renesas Technology foi fundada em 2003, por meio de uma *joint-venture* entre a Hitachi e a Mitsubishi, o que justifica a ausência de dados para o seu faturamento em 2002. Fonte: *iSupli Corporation*, 2003. In: Oliveira, Oliva e Bueno, 2004.

Embora o índice de concentração industrial mais comumente utilizado evidencie uma baixa concentração - as quatro principais empresas não englobam sequer 30% do faturamento mundial da indústria - a análise mais minuciosa dos segmentos dos produtos que essas empresas produtoras revela outra realidade.

As quatro maiores empresas são a Intel, a Samsung, a Renesas Technology e a Toshiba. A primeira é a maior fabricante de *chips* para computador do mundo, ou seja, a Intel abastece cerca 85% dos computadores pessoais e servidores mundiais com seus processadores e enfrenta a concorrência direta da AMD nesse segmento (15%)¹⁹. A

¹⁹ Fonte: “AMD acirra disputa com rival Intel na China e Índia”, *Jornal Valor Econômico*, 16/12/2005; “Samsung pretende fornecer chips a Sony”, *Diário Digital*, disponível em

Samsung lidera a produção de memórias²⁰ e, finalmente, a Renesas destaca-se como líder mundial no fornecimento de microcontroladores. A Renesas Technology Corporation foi fundada em 2003 por meio de uma *joint-venture* entre a Hitachi (55%) e a Mitsubishi (45%). Tem cerca de 26 mil empregados, 43 instalações industriais (sendo 18 no Japão) e o seu produto líder são os microcontroladores de aplicação específica, além de *smart-cards* (2º. maior fornecedor mundial) e memórias *flash* (5º. maior mundialmente)²¹. Diante desses dados, podemos perceber que a concentração na indústria de semicondutores é mais evidente na análise por segmento de produto, sendo que poucas empresas dominam os mercados dos principais produtos.

Outro aspecto relevante na estrutura de mercado da indústria de semicondutores é que, diante do elevado dinamismo tecnológico e do avanço acelerado das inovações tecnológicas²², a liderança de mercado está em constante mudança. Isto significa que as grandes empresas têm que investir pesadamente em atividades de P&D e buscar novos nichos de mercado, construindo capacidades tecnológicas diferenciadas que permitam uma consolidação de sua posição competitiva do mercado. Este fato se evidencia na tabela (1.3), que apresenta os principais fabricantes mundiais em momentos distintos nas três últimas décadas: a Texas Instruments que era líder mundial na produção de semicondutores nos anos 70 hoje consta na quinta posição, enquanto que a Intel, que ocupa a liderança mundial atualmente, sequer era listada entre os maiores produtores nas décadas de 70 e 80.

http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?section_id=44&id_news=207506 (conforme consulta realizada em janeiro/2006).

²⁰ Fonte: “Samsung Electronics solidifies server memory market leadership with 8GB product offering”, *Business Wire*, 08/12/2005, disponível em http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0EIN/is_2005_Dec_8/ai_n15925222 (conforme consulta realizada em janeiro/2006). Além disso, segundo informações do site da empresa, a Samsung ocupa a liderança mundial em outros segmentos de alta tecnologia como painéis de cristal líquido (TFT-LCDs), monitores para computador, aparelhos celulares GSM e CDMA, semicondutores, e videocassetes (VCRs).

²¹ Informações disponíveis em <http://www.renesas.com> e “What’s behind Japan’s new chip alliance?”, *Electronic News*, 04/10/2003 (conforme consulta realizada em janeiro/2006).

²² Para um detalhamento desses aspectos, consultar: Dosi, (1984), Apleyard *et al* (2000), William e Tjahjono (2005) e, mais especificamente para a indústria brasileira sugerimos Fontes (2003).

TABELA 1.3. Principais produtores mundiais de semicondutores e sua participação no mercado mundial (em %) em 1978, 1988, 1998 e 2003.

1978		1988		1998		2003	
Empresa	%	Empresa	%	Empresa	%	Empresa	%
Texas Instruments	11	NEC	-	Intel	18.1	Intel	15
Motorola	8	Toshiba	-	NEC	6.5	Samsung	5.3
Philips	7	Hitachi	-	Motorola	5.6	Renesas Technology	4.5
Nippon Electric	7	Motorola	-	IBM	4.9	Toshiba	4.3
Hitachi	5	Texas Instruments	-	Toshiba	4.7	Texas Instruments	4.2

Nota: dados da participação no mercado mundial em 1988 indisponíveis.

Fonte: Elaboração própria a partir de diversas fontes de dados. In: Dosi, 1984; Cunha, 1994 e Oliveira, Oliva e Bueno, 2004.

Um elemento interessante na estrutura de mercado da indústria de semicondutores é que diante da dinâmica de inovação acelerada do segmento, existem permanentemente oportunidades para novos entrantes. Sob essa perspectiva, percebemos uma mudança contínua e ainda que “a diversificação da indústria de semicondutores é a principal porta de entrada a ser explorada” (Arnall, 2003 *apud* Oliveira, Oliva e Bueno, 2004). Portanto, na medida em que as grandes empresas concentram seus esforços e investimentos em produtos mais lucrativos, há certos segmentos que permanecem como uma oportunidade para os entrantes do setor, já que deixaram de ser a prioridade dessas grandes empresas, como ocorre nos componentes destinados ao setor automotivo e aos aparelhos domésticos (Oliveira, Oliva e Bueno, 2004).

1.3.3. A dinâmica diferenciada entre as categorias de produtos

Para constatar as oportunidades para os novos entrantes nessa indústria, corroboradas tanto pela tendência de especialização vertical, como também pela mudança contínua das empresas líderes na indústria, é interessante examinarmos a dinâmica diferenciada entre os diferentes grupos de produtos. Para isso, são apresentadas as diversas classificações existentes para abordar os componentes da indústria de semicondutores, no quadro (1.2) a seguir.

QUADRO 1.2. Síntese das classificações para os componentes semicondutores.

Autor	Critério	Categorias e características
OCDE (1985)	Funcionalidade	▪ Discretos: componentes simples, como transistores e diodos, geralmente utilizados em fontes de alimentação e eletrônica de potência; ▪ Integrados: principal componente em termos de valor e com maior complexidade em sua estrutura interna, porque possuem a agregação de várias funções dos componentes discretos em uma única pastilha; ▪ Aplicações específicas: optoeletrônicos e sensores.
OCDE (1985)	Escala de Integração	▪ Small Scale Integration (SSI): de 30 a 80 transistores, ▪ Medium Scale Integration (MSI): de 300 a 800 transistores, ▪ Large Scale Integration (LSI): de 3 mil a 8 mil transistores, ▪ Very Large Scale Integration (VLSI): de 30 mil a 100 mil transistores ▪ Ultra Large Scale Integration (ULSI): mais de 1 milhão de transistores.
BNDES (2003)*	Tecnologia dos circuitos integrados	▪ Analógicos: de funcionamento padrão (funções básicas) ou desenvolvidos para realizar aplicações específicas, como o sistema de injeção eletrônica dos combustíveis dos veículos. ▪ Digitais: possuem uma maior complexidade e agregação de funções em suas atividades, com destaque para as memórias e processadores.
Shintate (2002)*	Combinação entre as características tecnológicas e funcionais	▪ Micrológica: componentes como processadores de computadores, controladores dedicados e coprocessadores. A categoria mais importante é a dos processadores digitais de sinais, existente em conversores analógico/digital, capazes de processar sinais de áudio e vídeo. ▪ ASICs: aplicação específica ou lógica, são componentes dedicados com projeto altamente padronizado, sendo utilizado em dispositivos de telecomunicações e drivers de CD, relógios e outros aparelhos digitais. ▪ Analógicos: circuitos que trabalham por meio de sinais analógicos, como amplificadores, regulares de tensão e componentes de áudio, vídeo e telecomunicações. ▪ Memórias: circuitos integrados capazes de armazenar dados, sendo que o tipo mais comum é o das memórias DRAMs, mais padronizado e utilizado em computadores.

Nota: (*) Estas abordagens se referem às subcategorias dos circuitos integrados, ou seja, desconsidera os componentes discretos.

Fonte: Elaboração própria a partir da revisão da literatura.

A partir dessa amplitude de abordagens, daremos uma maior ênfase às categorias propostas no estudo de Dibiaggio (2001) que se assemelham à classificação de Shintate (2002), que evidenciou as diferenças na evolução da dinâmica competitiva entre os *chips* lógicos, as memórias e os circuitos integrados de aplicação específica (ASICs). Nos dois

primeiros, o processo de incorporação de novas tecnologias é bastante similar, já que diz respeito ao processamento e armazenamento de dados. A diferença central está no *design* desses componentes: as memórias já se tornaram padronizadas, *commodities*, com pouco escopo para diferenciação nos produtos, enquanto que nos *chips* lógicos, embora exista padronização, há ainda um espaço para se diferenciar atributos em alguns segmentos de seus produtos (Gruber, 2000).

Por exemplo, dentre os *chips lógicos* existem 3 principais grupos de produtos. Os microprocessadores são usados para processar os sistemas dos computadores individuais; os microcontroladores contêm um único circuito integrado programado para atender diferentes necessidades dos usuários e há ainda os processadores de sinal digital que possuem alta complexidade e velocidade, normalmente utilizados em aplicações como os modems.

Dessa forma, como há potencial para agregação de valor nesses diferentes segmentos de produtos, mesmo com a rápida obsolescência dos produtos, muitas *fabless* propõem soluções inovadoras e vendem seus projetos para empresas de manufatura, aproveitando-se das oportunidades da especialização vertical (Dibiaggio, 2001). Nesse contexto, a produção de memórias já se tornou dominada pelas grandes empresas, formando um mercado oligopolizado, em que as economias de escala são fundamentais para a redução dos custos, dificultando assim a entrada de novas empresas.

Diferentemente desses componentes, os ASICs são dispositivos projetados e fabricados segundo a necessidade específica de cada um dos clientes, exigindo competências diferenciadas em sistemas de integração já que são direcionados a novas aplicações em produtos ou novos mercados, como para aparelhos celulares, Internet e redes de comunicação sem fio, que demandam detalhadas especificações (Dibiaggio, 2001). Por isso, apresentam uma dinâmica competitiva diferenciada que oferece oportunidades para novos entrantes, dado que:

“Os componentes ASICs têm sido a força motriz dos avanços na indústria de circuitos integrados, em todos os aspectos da cadeia de valor, desde a manufatura flexível, as tecnologias em projetos e as ferramentas para suporte e serviço aos clientes... uma nova série de inovações está vindo na família de produtos ASICs, impulsionada pelo crescimento dos mercados e pela generalização de sistemas embarcados que aumentam as possibilidades

de integração. Em particular, as soluções de *system-on-a-chip* aparecem com custos mais competitivos para aplicações específicas como as existentes em telefones móveis, redes de telecomunicação, estações de trabalho e caixas de transmissão de TV digital” (Dibiaggio, 2001, p.23).

A importância dos componentes ASICs no desenvolvimento da indústria de semicondutores também é reconhecida por especialistas e técnicos da indústria, como consta em periódicos eletrônicos do setor, a exemplo do *EE Times*. A publicação destaca que “os ASICs substituíram as memórias discretas como principal processo tecnológico que impulsiona o desenvolvimento da indústria de semicondutores”²³.

O estudo do BNDES (2003) corrobora o argumento do seu grande dinamismo e novas oportunidades setoriais, já que apontou que esse é o segmento da indústria com maior crescimento, grande potencial de inovações tecnológicas e o menos oligopolizado, além do seu crescimento sustentado acima da média dos demais produtos da indústria (Bampi, 2004). Mais um aspecto que fortalece essa perspectiva é considerarmos que a maior parte dos componentes ASICs está presente em bens de comunicação, particularmente em redes sem fio (*wireless*) e bens de consumo, considerados os mercados com aplicações de *chips* que estão estimulando o crescimento das vendas da indústria de circuitos integrados nos próximos 3 anos (KPMG, 2005)

Por tais motivos, consideramos que o mercado dos produtos de circuitos integrados de aplicação específica apresenta menores barreiras à entrada para países de desenvolvimento tardio, juntamente com seu potencial de agregação de valor aos produtos e criação de capacidades tecnológicas diferenciadas, sendo importante para alcançar oportunidades para o desenvolvimento da indústria brasileira de *chips* por meio das companhias de projeto, como discutiremos mais detalhadamente no capítulo III.

²³ Fonte: “Commentary: Post-boom economy redefines ASICs”, *EE Times*, 01/11/2002. Disponível em <http://www.eetimes.com/showArticle.jhtml?articleID=1708067> (conforme consulta realizada em julho/2006). Mais informações sobre ASICs podem ser obtidas nas seguintes reportagens: “Gartner dataquest analyst gives ASIC, FPGA markets clean bill of health, *EE Times*, 13/06/2005) e “ASICs face stiffening competition from ASSPS”, *EE Times*, 28/01/2005, dentre outras publicações.

1.4. Conclusões

Este capítulo realizou uma análise da indústria de semicondutores mundial, examinando suas características estruturais do segmento e as suas mudanças recentes, no intuito de avaliarmos se ainda existem oportunidades para entrada de países de desenvolvimento tardio nessa indústria, como o Brasil.

Evidenciamos que a indústria mundial de semicondutores tem importância reconhecida por diversos elementos: 1. sua onipresença nas diversas atividades produtivas e na rotina de nossa vida cotidiana, mesmo com as tendências recentes em Tecnologias de Informação e Comunicação, com a expansão da “computação ubíqua”; 2. seu dinamismo, com uma taxa de crescimento média de 13,5% nos últimos 20 anos, embora exista uma forte instabilidade, e, finalmente, 3. sua dimensão, seja em termos de faturamento como com relação à margem de lucro. Dessa forma, qualquer forma de participação nessa indústria já se torna expressiva na geração de valor agregado aos produtos, além dos efeitos indiretos na criação de renda e empregos.

Verificamos que uma tendência recente disseminada pela indústria de *chips*, também presente em outras indústrias é a especialização vertical das atividades produtivas, particularmente a partir da década de 80. Surge então uma alternativa ao modo de produção integrada, uma forma das empresas se especializarem em determinadas atividades produtivas, desenvolvendo capacidades tecnológicas próprias, para manterem-se competitivas na indústria, como as mostrou a atuação das *fabless* (ou *design houses*) e as *foundries*. Posteriormente discutimos a expansão dessa tendência para a área de projetos, considerando que embora existam indícios que haja um deslocamento do *design* de *chips* para a Ásia, a literatura apresenta argumentos divergentes sobre esse fato.

Uma característica econômica importante da indústria mundial de semicondutores é a sua concentração relativa, dado que os 20 maiores produtores dominam aproximadamente 70% do mercado. No entanto, sua concentração é ainda maior em segmentos específicos de produtos, nos quais geralmente a produção está dominada por grandes empresas multinacionais. Relacionado a isso e à dinâmica acelerada de inovações presente na indústria, observamos que a liderança dos produtores mundiais está em contínua mudança, desde a década de 70 até os últimos anos, refletindo a concorrência acirrada no setor.

Além disso, percebemos que existe uma dinâmica diferenciada, tanto em termos tecnológicos como em termos econômicos, nas diferentes categorias de produtos, particularmente entre os componentes micrológicos, as memórias e os ASICs. O exame deste aspecto mostrou que existe potencial de desenvolvimento de novas aplicações e tecnologias nos componentes ASICs, proporcionando oportunidades para novos entrantes nessa indústria nesse segmento.

Portanto, por meio dessa avaliação da indústria global de semicondutores, podemos compreender suas principais características principais, se tornando um subsídio para a análise dos capítulos seguintes desse trabalho, tanto ao tratarmos de uma experiência internacional de sucesso (Taiwan), como também para que possamos discutir as possibilidades do desenvolvimento de uma indústria brasileira de *chips* por meio do *design*.

Capítulo II: Uma experiência de desenvolvimento tardio bem sucedido na indústria de semicondutores: Taiwan

2.1. Introdução

Este capítulo analisará os fatores determinantes da experiência de sucesso no desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan, assim como suas capacidades construídas e outros elementos interessantes encontrados ao longo da pesquisa, no intuito de identificarmos alguns aspectos norteadores para a elaboração de uma estratégia para a indústria brasileira de semicondutores.

O objetivo do capítulo é examinar os principais elementos que possibilitaram os resultados positivos dessa trajetória do desenvolvimento industrial em semicondutores em Taiwan. Para cumprir esse objetivo, procuraremos responder algumas questões que auxiliem nessa análise, tais como: Quais as principais etapas do processo de desenvolvimento industrial? Quais as capacidades tecnológicas construídas? Como se efetivou a inserção internacional competitiva de Taiwan? O que podemos aprender com o caso de Taiwan? Quais os segmentos da indústria de semicondutores – as *design houses* e/ou as *foundries* – que efetivamente consolidaram o desenvolvimento de sucesso dessa indústria no país? A integração entre esses segmentos é um elemento fundamental para os resultados do desenvolvimento industrial?

O capítulo está estruturado em 3 seções, além desta introdução e das conclusões, que tratam: dos critérios e da justificativa para a escolha de Taiwan como experiência internacional, incluindo o histórico do país para compreensão de sua situação política ainda não resolvida; das suas principais políticas industriais implementadas, com destaque para o desenvolvimento científico e tecnológico e, finalmente, o tema de maior interesse para o nosso trabalho – o desenvolvimento da indústria de semicondutores.

Diante da complexidade deste processo de desenvolvimento, a análise da última seção está dividida em um breve histórico que se inicia nos anos 60; passa para um período em que surgem diversas iniciativas para a criação de um ambiente favorável ao desenvolvimento industrial nos anos 70/80 e caminha para as décadas de 80/90 em que ocorre um processo de consolidação das capacidades tecnológicas adquiridas.

Finalmente, faremos uma discussão sobre as evidências dessa trajetória de desenvolvimento – se esse processo ocorreu por meio das *design houses* e/ou das *foundries*

– possibilitando a construção de competências tecnológicas diferenciadas, que permitiram a inserção internacional do segmento de semicondutores de Taiwan.

2.2. Por quê Taiwan?

Ao pensarmos em uma estratégia para o desenvolvimento da indústria de semicondutores brasileira é importante analisarmos uma experiência internacional de sucesso, principalmente dentre os países com desenvolvimento tardio - os *latecomers*²⁴ - que tiveram resultados positivos diante dos seus esforços sistemáticos para capacitação tecnológica e desenvolvimento econômico recentemente, com destaque para os países do Leste Asiático²⁵, apontando alguns elementos fundamentais na adoção dessa estratégia.

Segundo Mathews (1999), esses países de desenvolvimento tardio foram capazes de acumular competências dinâmicas por meio da criação de conhecimento aliada à administração eficiente do seu processo de difusão tecnológica. Por isso, ao analisarmos esta trajetória de desenvolvimento adotamos perspectiva de um Sistema Nacional de uma Economia de Aprendizado, uma vez que todos os agentes – públicos, privados e organizações – estão envolvidos em um processo interativo de aprendizado tecnológico.

Tal perspectiva se alinha à proposta de Lundvall (1992, 1996) ao sugerir que tratemos este processo como o de uma ‘economia do aprendizado’, uma vez que “o sucesso dos indivíduos, das firmas, das regiões e da economia nacional reflete a sua capacidade de aprender... especialmente para o aprendizado de novas habilidades” (Lundvall, 1996, p.14). Isto significa que, embora possam existir vantagens comparativas iniciais, a capacidade de aprendizado dos indivíduos, empresas ou países pode superá-las rapidamente, uma vez que os mecanismos de aprendizado podem gerar inúmeras outras capacidades diferenciadas.

Ao adotarmos esta perspectiva dinâmica, Taiwan surge como um estudo de caso promissor por diversos elementos. Primeiro, porque hoje se consolida como um país

²⁴ São chamados de *latecomers* os países de desenvolvimento tardio (anos 70 e 80) que alcançaram competitividade por meio de esforço sistemático em aprendizado tecnológico e diversificação da sua estrutura industrial, ou seja, esses países promoveram um processo de *catching-up*, para superar suas desvantagens competitivas iniciais (por exemplo, locacionais e tecnológicas), como a Coreia do Sul e Taiwan, dentre outros do Leste Asiático. Para um maior detalhamento deste conceito, sugere-se consultar os argumentos de Hobday (1995), Mathews (1999) e Veselka (2005).

²⁵ Existe uma ampla literatura que trata do sucesso do desenvolvimento econômico nos países do Leste Asiático, para uma análise mais minuciosa deste tema, sugerimos a consulta de: Wade (1990), Pack e Westphal (1986), Kuznets (1988), Amsden (1992), Banco Mundial (1993), Young (1992, 1994), Kim e Lau (1994), Krugman (1994), Hernandez (2004), Rodrik (1994) e Rao (2001), dentre outros.

competitivo na indústria de semicondutores, dado que é o quarto maior produtor mundial, líder no segmento das *foundries* e segundo maior fabricante mundial no segmento de *design* de circuitos integrados. Segundo, visto que realizou seu desenvolvimento em semicondutores somente a partir dos anos 70, é um país que ingressou tardiamente na indústria, de forma diferente dos produtores tradicionais – EUA e Japão. O terceiro elemento está relacionado com a sua forma de inserção internacional, por meio da produção em um nicho de mercado, dado que o país investiu em produtos de aplicação específica (produtos eletrônicos digitais) e intensivos em *design*, além de implementar um modelo de negócios fundamentado nas *foundries*.

Outro país que teve resultados positivos no desenvolvimento econômico, e também em sua inserção competitiva na indústria eletrônica mundial foi a Coreia do Sul. No entanto, a trajetória de desenvolvimento e a estrutura industrial do país apresentam características peculiares que impedem sua comparação ao pensarmos em uma estratégia para países de desenvolvimento tardio nesse segmento, como o Brasil.

No caso coreano, teve papel central a forte atuação do governo na busca de autonomia tecnológica, com a implementação de incentivos, como subsídios e isenções. No entanto, a estratégia de industrialização concentrou-se na atuação dos grandes conglomerados industriais, os *chaebols*, que tiveram papel ativo no processo de capacitação tecnológica do país, além da adoção de uma estratégia de diversificação comercial e incentivo às exportações. Esse projeto “estatal-industrialista” teve como característica a forte centralização financeira e decisória no governo, o qual transformou os *chaebols* em agentes executores desse projeto, sendo marginal a participação dos investimentos estrangeiros. Dessa forma, a promoção e sustentação dos grandes conglomerados foi uma estratégia para permitir que houvesse a internacionalização dos mercados e a expansão das exportações (Lall, 2004). Assim sendo, o caso da Coreia apresenta uma trajetória peculiar²⁶, em uma estrutura industrial totalmente diferente da encontrada em outros países, além do fato de que hoje o país já se encontra em um estágio de desenvolvimento já avançado e distinto de países como Taiwan.

²⁶ Para uma discussão mais detalhada sobre o processo de desenvolvimento tecnológico em semicondutores da Coreia do Sul sugerimos a seguinte bibliografia: Chen e Sewell (1996), Ernst (1998), Keller e Pauly (2001), Mathews e Cho (1999); Kim (1996), Song (2000) e Choung *et al* (2000).

Na trajetória de desenvolvimento da indústria de semicondutores de Taiwan, temos que considerar que o seu desempenho é resultado de uma estratégia de planejamento com ampla intervenção estatal, construída ao longo de mais de três décadas, diante da realização de políticas - tanto industriais quanto setoriais - consistentes e estruturadas, capazes de articular as universidades e as instituições de pesquisa para a produção de conhecimento e recursos humanos qualificados para atender as necessidades emergentes diante reestruturação industrial.

Além destes elementos, vale ressaltar que o país estruturou seu processo de desenvolvimento em uma estratégia direcionada para as exportações, buscando a capacitação de suas empresas locais juntamente com a atração de investimentos diretos estrangeiros, demonstrando assim uma trajetória de aprendizado tecnológico²⁷, com a construção de competências tecnológicas diferenciadas.

É possível evidenciarmos também um processo de coevolução, tanto das tecnologias como das instituições, ou seja, as instituições foram transformando sua forma de atuação ao longo do processo: primeiro, era uma intervenção direta para efetivar os mecanismos de transferência tecnológica, e, posteriormente, essa atuação se tornou mais indireta, como forma apenas de conduzir a trajetória de assimilação das tecnologias pelos agentes locais (Nelson, 1994).

No entanto, mesmo com seu processo de desenvolvimento e sua reconhecida competitividade na indústria de semicondutores, Taiwan apresenta aspectos políticos ainda não resolvidos com relação à China, como descreveremos de forma sucinta a seguir.

Antes da 2^a. Guerra, Taiwan era legitimamente um território japonês, por causa dos direitos pela vitória na Guerra Sino-Japonesa (1895). Com o fim da 2^a. Guerra Mundial, diante dos termos de rendição do Japão e da Declaração de Potsdam, foi estabelecido que a ilha de Taiwan deveria ser transferida para o domínio chinês.

Porém, desde as décadas de 30 e 40 permanecia um clima de instabilidade política na China, já que, embora o governo fosse dirigido pelos nacionalistas, existiam áreas do país em que havia o predomínio político de grupos japoneses e outras de grupos

²⁷ Para literatura que trata particularmente dos processos de aprendizado tecnológico e mecanismos existentes neste processo, sugerimos a consulta de: Katz (1976), Arrow (1962), Lundvall (1988 e 1992), Rosenberg (1982), Malerba (1992), Bell (1984), Tacla e Figueiredo (2002) e Carvalho (2002).

comunistas. Com o fim da guerra, se agravaram as divergências entre os comunistas e os nacionalistas, representados pelo Partido Comunista Chinês (liderado por Mao Tse-tung) e pelo Partido Nacional do Povo, o ‘Kuomintang’.

Assim, juntamente com a expulsão dos japoneses, as tropas da frente nacionalista lançaram uma ofensiva contra os partidários de Mao Tse-tung, reiniciando um conflito armado em 1946 que resultou na vitória das forças de Mao, formando a República Popular da China. Assim, Chiang Kai-shek e o que restava de seu governo refugiaram-se na ilha de Formosa (Taiwan), onde instalou a China Nacionalista, uma entidade política rival à China Popular inaugurada por Mao Tse-tung. Então Chiang Kai-shek tomou o comando de Taiwan e instituiu reformas político-democráticas, mas insistia em prometer a reconquista da China continental, até sua morte em 1975. Taiwan então permaneceu sob Lei Marcial até 1987, e em seguida um partido governou até 1991, quando o presidente Chiang Ching-kuo gradualmente democratizou o sistema. Em 2000 e 2004 foi eleito Chen Shui-bian do Partido Democrático Progressista.

Até hoje Taiwan não é um estado independente, porque o governo da República da China se considera como o único representante do povo chinês e que a ilha seria então apenas uma província rebelde sua. Este posicionamento leva a um impasse com os órgãos da diplomacia mundial, pois se considerarem Taiwan como país não poderão fazer o mesmo com a China, e vice-versa. Em 1971, a ONU (Organização das Nações Unidas) considerou a China comunista como representante legítimo do povo chinês e quase todos os países e instituições adotaram a mesma prática, inclusive a OCDE (Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico)²⁸. A maioria da oposição taiwanesa propõe a total desvinculação da China e a formação de um novo estado independente, abandonando o atual título de ‘República da China’ (Souza, 1989, p.35).

²⁸ Este cenário político impõe dificuldades no acesso a dados primários sobre Taiwan.

2.3. Políticas Industriais em Taiwan

Esta seção apresenta a trajetória e as diretrizes fundamentais das políticas industriais implementadas em Taiwan, já que o desenvolvimento do setor de semicondutores depende fortemente destas. Primeiro, apresentamos algumas definições para conceituar o que é uma política industrial, ressaltando a sua importância no processo de desenvolvimento industrial, algumas destas sintetizadas por Hernandez (2004, p.05):

“Tais políticas se diferenciam das políticas comerciais, pois são esforços governamentais para alterar a estrutura industrial e promover um aumento da produtividade” (Banco Mundial, 2003).

“... esforços governamentais para alterar a estrutura setorial por meio de setores considerados com projeções positivas para acelerar o crescimento e que poderiam gerar um processo típico de evolução industrial de acordo com as vantagens comparativas” (Noland e Pack, 2003).

“... políticas de suporte industrial como políticas de recursos humanos; incentivos fiscais e financeiros para investimento; programas de investimento público, políticas públicas de oferta; incentivos fiscais para atividades de P&D; políticas no nível das empresas para suporte específico à P&D; políticas antitruste... suporte às pequenas empresas; políticas regionais para o desenvolvimento físico e de infra-estrutura social para o estabelecimento de complexos industriais; proteção comercial generalizada.”(Pinter, 1982 *apud* Chang, 1994).

Além dessas definições, Garcia e Roselino (2004) salientam a importância da política industrial considerando seus efeitos sobre a totalidade da economia, ou seja, como uma forma de contribuição para o aumento da competitividade da indústria local e geração de emprego e renda.

Diante dessa amplitude de proposições, Suzigan e Villela (1997) afirmam que as políticas industriais podem possuir uma abordagem mais restrita ou mais abrangente. No primeiro caso, a ação governamental pretende apenas corrigir as falhas de mercado. Já as políticas mais abrangentes incluem medidas gerais, como as macroeconômicas, por exemplo, além daquelas voltadas diretamente para a indústria.

Para Gadelha (2001) essas políticas mais amplas podem ser classificadas como horizontais ou sistêmicas. No primeiro caso, trata-se de políticas gerais, enquanto que no segundo caso enquadram-se as políticas verticais seletivas, que priorizam os diferentes setores da indústria. Na perspectiva do autor, não se pode adotar essa polarização para o tratamento da política industrial, por isso ele sugere uma abordagem neo-schumpeteriana que considere “o caráter sistêmico do ambiente empresarial e a especificidade e diversidade dos padrões evolutivos das estruturas industriais” (Gadelha, 2001, p.04).

Independentemente da abordagem analítica, consideraremos uma política industrial como qualquer esforço governamental, seja por meio de políticas propriamente ditas, investimentos, oferecimento de incentivos e isenções, transferência de tecnologia ou qualquer outro mecanismo para desenvolver a ciência, a educação, as características da indústria e do Sistema Nacional de Inovação, na tentativa de melhorar as condições existentes para o desempenho industrial e tecnológico, tanto em termos de infra-estrutura, como de P&D e de recursos humanos. Isto é, como na visão de Kim (1997), as políticas industriais têm como preocupação central fortalecer o lado da demanda por tecnologia e promover mecanismos de aprendizado local²⁹.

Diante disso, podemos perceber que as políticas industriais estão intimamente ligadas aos objetivos das políticas econômicas nacionais, já que exercem efeitos umas sobre as outras. Em linhas gerais, se concentrarmos nossa análise no período posterior à ocupação japonesa (1895-1945) - uma vez que antes disso Taiwan era apenas uma colônia fornecedora de matérias-primas e consumidora de produtos manufaturados, com uma base industrial fraca - podemos identificar cinco períodos com objetivos diferentes no processo de desenvolvimento econômico em Taiwan a partir dos anos 50 (Hobday, 1995; Lee e Pecht, 1997; Li, 1988; Lin, 2001):

- *Reconstrução econômica e reforma agrária (1949-52)*

Período em que o 1º. Plano de Desenvolvimento do governo priorizou os investimentos em produtos têxteis, fertilizantes e o setor elétrico, ou seja, para melhorar a infra-estrutura necessária para a agricultura, indústria e transportes. Além disso, o governo realizou uma

²⁹ Para uma discussão mais detalhada sobre políticas industriais sugerimos: Chang (1994), Corden (1980), Possas (1996), Rodrik (2004) e Suzigan e Furtado (2005), além dos textos já referenciados.

ampla reforma agrária, mostrando a sua preocupação com uma melhor distribuição da renda e procurando evitar os problemas decorrentes de um êxodo rural acelerado.

▪ *Industrialização por meio da substituição de importações (1953-57)*

Os anos 50 marcam o período de industrialização por meio da substituição das importações, diante da implementação de medidas restritivas aos produtos importados³⁰, houve um aumento da produção agrícola e expansão da produção dos bens de consumo (tarifas de 15% abaixo do preço dos produtos importados) para o atendimento da demanda do mercado doméstico.

▪ *Industrialização com promoção das exportações (1958-72)*

Na década de 60 surge uma preocupação em complementar essa estratégia de substituição de importações com o desenvolvimento das exportações, diante das restrições do mercado doméstico e considerando o baixo custo relativo da mão de obra nos mercados internacionais, este elemento se tornou uma vantagem competitiva de Taiwan. Com o Programa de Reforma Econômica e Financeira, foram adotadas medidas para incentivar os investimentos locais e as exportações, além de impulsionar a entrada das empresas manufatureiras locais nos mercados mundiais. Uma fase conhecida como a ‘decolagem’ da indústria taiwanesa, consolidando uma estratégia de atração de investimentos estrangeiros com a criação de uma zona de processamento de exportações em Kaoshiung³¹.

▪ *Consolidação Industrial e crescimento das exportações (1973-80)*

Este período é marcado por um aumento dos investimentos nas indústrias pesadas e em infra-estrutura, como forma de reforçar a estrutura industrial em si e prepará-la para uma nova fase de desenvolvimento de exportações, direcionada para os produtos intensivos em capital, tecnologia e baseados na ciência³², deixando em um plano secundário aqueles produtos intensivos em trabalho.

▪ *Desenvolvimento da indústria de alta tecnologia e modernização da estrutura industrial (1981-1994)*

³⁰ O argumento utilizado para o uso destas políticas protecionistas é o conhecido como “proteção à indústria infante ou nascente”.

³¹ Dados apresentados por Hou e Gee (1993, p.387) evidenciam esta transformação da estrutura industrial de Taiwan: a participação da agricultura no produto interno caiu progressivamente - de 38,3% em 1953 para 18% em 1970; 9,2% em 1980 e 6,1% em 1988. Em contrapartida, houve um crescimento expressivo da participação industrial – de 17,7% em 1953, para 34,5% em 1970; 44,7% em 1980 e 46,2% em 1988.

³² Para um maior detalhamento desta tipologia, sugere-se consultar Pavitt (1984).

O governo priorizou o desenvolvimento de setores estratégicos e com maior valor agregado, como as indústrias de alta tecnologia, com aumento dos investimentos em P&D, além de iniciativas para a atração de empresas multinacionais e surgimento de novas empresas locais, juntamente com a criação do Parque de Ciência Hsinchu.

▪ *Reestruturação industrial (1995-presente)*

Nesse momento ocorre a implementação do 6º. Plano para Desenvolvimento Industrial (2002-2008), evidenciando a atuação do governo em políticas que promovam um melhoramento nas capacidades tecnológicas adquiridas, com intervenções mais indiretas, assim como mecanismos para promover a consolidação da posição de Taiwan como importante produtor mundial em segmentos intensivos em tecnologia.

Desta forma, ao analisarmos a trajetória das políticas industriais implementadas, percebemos a forte intervenção estatal no processo de desenvolvimento, principalmente em fortalecer a estrutura industrial dos segmentos considerados estratégicos e torná-la capaz de responder rapidamente às demandas dos mercados internacionais, o que Castells (1999) chama de um ‘sistema de produção flexível’, capaz de gerar um aumento da produtividade e competitividade do país. Esta flexibilidade se justifica ao analisarmos a estrutura industrial de Taiwan, composta em sua grande maioria por pequenas e médias empresas, geralmente familiares, que são capazes de responder e se adaptar rapidamente às novas exigências do mercado, como detalharemos posteriormente.

2.3.1.O desenvolvimento científico e tecnológico

“Freqüentemente argumenta-se que o governo deve ter um papel significativo no desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico, mas que as políticas governamentais não devem substituir a economia de mercado. Taiwan é concebido como um exemplo de como as políticas de governo e as forças do mercado são complementares entre si na criação de desenvolvimento científico e tecnológico” (Lee e Pecht, 1997, p.13).

A geração de conhecimento científico e a criação de recursos humanos qualificados foram elementos prioritários nas diretrizes das políticas industriais em Taiwan. Este é um aspecto fundamental para o processo de desenvolvimento industrial, uma vez que, o investimento em educação pode apresentar resultados mais positivos do que apenas o

oferecimento de incentivos fiscais, aspecto que foi comprovado por uma pesquisa feita no país. A pesquisa foi realizada em 1987 entre 1.406 empresas de diversos segmentos industriais de Taiwan: dentre os mecanismos de promoção de desenvolvimento tecnológico apresentados aos entrevistados – transferência de tecnologia por institutos públicos de pesquisa, pesquisas conjuntas, introdução de tecnologias estrangeiras, investimento em educação, construção de marcas próprias, incentivos fiscais para desenvolvimento de atividades de P&D, padronização de produtos e componentes e outros – 18,8% dos entrevistados, a maior parte deles, consideraram que o investimento em educação, especialmente em pessoas que possam trabalhar em atividades de P&D, é o método mais efetivo de promover melhoramento tecnológico (Hou e Gee, 1993).

Com este ponto de vista, o governo realizou um esforço sistemático para a capacitação científica e tecnológica em Taiwan, seja por meio da ampliação das universidades e institutos públicos de pesquisa, como também através de investimentos em setores considerados estratégicos.

Nesse processo, segundo Lee e Pacht (1997) é possível identificarmos três períodos diferenciados, os quais estão sintetizados no quadro (2.1) abaixo. De forma geral, podemos perceber que no 1º. período houve a formação de uma diversidade de instituições de amparo à pesquisa, principalmente básica; já no 2º. período, existiu uma maior preocupação com a elaboração de um planejamento de longo prazo; e, finalmente, no 3º. período, o foco passa a ser o desenvolvimento de atividades de P&D, principalmente nos setores de alta tecnologia.

QUADRO 2.1. Estágios do desenvolvimento científico e tecnológico em Taiwan, 1966-2000.

<i>Período</i>	<i>1966-76</i>	<i>1976-86</i>	<i>1986-2000</i>
ênfase	-melhoramento da educação em C&T -promoção da pesquisa básica -expansão dos departamentos e escolas de graduação nas universidades e aumento das facilidades para ingresso	-promoção de programas em ciência básica -treinamento de pessoal para P&D -Comitê para promoção do desenvolvimento científico (1976) -Conferências Nacionais de Ciência e Tecnologia (1ª. e 2ª., 1978 e 1982) -Grupo de Aconselhamento para Ciência e Tecnologia (1979) -Parque Industrial Hsinchu (1980) -Formulação de 2 planos para desenvolvimento (1º.:1981-1986; 2º.:1986-1991) -Programa de recrutamento para pessoal em P&D (1983) -Criação do centro de pesquisa SRCC (1984)	- dar continuidade no desenvolvimento em setores de alta tecnologia - 3ª. Conferência Nacional em Ciência e Tecnologia (1986) - Lançado um Programa de Desenvolvimento de C&T de 10 anos (1986-1995) - Ampliação da promoção de projetos de pesquisa - Encorajamento do setor privado para o desenvolvimento de atividades de P&D
Medidas Implementadas	-criação de 5 centros de pesquisa básica e engenharia (1964-5) -criação de um Comitê para direcionar o desenvolvimento científico -Conselho Nacional de Ciência (1967) -Instituto de Pesquisa em Telecomunicações (1968) -Instituto Chung-Shan de Ciência e Tecnologia (1969) -Instituto para Pesquisa Industrial e Tecnológica (1973)		

Fonte: Elaboração própria a partir de Lee e Pacht, 1997, p.15.

Desta forma podemos perceber um organizado e estruturado aparato institucional de amparo às atividades científicas e tecnológicas, direcionadas pelo Conselho Científico Nacional, o qual coordena uma verdadeira ‘rede de divisão do trabalho’ neste processo de desenvolvimento de ciência e tecnologia (C&T), já que existem instituições específicas para pesquisa, outras para planejamento e outras para a implementação destas políticas.

Um dos resultados deste processo de desenvolvimento em C&T pode ser demonstrado na tabela (2.1) que apresenta os dados sobre o crescimento da formação de recursos humanos qualificados no país, embora os dados evidenciem um crescimento expressivo, os valores totais ainda são pouco apreciáveis se comparados internacionalmente³³.

³³ Para efeito comparativo: em 2003, existiam no Brasil 27.648 alunos com mestrado e 8.094 com doutorado, segundo dados da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) disponibilizados pelo MCT (conforme consulta em

TABELA 2.1. Número de graduados, mestres e doutores em Taiwan, 1991 e 2001.

Ano	Doutores	Mestres	Bacharéis
1991	608	7.688	54.375
2001	1.463	20.752	117.430
Taxa de Crescimento	240%	270%	216%

Fonte: Estatísticas de educação do ROC, Ministério da Educação. Disponível em http://www.gio.gov.tw/info/taiwan-story/science/tw_s04.html (conforme consulta realizada em novembro/2005).

2.4. O desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan

A análise do desenvolvimento industrial em semicondutores taiwanesa evidencia que o país, mesmo com uma trajetória de desenvolvimento tardio, foi capaz de construir capacidades tecnológicas diferenciadas e vantagens competitivas próprias, dado que:

“A história do desenvolvimento industrial dos circuitos integrados em Taiwan demonstra a possibilidade de um país ‘relativamente atrasado’ dar um salto e alcançar as áreas intensivas em tecnologia, através do emprego de tecnologias estrangeiras e capacidades locais, com a liderança do Estado, a participação do setor privado e estratégias de diferenciação de produto” (Hsu, 1997, cap.2, p.01).

2.4.1. Anos 60: Breve histórico

O estudo do desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan nos remete aos anos 60, período em que existia uma clara divisão internacional do trabalho na indústria mundial, com as várias fases do processo produtivo dispersas pelo mundo. Nessa época, havia um grande número de empresas norte-americanas que buscavam novos espaços geográficos com mão-de-obra barata para distribuir suas atividades produtivas com menor valor agregado e Taiwan aparece como uma alternativa viável, diante dos incentivos

http://www.mct.gov.br/estat/ascavpp/portugues/3_Recursos_Humanos/tabelas/tab3_4_1.htm realizada em janeiro/2006).

oferecidos pelo governo para a atração de empresas multinacionais. Desta maneira, várias plantas destas empresas são implantadas na região de Kaoshung, no sul do país.

A primeira destas empresas a se instalar em Taiwan foi uma filial da General Instrument Microelectronic, chamada de Kaohsiung Electronics, em 1966, que realizava atividades de empacotamento e teste dos *chips* (fase final da produção – *back end*), ou seja, a separação dos circuitos integrados, sua inserção nas cápsulas e a realização de testes em seu funcionamento. Posteriormente, a Philips também instalou uma filial em Taiwan com essas mesmas atividades e depois vieram várias outras multinacionais.

Diante da alocação de várias empresas norte-americanas no país que se aproveitavam da mão-de-obra de baixo custo, houve um estímulo para que as empresas locais também iniciassem suas atividades produtivas neste segmento, ou seja, Taiwan começou a se aproveitar das “oportunidades” existentes para realizar uma tentativa de entrada na indústria de semicondutores global. Porém, tais atividades do processo produtivo (*back-end*) não requeriam capacidades tecnológicas específicas ou conhecimentos mais complexos, já que essa etapa é intensiva em mão-de-obra e não há agregação significativa de valor ao produto final (Chang *et al*, 2001).

Nesse mesmo período ocorreu o surgimento de núcleos de estudo e laboratórios na área de semicondutores, como o laboratório da Universidade de Chiaotung, fundado em 1964. Os estudantes envolvidos nestas atividades se tornariam um fator crucial para o desenvolvimento da indústria, já que a formação recursos humanos altamente qualificados e especialistas se tornaria elemento de destaque para as políticas industriais do setor.

2.4.2. Anos 70/80: A criação de um ambiente favorável

Seguindo as diretrizes políticas implementadas naquele momento, diante da escassez de recursos naturais e do tamanho reduzido do mercado doméstico, o governo decidiu adotar uma estratégia de desenvolvimento econômico voltada para as exportações, particularmente em indústrias intensivas em tecnologia, para que o crescimento econômico pudesse se tornar sustentado no longo prazo (Chang e Hsu, 1998).

Foi priorizado o desenvolvimento dos segmentos considerados ‘estratégicos’, aqueles que fossem capazes de promover um aumento das exportações de maior valor

agregado e proporcionar benefícios e aprendizado tecnológico para diversos outros segmentos industriais, como por exemplo, o complexo eletrônico, no qual os semicondutores têm destaque, particularmente os circuitos integrados, como já descrevemos no capítulo I.

Existia uma percepção entre os especialistas do governo com relação ao caráter incipiente desta indústria em Taiwan e da predominância das empresas multinacionais no setor, com evidências de que a implantação das fases iniciais da cadeia produtiva – projeto (*design houses*) e manufatura (*foundries* ou empresas integradas), nas quais há maior agregação de valor ao produto – se tornaria difícil sem que existisse um processo gradual de transferência de tecnologia, mesmo que houvesse a necessidade da intervenção estatal. Assim, foi determinado que:

“... para promover rapidamente o crescimento da indústria eletrônica de Taiwan, a indústria de circuitos integrados foi selecionada. A melhor forma de desenvolver a indústria de semicondutores era através da transferência de tecnologia de empresas estrangeiras, particularmente norte-americanas, para economizar um tempo valioso” (ERSO, 1994, p.05. In: Hsu, 1997, cap.2, p.06).

Para que esta estratégia fosse possível, o Estado considerou que deveriam ser construídos diversas instituições e mecanismos de fomento, que compusessem um diversificado aparato institucional, para a criação de uma infra-estrutura industrial sólida, que facilitasse os processos de aprendizado e a construção de competências tecnológicas diferenciadas nas empresas locais, e que também se tornasse um mecanismo de atração de investimentos estrangeiros nos segmentos de alta tecnologia, conforme será descrito a seguir. Estas instituições vão se tornar um dos pontos fundamentais para a trajetória de sucesso da indústria de semicondutores de Taiwan, tanto para a geração de conhecimento, como também para direcionar o processo de difusão tecnológica, já que o governo assumiu o papel de “incubação” deste segmento, uma vez que:

“A coevolução da tecnologia, da organização industrial e das instituições determina toda a trajetória da indústria de circuitos integrados em Taiwan... é claro que as instituições não produzem automaticamente efeitos positivos no sistema industrial... a mera presença das

instituições não é suficiente, é preciso saber como elas estão organizadas e administradas e como interagem com as empresas privadas. A organização institucional freqüentemente determina as capacidades institucionais, enquanto a eficiência das interações público-privadas é crucial para o suporte das funções de atuação do Estado no desenvolvimento industrial e na difusão tecnológica” (Hsu, 1997, cap, 6, p.01-02).

Diante desta preocupação em organizar o arcabouço institucional, o governo tomou medidas para promover o desenvolvimento da indústria de semicondutores, como forma de incentivar e encorajar os investimentos no setor: 1. a criação do ERSO (Organização de Serviço para Pesquisa Eletrônica) e do ITRI (Instituto de Pesquisa Industrial e Tecnológica) como veículos de transferência das tecnologias estrangeiras; e, 2. a fundação do parque de ciência Hsinchu, como uma área para a atração de empresas multinacionais e locais de alta tecnologia, por meio do oferecimento de benefícios e subsídios.

Em 1974 foram implementadas essas instituições governamentais para o planejamento e a execução das medidas para o desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan - a ERSO e o ITRI. A primeira se relacionava com as funções administrativas, de planejamento e condução de projetos, além da comercialização dos produtos finais. Existia também uma preocupação em desenvolver o ‘espírito de inovação’ (Schumpeter, 1912) no empresariado local por meio desta instituição. Já o ITRI era um laboratório público de pesquisa aplicada, que conduzia as atividades de P&D, executava os projetos de pesquisa, treinava pessoal qualificado, fabricava produtos nas plantas-piloto e disseminava as tecnologias estrangeiras para as empresas locais, sendo assim uma fundamental fonte geradora de capital humano e social (Hsu, 2001; Lo, Liou e Yuan, s/a). Estas organizações tinham como objetivo principal acelerar o processo de construção de competências tecnológicas e desenvolver mecanismos para a participação do setor privado, no intuito de garantir o sucesso no processo de transferência tecnológica, ou seja, o governo elegeu o suporte aos institutos públicos de pesquisa como forma de desenvolver a indústria e transferir a tecnologia para as empresas domésticas, convertendo-se assim no dirigente do processo, arcando com os maiores riscos e dispêndios (Chang e Hsu, 1998; Hernandez, 2004 e Mathews, 1997).

O ERSO torna-se o agente condutor do processo de transformação da indústria de semicondutores no país, pois realizava: a seleção de tecnologias-chave, desenvolvimento de

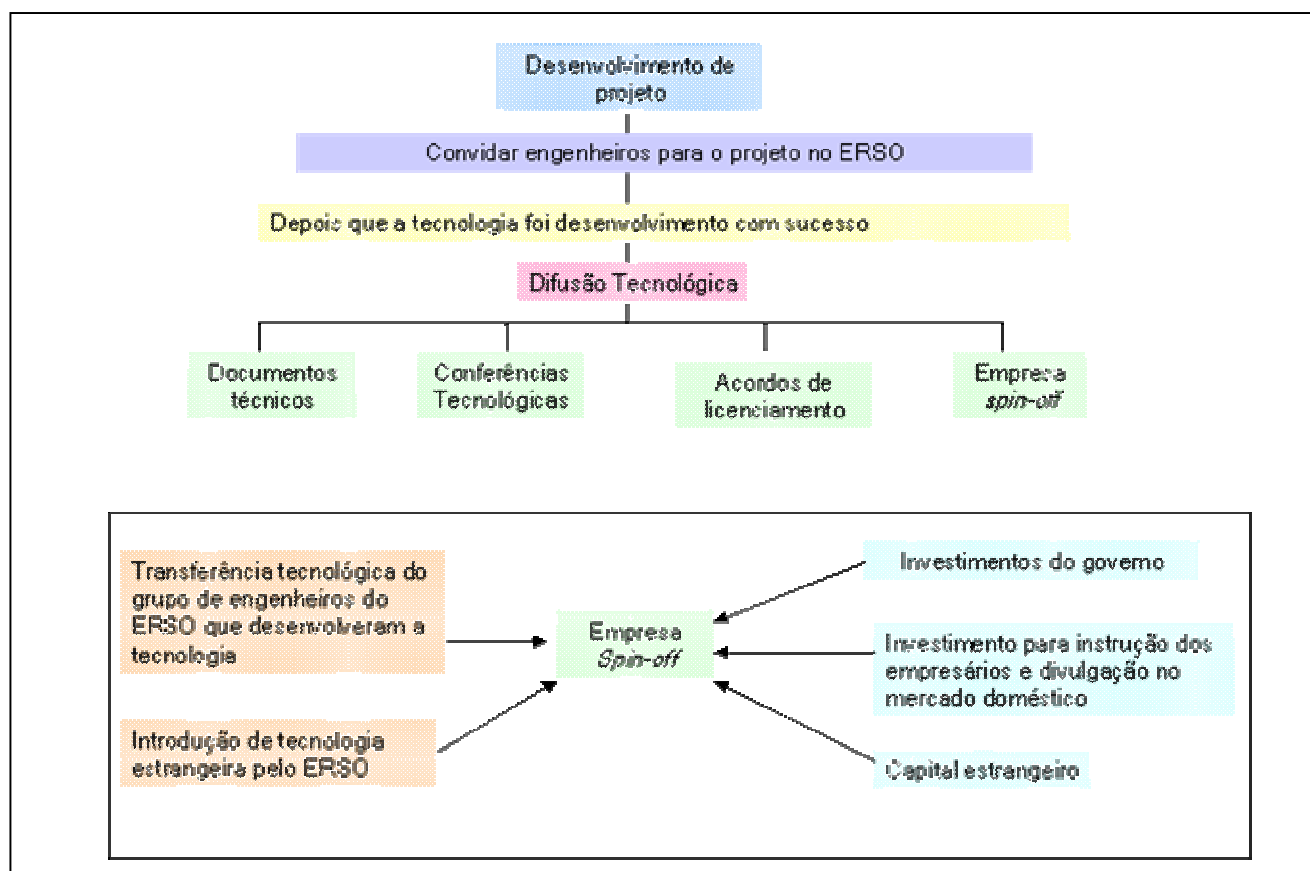
mecanismos de transferências de tecnologia e a criação de empresas importantes (por meio do modelo *start-up*, conforme será detalhado a seguir), já que era um agente financiador e planejador, enquanto que o ITRI estava envolvido na formação de recursos humanos e nas atividades relacionadas à implementação dos projetos de transferência tecnológica, ou seja, tais instituições se destacaram:

“... como pontos de concentração para adquirir tecnologias estrangeiras, assimilá-las, treinar pessoal e, posteriormente, difundir esses elementos no setor privado... em outras palavras, o Estado tirou vantagem do desenvolvimento tardio, dedicou-se ele mesmo ao aprendizado tecnológico e serviu como uma ‘ponte’ entre as tecnologias estrangeiras e as novas firmas locais” (Hsu, 1997, cap.5, p.04).

Uma das atividades desempenhadas pelo ITRI foi a criação de novas empresas locais, ou seja, consistia em criar uma nova empresa a partir de um produto ou tecnologia que já existia no exterior. Assim o laboratório transferia a tecnologia, promovia um processo de assimilação desta tecnologia localmente e, com o sucesso do projeto, originava empresas privadas com estas novas tecnologias.

A primeira empresa a emergir desta forma foi a UMC (United Microelectronics Corporation), mas depois surgiram várias outras, como será descrito posteriormente. Esse mecanismo de geração de empresas como ‘transbordamentos’ de projetos públicos de pesquisa foi denominado modelo *start-up*. O modelo *start-up* foi adotado pelo governo para dirigir efetivamente o processo de desenvolvimento tecnológico setorial, já que o ITRI tomava a iniciativa na formação de empresas atuantes em certas tecnologias e segmentos considerados “necessários” pelo governo, para que fosse possível o desenvolvimento da indústria de semicondutores da maneira que fora planejado, ou seja, “o governo estabeleceu um laboratório público de pesquisa e dedicou significativos volumes de capital em uma série de plantas designadas para facilitar a incubação e germinação da indústria de circuitos integrados em Taiwan” (Hsu, 1997, cap.1, p.03), como ilustra a figura (2.1) a seguir.

FIGURA 2.1. Mecanismos do ITRI para difusão tecnológica.



Fonte: Hou e Gee, 1993, p.398. Tradução própria.

A criação de empresas locais, por meio de *spin-offs*³⁴, torna-se ainda mais importante quando analisamos a estrutura industrial em Taiwan. Esta estrutura se caracteriza por um grande número de pequenas e médias empresas, as quais não teriam a autonomia necessária para conduzir o processo de desenvolvimento industrial. Por outro lado, a reduzida dimensão das empresas propiciava uma maior flexibilidade e divisão do trabalho em seu envolvimento nos processos produtivos, como propõe o estudo de Piore e Sabel (1984) com o argumento de que existe crescentemente uma ‘especialização flexível’ nas atividades produtivas, principalmente no sentido de reduzir e administrar as incertezas envolvidas em indústrias intensivas em tecnologia, como a de semicondutores (Hsu e Chen, 2002 e Chang *et al*, 2001).

³⁴ As empresas *spin-offs* geralmente se originam de um outro empreendimento, como uma outra empresa ou laboratório universitário.

A estrutura industrial de Taiwan permanece com o predomínio das pequenas e médias empresas, como mostram os dados da tabela (2.2), sendo que, em média, 98% das empresas do país são desta categoria, contribuindo com 35% do PIB e mais de 50% das exportações (Mendes, 2002). Além disso, mais de 80% das empresas taiwanesas possuem menos de 20 empregados e mais de 99% menos de 500 empregados, apontando para a predominância das pequenas e médias empresas na estrutura industrial (Hsu, 1997, cap.1, p.09).

TABELA 2.2. Participação das Pequenas e Médias Empresas em Taiwan (em %) no total das empresas e no faturamento industrial, 2003.

Empresas	Pequenas e Médias	Grandes	Total
Número	97.83	2.87	100
Faturamento	31.47	68.53	100
Empregos	77.56	12.11	100

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados do Ministério das Finanças de Taiwan. Disponível em http://www.moeasmea.gov.tw/eng/about_smea/a03.asp (conforme acesso realizado em janeiro/2006). Nota: São consideradas pequenas e médias aquelas empresas com até 100 empregados.

Tais dados evidenciam que, embora a participação em número das empresas taiwanesas seja semelhante à de outros países, quando analisamos sua contribuição do PIB e na geração de empregos percebemos que a situação é diferente. Por exemplo, no Brasil³⁵, as micro e pequenas empresas geram 67% das ocupações - enquanto em Taiwan são 77% dos empregos - e contribuem com 20% do PIB, ao passo em que Taiwan este percentual é de 35%, ou seja, a contribuição dessas empresas de pequeno porte é mais significativa em Taiwan, embora as grandes empresas ainda sigam a tendência de deter a maior parte do faturamento.

Diante desta estrutura industrial, por recomendação de um comitê técnico de especialistas, o governo convidou diversas empresas norte-americanas a iniciar acordos de

³⁵ No Brasil, as empresas são classificadas pelo Sebrae seguindo seu porte de acordo com o número de pessoas ocupadas - micro, pequenas, médias e grandes. Informações disponíveis em <http://www.sebraesp.com.br/Principal/Conhecendo%20a%20MPE/> (conforme consulta realizada em janeiro/2006).

transferência tecnológica, por meio de vários incentivos, e, finalmente, a empresa RCA foi selecionada. Ficou estabelecido neste acordo que, durante 5 anos, a empresa iria fornecer treinamento para engenheiros nos Estados Unidos, além de transferir avanços tecnológicos e melhoramentos em *design* e processos. Através deste acordo com a RCA, foram selecionados 37 engenheiros taiwaneses em núcleos de estudos e laboratórios, para um treinamento e período de capacitação de um ano na RCA, dos EUA. Após esse período, estes engenheiros começaram a trabalhar numa planta piloto (1977) para produção de *chips* em pequena escala, com a assistência do governo, efetivada através do *Projeto para Desenvolvimento da Indústria Eletrônica* (1975-1979) (Hsu, 1997). Esse intercâmbio de pessoal qualificado se constituiu como um mecanismo de transferência tecnológica direta e eficiente, já que permitiu acesso ao conhecimento tácito. Além disso, essa 1ª fábrica modelo de circuitos integrados tinha como objetivo estimular a produção local e o desenvolvimento das atividades de P&D.

Em 1979, o governo criou um parque industrial de fundamental importância para o desenvolvimento industrial – o Parque de Ciência Hsinchu – que tinha como objetivo atrair empresas e especialistas em alta tecnologia, assim como incentivar as inovações tecnológicas e promover um ‘ambiente favorável’ para o segmento de semicondutores. O governo oferecia uma série de benefícios fiscais e isenções³⁶. O parque industrial foi criado seguindo o modelo do Vale do Silício, sendo instalado estrategicamente próximo ao ITRI e das universidades mais importantes do país, Chiaotung e Tsinghua. Desta maneira, o parque atraía tanto empresas como engenheiros, norte-americanos e chineses, seja para trabalhar nessas empresas ou para montar seu próprio negócio, funcionando como uma verdadeira “incubadora” para a indústria de circuitos integrados em Taiwan.

Esta configuração do parque sugere que o Hsinchu aproveitou as melhores características do modelo implementado na Califórnia através de uma “versão pública” deste modelo, isto significa que foram os institutos públicos de pesquisa e as universidades (ao invés das empresas privadas como no Vale do Silício), que se tornaram um elemento de atração para o estabelecimento de empresas locais e estrangeiras nos segmentos de alta

³⁶ Os principais incentivos oferecidos são: empréstimos com taxas de juros reduzidas, isenção do imposto de renda pelos primeiros 5 anos de operação, aceleração da depreciação dos equipamentos das atividades de P&D e vendas de áreas para instalação das empresas a baixo custo, dentre outros. Informações disponibilizadas de pela Administração do Parque Hsinchu (Saxenian, 2001, b).

tecnologia (Mathews, 1997). A constituição de um parque como o Hsinchu implicou uma série de vantagens e facilidades de aprendizado tecnológico, diante da proximidade física e da forte interação entre as empresas e as instituições, além da redução das incertezas envolvidas neste processo. Neste contexto, existem diversas formas de aprendizado, tanto entre as firmas, como entre os fornecedores, clientes e até entre os concorrentes. Tais formas de aprendizado interativo são conhecidas como *learning by using*, *learning by interacting*, *learning by searching* e *learning by exploring* (Lundvall, 1988; Johnson, 1992 *apud* Hsu, 1997).

Temos que considerar também que essa concentração setorial de empresas de alta tecnologia na região do Hsinchu, assim como no Vale do Silício, proporcionou a geração de economias externas marshallianas, ou seja, a localização de capacidades, especialização de materiais e insumos e *know-how* tecnológico promove uma redução dos custos para as firmas individuais e ainda aumenta os retornos da região em sua totalidade (Krugman, 1991 *apud* Saxenian e Hsu, 2001). Outro benefício desta concentração geográfica de um grande número de empresas de um mesmo segmento é a presença de economias de aglomeração, isto é, a proximidade de empresas envolvidas no desenvolvimento de produtos e processos da mesma área, permite um maior encorajamento na troca de dados técnicos e pessoal qualificado, além do intercâmbio de conhecimento tácito entre elas, com resultados positivos para todos os agentes envolvidos³⁷.

Um último benefício desta concentração espacial de empresas, institutos e academia do mesmo segmento e na mesma região é a facilidade de ocorrência de *spillovers* tecnológicos, ou seja, transbordamentos tecnológicos que ocorrem em decorrência do conhecimento desenvolvido por uma empresa ou agente que acaba extrapolando seus limites e promove o aprendizado tecnológico de outros agentes, na maioria das vezes de forma não-intencional³⁸.

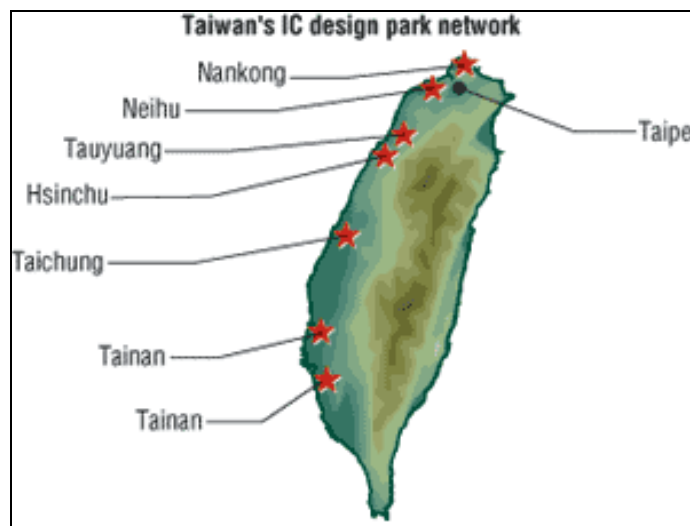
³⁷Existe uma ampla literatura que trata dos benefícios para o processo de inovação desta proximidade geográfica, para um maior detalhamento deste tema sugerimos: Breschi e Malerba (2001); Chandler *et al* (1998) Schmitz (1997) dentre outros.

³⁸Para uma discussão mais minuciosa sobre transbordamentos tecnológicos sugere-se consultar Carvalho (2005).

Seguindo esta concepção, “foi construído um verdadeiro complexo industrial, isto é, compreendendo empresas, é claro, mas também institutos de pesquisas, casas de serviços e agências públicas interagindo dinamicamente. O objetivo era criar uma estrutura institucional que iria facilitar e acelerar o processo de difusão tecnológica”, já que estariam interagindo várias empresas em diferentes estágios da produção (Mathews, 1997, p. 04).

Desta maneira, podemos verificar que existem inúmeras vantagens da construção desses parques industriais, diante da forte interação e dos mecanismos de aprendizado, não só entre as empresas, como também entre as instituições e associações. Por este motivo, além do Hsinchu, foram criados diversos outros parques, seguindo este modelo de sucesso, dado que cerca de 85% das empresas do segmento de circuitos integrados estão localizadas na região do Hsinchu, segundo dados do MOEA (Agência de Desenvolvimento Industrial de Taiwan) disponibilizados por Hsu (2001). A figura a seguir (2.2) mostra a configuração de parques industriais em Taiwan, particularmente do segmento de *design* de circuitos integrados.

FIGURA 2.2. Parques industriais de *design* de semicondutores em Taiwan.

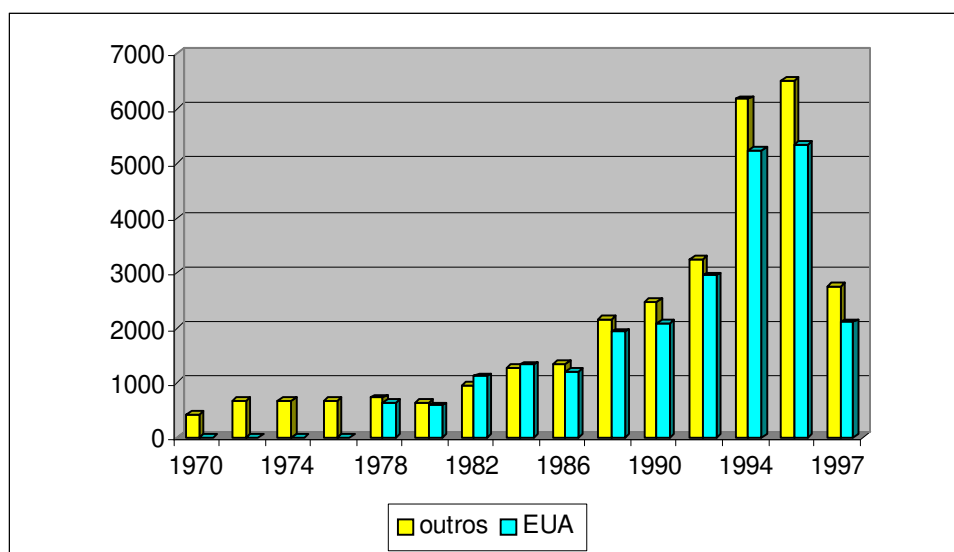


Fonte: Jen, 2004.

Esta configuração de conglomerados industriais no segmento de semicondutores também favoreceu um melhor aproveitamento das interações com engenheiros taiwaneses, altamente qualificados, residentes no Vale do Silício, os quais, diante das inúmeras isenções e vantagens existentes no Hsinchu acabavam retornando para Taiwan, seja para trabalhar em empresas locais e multinacionais, ou mesmo para iniciar negócios em suas próprias empresas. Saxenian (2001, a, b) sugere que existe um pequeno universo entre as regiões do Vale do Silício e o Parque de Ciência Hsinchu, uma ‘comunidade transnacional’, fonte de *know-how*, capital humano, experiências e capacidades, que tem provocado um movimento inverso daquele conhecido como ‘fuga de cérebros’ em Taiwan. Amsden e Chu (2003) também salientam que o estímulo ao retorno de expatriados é um fator crucial para o *catching-up* do desenvolvimento de Taiwan. Esta tendência pode ser observada no gráfico (2.1) abaixo, sendo que tal fato é reconhecido como crucial para os planejadores do Hsinchu:

“... sem os engenheiros e cientistas que retornaram dos EUA, o Hsinchu estaria vazio. Eles são pessoas experientes com conhecimento avançado em diversas áreas e se constituem em um eficiente mecanismo de transferência de tecnologia” (declaração de Steve Hsied *apud* Hsu, 1997, cap. 3, p.07).

GRÁFICO 2.1. Fluxo de retornos (engenheiros) para Taiwan, 1970-1997.



Fonte: Saxenian e Hsu, 2001, p.906.

Este elemento foi considerado tão importante para o desenvolvimento industrial que o relacionamento entre o Vale do Silício e o Parque Hsinchu foi institucionalizado por meio da Associação de Ciência e Tecnologia Monte Jade, em 1989. Seu objetivo é realizar acordos de cooperação nos negócios através da “abertura de oportunidades para profissionais e corporações dos dois lados do Pacífico”. A instituição promove encontros anuais entre empresas e técnicos especializados, além da divulgação de notícias e outros mecanismos de comunicação entre estes pólos de alta tecnologia.

Fica evidente neste período, a forte atuação do Estado no processo de desenvolvimento industrial dos semicondutores, principalmente na busca por autonomia tecnológica, com a implementação de subsídios e isenções, além da criação de fortes instituições públicas de pesquisa, sendo que o Estado era o agente “planejador, pesquisador e produtor”. Esse esforço para o desenvolvimento tecnológico obteve grande sucesso ao conectar as características do Sistema Nacional de Inovação com as dimensões locais e a produção global (Hong, 1997; Kim e Tunzelman, 1998; Lai, Chang e Shyu, 2004).

Este contexto evidencia a preocupação do Estado em propiciar uma série de condições para um ‘ambiente favorável’ – política setorial estruturada, arcabouço institucional, disponibilidade de recursos humanos altamente qualificados, proximidade das universidades, concentração espacial das empresas de alta tecnologia e fortes interconexões com centros de inovação mundial (como o Vale do Silício) - para o processo de geração e difusão das inovações, promovendo condições propícias para um processo de capacitação tecnológica que irá acontecer nos anos 80 e 90, conforme será descrito a seguir.

No início dos anos 80, diante da ausência de firmas envolvidas no processo de manufatura de semicondutores, mesmo com a criação desse amplo aparato institucional e da concessão de isenções e subsídios, a equipe do ERSO decidiu tomar a iniciativa também nas atividades relacionadas à produção propriamente dita. A instituição enviou uma proposta ao Ministério da Economia para a formação de uma empresa privada a partir da sua planta piloto que já estava em operação. A proposta foi aprovada e surgiu a United Microelectronics Corporation (UMC), como um transbordamento resultante das atividades já realizadas pelo ERSO (Hsu, 1997 e Chang e Hsu, 1998). A UMC foi instalada no parque Hsinchu, em 1982, com suporte financeiro do governo e transferência de tecnologia do ITRI. Além disso, foi a primeira empresa a mudar o caráter das atividades produtivas em

semicondutores realizadas no país – “se movendo das atividades de empacotamento para os processos de manufatura e fabricação propriamente ditos... abrindo assim uma nova era para a indústria local de alta tecnologia” (Lin e Trappey, 1997, p.236 e Chang e Tsai, 2000, p.03).

Através desta iniciativa podemos verificar uma ruptura na trajetória do desenvolvimento de semicondutores em Taiwan, uma vez que foi colocado em segundo plano as atividades de *back-end* e priorizado o desenvolvimento das atividades de *front-end*. Houve também uma preocupação em focalizar o desenvolvimento setorial em um nicho de mercado, ou seja, um segmento ainda pouco explorado no mercado mundial de semicondutores – os circuitos integrados de aplicação específica, presentes em produtos digitais, como relógios e telefones:

“... o ERSO insistiu na continuidade em seguir uma trajetória ‘intensiva em tecnologia’, isto é, com foco mais nas aplicações específicas que nas memórias-padrão *comoditizadas*, que o Japão já havia dominado. Estes circuitos de aplicação específica requerem menos esforço para estabelecer-se na indústria do que as memórias. Assim, o ERSO continuou dedicando esforços para o desenvolvimento dos ASIC’s mesmo depois de uma década e decidiu criar um Centro Comum de Design para treinar mais e mais engenheiros na academia” (Hsu, 1997, nota de rodapé, cap. 2, p.14-5).

Além disso, a empresa (UMC) buscava cooperação com outras empresas, locais ou estrangeiras, no intuito de evitar uma integração produtiva vertical. Seus recursos se destinavam basicamente à fabricação do *wafer* e tecnologias relacionadas aos testes dos semicondutores, permitindo assim que houvesse demanda por serviços de empresas de outras etapas produtivas, como as *design houses*. Seguindo esta estratégia de desenvolver os ‘nichos de mercado’ para a construção de uma competência, Taiwan pretendia se tornar um país ‘inovador de produto’ e não apenas manufatureiro, como a Coreia do Sul e o Japão, além de evitar a concorrência direta com estes produtores tradicionais.

De acordo com depoimento de um dos dirigentes do ERSO, se a instituição não tivesse implementado esta empresa privada a partir de sua planta piloto, a trajetória de desenvolvimento da indústria de semicondutores de Taiwan seria bem diferente:

“... se o ERSO não tivesse defendido a formação de uma nova empresa, os recursos destinados à planta piloto teriam sido desperdiçados, ou as multinacionais teriam absorvido os trabalhadores treinados pelo ERSO, prejudicando assim o desenvolvimento da indústria local” (ERSO, 1994, p. 63 *apud* Hsu, 1997, cap.2, p.10).

Esta participação “ativa” do ERSO, tanto como planejador, coordenador e até ‘executor’ no desenvolvimento de tecnologias-chave para a indústria de semicondutores, pode ser demonstrada no quadro (2.2) a seguir, no qual podemos perceber os objetivos e as características dos projetos de P&D ao longo do tempo e as empresas *spin-offs* que emergiram de cada um deles, ou seja, demonstrando que estes projetos tiveram resultados efetivos.

QUADRO 2.2. Projetos Públicos de P&D para desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan.

	<i>Projeto EIDP-I</i>	<i>Projeto EIDP-II</i>	<i>Projeto VLSI</i>	<i>Projeto ULSI</i>
<i>Período</i>	1976-79	1979-83	1983-88	1990-94
<i>Objetivos</i>	- desenho de semicondutores - estabelecimento de uma planta piloto para operação	- piloto para melhoramento da tecnologia CMOS - aquisição de tecnologia	- estabelecimento do processo tecnológico VLSI - adquirir CAD para VLSI em semicondutores	- adquirir o processo tecnológico do submícron - estabelecer uma planta piloto ULSI
<i>Principais Características</i>	- planta piloto, aquisição e transferência de tecnologia e treinamento de pessoal	Melhoramento da planta piloto, chips em LSI	Chips em VLSI e planta piloto em VLSI	Chips em ULSI e planta piloto em ULSI
<i>Spin- offs</i>	-	UMC, Syntek e Holtek	TSMC, TMC e Winbond	VISC

Fonte: Tradução e adaptação própria a partir de Hsu e Cheng, 2002.

Nesse mesmo período, em decorrência da busca crescente por serviços no segmento de *design* de semicondutores, surgiu uma empresa – a Syntek Semiconductor - criada a partir de um grupo de trabalhadores do Departamento de *Design* de Circuitos Digitais, no

próprio ERSO/ITRI, em 1982. Em seguida, surgiram outras empresas de *design*, como a Weltrend Semiconductor e a Silicon Integrated Systems, seguindo essa mesma trajetória, ou seja, a partir do pessoal qualificado existente em laboratórios, grupos de pesquisa e departamentos envolvidos em empresas de semicondutores. Para acelerar este processo de desenvolvimento de *design houses* de diversas categorias, independentes ou verticalizadas, o ITRI fez acordos de cooperação com universidades e núcleos técnicos para promover uma maior *expertise* e criar um centro com atividades em pequena escala (Chang e Hsu, 1998).

Em 1985, o ERSO estabeleceu um Centro Comum de *Design* com o auxílio de um programa computacional avançado em desenhos técnicos (CAD), para “facilitar a assistência às empresas de design iniciantes... isto demonstra que o ERSO insistia em seguir uma trajetória intensiva em *design*” (Hsu, 1997, cap.2, nota de rodapé, p.14).

Além da criação deste centro, foi firmado um convênio com o Conselho Nacional de Ciência para a implantação desse programa computacional – CAD – nas faculdades de engenharia do país. Também foram criadas diversas bibliotecas, adquiridos periódicos, realizadas conferências e treinamentos, para que os engenheiros se familiarizassem com as aplicações do CAD. Desta maneira, estes esforços provavelmente explicam a proliferação das *design houses* locais ao longo dos anos 80, pois no início dos anos 90 já existiam mais de 56 destas empresas em Taiwan (Hsu, 1997 e Chang e Hsu, 1998).

Ainda nos anos 80, o ITRI implementou um laboratório para o uso da tecnologia VLSI (Very Large Scale of Integration), e, mais uma vez, o ERSO foi o veículo eleito para conduzir este projeto, que custou cerca de US\$ 72,5 milhões e se estendeu até 1988. Durante o projeto foi adquirida a capacitação técnica necessária, mas faltavam os equipamentos necessários para a produção. Assim, novamente foi implantada uma planta piloto, porém, o governo decidiu buscar uma parceria estrangeira, tanto para prover tecnologia, como também para servir como investidor e defender o projeto de críticas sobre desperdício de verba pública (Fuller, 2002).

Desta forma, em 1986, foi estabelecida uma parceria com a Philips e surgiu a Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), um fato importante na trajetória do desenvolvimento dos semicondutores em Taiwan, como será discutido a seguir, com um

investimento inicial de aproximadamente NT\$ 207 milhões³⁹, sendo que este evento “marca definitivamente o início da indústria de *design* de semicondutores em Taiwan” (Lin e Trappey, 1997, p. 236).

O estudo de Chang *et al* (2001) ressalta a importância desta iniciativa de instalação da primeira empresa especializada na manufatura de semicondutores para o processo de desenvolvimento da indústria em Taiwan, considerando que:

“... Enquanto as firmas norte-americanas, japonesas e coreanas integraram a manufatura e o processo de *design* de seus próprios *chips*, as firmas taiwanesas encontraram um nicho de mercado através da criação desta empresa especializada na fabricação do *wafer*, vendendo assim seus próprios produtos... desta forma, a competência central residiu em encontrar um nicho para as *foundries* na economia global” (p.04).

2.4.3. Anos 80/90: A consolidação das capacidades tecnológicas

A instalação da TSMC efetiva a implementação do chamado modelo *foundry*, inaugurado em Taiwan, que evidenciou uma forma de relacionamento industrial bastante peculiar, no qual a firma produtora se especializa na fabricação do *wafer* e não se envolve nas atividades de *design* dos seus próprios *chips*. Essa nova forma de negócios se baseia na interdependência entre os fornecedores estratégicos dos serviços da *foundry* e seus clientes, na maioria das vezes estrangeiros, em que estes agentes cooperam entre si nas atividades de *design* e manufatura. A produção de semicondutores realizada na *foundry* representou uma inovação industrial, uma alternativa à produção tradicional, já que no segmento de semicondutores existia somente a estrutura de manufatura integrada (IDM), em que uma única empresa desempenhava as atividades de *design*, fabricação e, freqüentemente, de empacotamento (Fuller, 2002 e Chang e Tsai, 2000).

A emergência dessas *foundries* especializadas na manufatura do semicondutor propriamente dita, implica uma crescente divisão social do trabalho, capaz de gerar oportunidades para novas empresas e inovações que não existiam na produção de forma integrada, ou seja, essa forma de produção “cria constantemente novas oportunidades para

³⁹ Moeda oficial de Taiwan: Novo Dólar de Taiwan (NT\$) = US\$ 0,0312. Segundo cotação do dia 07/02/2006 (conforme consulta realizada em <http://www.financeone.com.br/conversores.php>).

as empresas, já que no caso de Taiwan o setor de circuitos integrados não é dominado por um número reduzido de grandes corporações integradas verticalmente, mas sim, por um grande número de pequenas e médias empresas atuantes em certos nichos de mercados que colaboram entre si” (Hsu, 1997, cap.3, p.01).

O relacionamento entre essas empresas nas diversas fases produtivas do semicondutor é cooperativo, já que as *foundries* podem tanto possuir um departamento de *design* específico como contratarem estes serviços de *design houses* independentes. Particularmente no segmento de *design* existe essa cooperação, já que geralmente as empresas se especializam e se tornam competentes em um único produto, ou seja, em uma única aplicação específica do circuito integrado, propiciando assim uma grande complementaridade de funções com outras empresas ao longo da cadeia produtiva.

Para Chen e Chen (2001) essa inovação na organização da produção de *chips* propiciou um maior direcionamento da especialização vertical da cadeia de valor, já que ocorreu uma reestruturação do processo produtivo, em que as empresas se especializaram em determinadas atividades. Este fato facilitou a formação de redes locais como forma de expansão industrial, uma vez que promoveu a proliferação de pequenas e médias empresas envolvidas em outros segmentos do mercado, como *design*, empacotamento e testes; fato que, somado à ampla quantidade de recursos humanos qualificados na área de *design* (desenvolvida pelas instituições públicas de pesquisa), favoreceu a grande expansão deste segmento de projeto de semicondutores em Taiwan.

Neste contexto, os especialistas em *design* não tinham mais que se preocupar com o substancial investimento necessário para implantar-se no segmento de semicondutores por meio dos processos produtivos envolvidos em manufatura, pois podiam se inserir por meio das *design houses*, as quais requeriam um investimento bem menor, pois o elemento determinante para o seu desenvolvimento era o conhecimento técnico especializado, ou seja, recursos humanos altamente qualificados.

Desta maneira, “o efeito imediato da instalação da TSMC e seu sucesso conduz a um novo nível de sofisticação tecnológica, que se reflete na formação de dúzias de pequenas *design houses* na região do Hsinchu” (Mathews, 1997, p.09). Esse aspecto também é destacado por Amsden e Chu (2003), ao argumentarem que crescimento do setor de *design* nesse período reflete “tanto o crescimento do mercado doméstico, como o

estabelecimento da TSMC” (p.107). Os dados a seguir mostram a expansão do segmento de *design* em Taiwan (tabela 2.3), tanto pelo número de empresas, como também pelo pessoal envolvido em tais atividades:

TABELA 2.3. O crescimento do setor de *design* de semicondutores em Taiwan, 1982-2002.

Ano	Número de empresas	Empregados
1982	4	-
1986	18	-
1987	30	-
1988	50	-
1990	55	-
1991	57	-
1992	59	-
1993	64	-
1994	65	-
1995	66	2.109
1996	72	2.141
1997	81	3.349
1998	115	4.200
1999	127	6.000
2000	140	7.500
2001	180	9.800
2002	225	11.800

Fonte: Elaboração própria de várias fontes.
In: Breznitz, 2005, p.164; Hsu, 1997; Chang e Chien-Tzu, 2002 e Amsden e Chu (2003).

No segmento de projeto de semicondutores, a interação com os clientes (usuários finais do produto) é fundamental para o processo de desenvolvimento tecnológico. Esta interação *design house* - consumidor, ou seja, com seus mercados usuários finais (empresas de telecomunicações, informática e setor automotivo, dentre outras) é importante porque envolve elementos de confiança e cooperação através de um processo de desenvolvimento conjunto nas diversas fases da produção, tanto por parte da empresa (com o surgimento de uma nova idéia ou produto), como também por parte dos clientes, quando identificam uma nova demanda e isso é fundamental diante do dinamismo tecnológico existente no setor de

semicondutores. A interação e a cooperação entre as *design houses* e os consumidores fica evidente na declaração de um presidente de um *design house*:

“Quando uma nova idéia emerge, nossos principais clientes são chamados para discuti-la conosco. Eles são pessoas experientes no *marketing* de produtos eletrônicos, têm muita experiência acumulada e ‘senso de *marketing*’ sobre novas tendências de produtos” (Sam Lin, presidente da Weltrend, In: Hsu, 1997, cap.3, p.19).

Vale lembrar que várias dessas *design houses* que emergiram ao longo dos anos 90 são originárias de engenheiros do ERSO que vislumbravam oportunidades em alguns nichos e montavam suas próprias empresas, como a Syntek (1983), a Holtek (1988), a Weltrend (1989) e a Sunplus (1990), as quais realizaram um processo de aprendizado tecnológico e construíram capacidades tecnológicas diferenciadas, estando atualmente entre as principais *design houses* do país, como mostra a tabela (2.4) a seguir, com a evolução do *ranking* das maiores empresas de *design* em Taiwan.

TABELA 2.4. Evolução do *ranking* as 10 maiores *design houses* de Taiwan, 2003-2004.

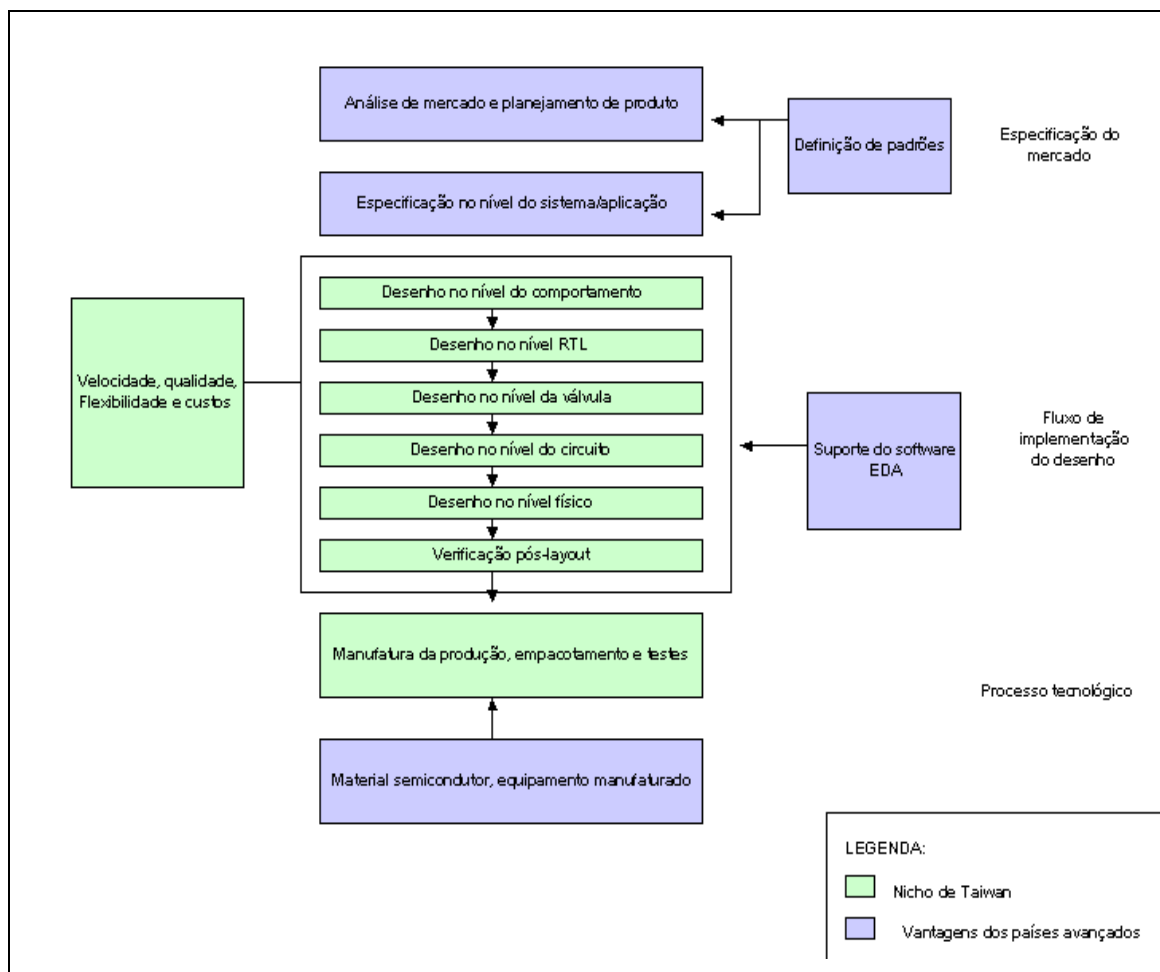
	2003	2004
1º.	Media Tek	MediaTek
2º.	VIA Technologies	VIA
3º.	Silicon Integrated Systems (SIS)	Sunplus
4º.	Sunplus	Silicon Integrated Systems (SIS)
5º.	Novatek	Novatek
6º.	Realtek	Himax
7º.	Zyxel Communications	Realtek
8º.	Himax Technologies	Elite Semiconductor Memory Technology (ESMT)
9º.	Elite Semiconductor Memory Technology (ESMT)	Etron
10º.	Etron Technology	ALi

Nota: O critério do *ranking* são as vendas. Elaboração própria a partir de dados disponíveis em <http://www.digitimes.com.br>. (conforme consulta realizada em maio/2005).

Essa competitividade das *design houses* taiwanesas se originou de capacidades tecnológicas diferenciadas: velocidade de desenho, qualidade, custos e flexibilidade, principalmente capacidade dessas empresas em “assimilar o conhecimento disponível e

utilizá-lo em diversas formas de adaptação às mudanças de mercado” (Chang e Chien-Tzu, 2002). Para visualizarmos de maneira mais clara essas vantagens de Taiwan é apresentada a seguir a figura (2.3), que detalha as diversas fases produtivas do semicondutor e ilustra as competências tecnológicas do país no desenho dos *chips*.

FIGURA 2.3. Vantagens competitivas de Taiwan no *design* de semicondutores.

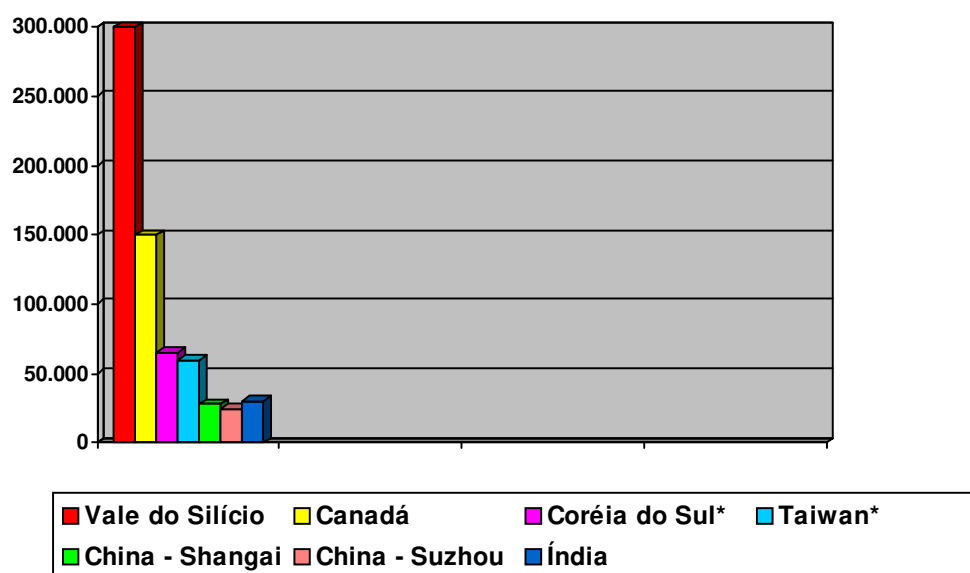


Fonte: Chang e Tsai, 2000. In: Ernst, 2003. Tradução própria.

Um outro elemento explicativo importante para justificar o expressivo crescimento do segmento de *design* de *chips* em Taiwan é o custo anual de emprego de um engenheiro especializado nesta área, como evidencia o gráfico (2.2) a seguir. Enquanto o custo de um desses engenheiros no Vale do Silício é de US\$ 300 mil/ano, um engenheiro com as mesmas qualificações e competências apresenta um custo anual de US\$ 60 mil (em média)

em Taiwan, ou seja, o custo do emprego de um engenheiro especializado em desenho de *chips* é 5 vezes mais baixo no país.

GRÁFICO 2.2. Custo anual do emprego de um engenheiro especializado em desenho de *chips*, 2002, em US\$.



Nota: Estes custos envolvem salário, benefícios, equipamento, espaço do escritório e outras infra-estruturas. *Valores aproximados, porém mais reduzidos.

Fonte: Ernst, 2003, p. 28. Elaboração própria.

Porém, mesmo diante desta representativa evolução no desenvolvimento dos semicondutores em Taiwan, o país ainda não possuía uma cadeia produtiva completa, já que não existiam empresas envolvidas na produção das “máscaras” do semicondutor⁴⁰. Desse modo, diante da demanda crescente por processos produtivos com máscaras, o ITRI, mais uma vez, implementou uma empresa chamada de Taiwan Mask Corporation (TMC) para realizar tais operações através da transferência de pessoal qualificado, tecnologia e estratégias de negócios originadas no ERSO, como mostrou a figura (2.1) (Chang e Hsu, 1998).

⁴⁰ O material do *chip* é o semicondutor sendo que máscaras e luz ultravioleta são usadas para “imprimir” sobre o *wafer* de silício os circuitos. A máscara contém o desenho que será feito, desta maneira, o processador é feito usando várias máscaras diferentes. Para um detalhamento deste tema, consultar a descrição da produção de semicondutores que consta no anexo I.

Desta forma, ao término dos anos 80 existia uma completa especialização vertical na cadeia produtiva de semicondutores em Taiwan, se caracterizando como uma sub-indústria com agentes especializados nas diversas áreas – *design*, manufatura da máscara, fabricação do *wafer*, empacotamento e testes - na qual cada segmento detém uma *expertise* própria e existe uma forte interação entre os agentes envolvidos, tanto empresas, como órgãos públicos, instituições e associações, ou seja, “foi criada uma cadeia de valor industrial eficiente em termos de fluxo de materiais/bens, informações e acumulação de recursos humanos e capital” (Chang e Tsai, 2000, p.04).

Finalmente, os anos 90 se caracterizaram pela aceleração do crescimento de todos os segmentos da indústria de semicondutores em Taiwan, resultado dos esforços governamentais e do processo de desenvolvimento tecnológico ocorrido na década anterior, como mostram os dados da evolução do número de empresas das diferentes atividades produtivas em circuitos integrados, na tabela (2.5) a seguir.

TABELA 2.5. Número de empresas de semicondutores em Taiwan, 1986, 1990, 1994 e 1998.

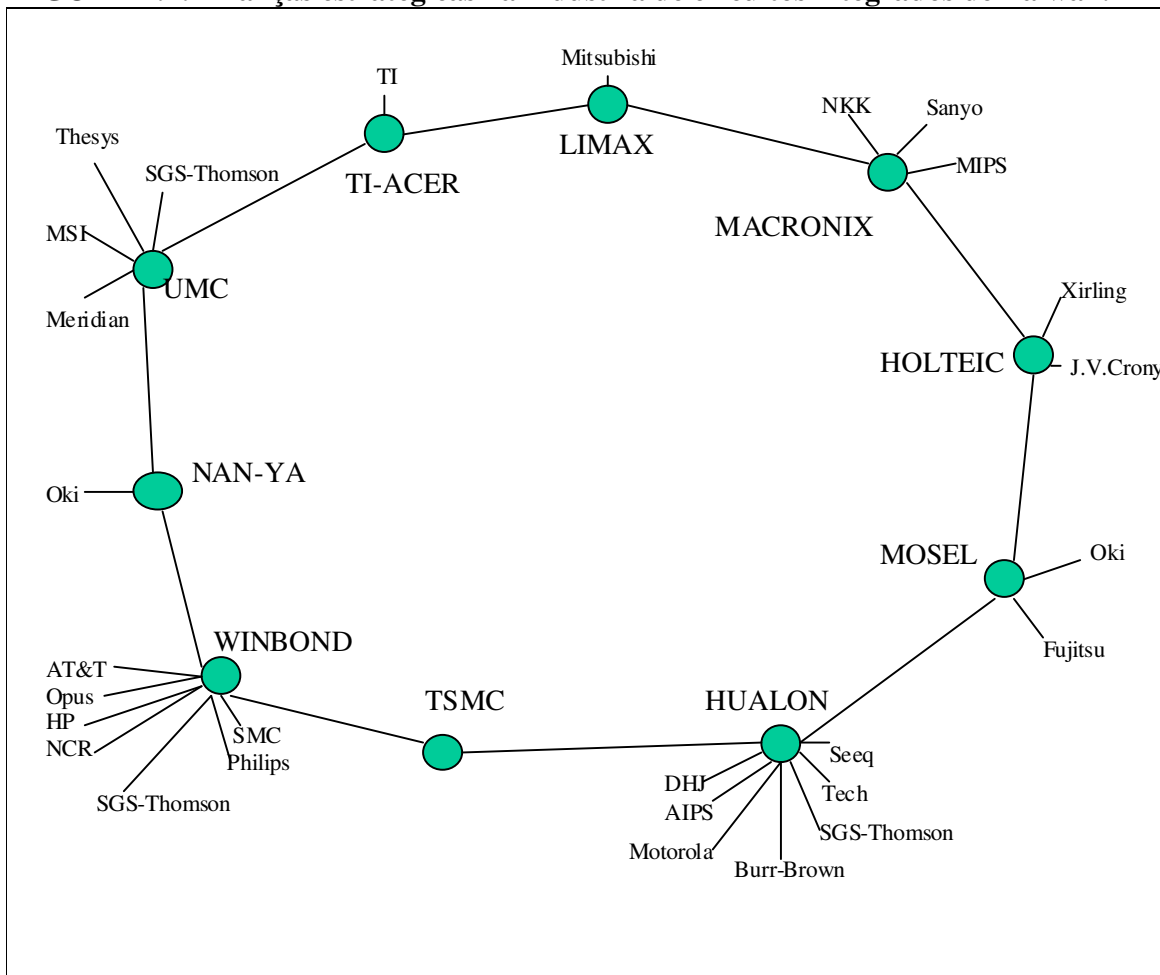
Ano	Design	Fabricação	Empacotamento	Testes	Material de wafer	Máscara	Química	Estruturas condutoras
1986	4	1	-	0	0	1	0	1
1990	56	8	19	1	0	2	1	-
1994	64	11	18	4	0	2	1	4
1998	115	20	36	30	3	5	6	9

Fonte: ERSO (vários anos). In: Tung, 2001.

Diante dessas evidências de que houve um processo de capacitação tecnológica na indústria de semicondutores, o governo procurou desenvolver mecanismos para a consolidação destas capacidades, dentre as quais: expansão das capacidades tecnológicas originadas do ITRI (através da criação de um projeto em submícron, para fabricação da tecnologia DRAM - *Dynamic Random Access Memory*), aumento do número de alianças tecnológicas estratégicas (com parcerias internacionais), e, também o estabelecimento de indústrias de suporte através da expansão e melhoramento da infra-estrutura do Parque Hsinchu (Mathews, 1997). Nesse momento, a atuação do governo se torna menos direta, já que ele passa a conduzir e direcionar o processo, geralmente na forma de pesquisas cooperativas e alianças estratégicas, sendo que agora o setor privado assume um papel mais

ativo, demonstrado principalmente através do aumento da cooperação entre empresas locais e firmas estrangeiras, apresentado na figura (2.4).

FIGURA 2.4: Alianças estratégicas na indústria de circuitos integrados de Taiwan.



Fonte: ERSO/ITRI, 1995. In: Lee e Pecht, 1997, p.44.

A figura acima reflete a rede de empresas e agentes criada para sustentar as capacidades tecnológicas e manter a competitividade da indústria de semicondutores taiwanesa: com empresas multinacionais de atuação diversificada no desenvolvimento de soluções tecnológicas (como a Winbond e a Macronix) aliadas a empresas de origem nacional especializadas em semicondutores, como a UMC e a TSMC.

O projeto em tecnologia submícron⁴¹ visava melhorar a base de P&D da indústria de semicondutores em Taiwan, considerando que, com o crescimento da indústria de computadores e periféricos nesse mesmo período, as empresas de *chips* tinham que se preparar para fabricar produtos com tecnologia DRAM, para que não se tornassem dependentes dos produtos da Coreia do Sul e do Japão. Por isso, o ERSO implementou um projeto de 5 anos para o desenvolvimento da tecnologia submícron e, em 1990, declarou a organização de um consórcio para a produção desta tecnologia (Hsu, 1997).

Somente as empresas UMC e TSMC se uniram para a participação no consórcio, em 1992. Cada uma das empresas deveria investir aproximadamente NT\$ 129 milhões e enviar pessoal técnico para desenvolvimento de atividades de P&D no ITRI. Em 1994, outras empresas também entraram para o consórcio, como a Mosel Vitelic, a Holtek Microelectronics e a Winbond Electronics. Após alguns anos, foi criado um laboratório piloto, em parceria com o ITRI, para a qualificação de recursos humanos. Como resultado destes esforços, surgiu a Vanguard International Semiconductor Corporation (VISC), uma nova empresa produtora de memórias em Taiwan (Hsu, 1997 e Chang e Hsu, 1998).

Novamente, um dos principais mecanismos de transferência e difusão tecnológica utilizados pelo ERSO foi o capital humano, especialmente pessoal especializado em atividades de pesquisa e desenvolvimento, como comprovam os dados a seguir (tabela 2.6), com os respectivos *spin-offs* gerados pelo instituto e o pessoal disponibilizado por este ao longo do período.

TABELA 2.6. Estimativa de pessoal de P&D transferido do ERSO para a indústria de semicondutores.

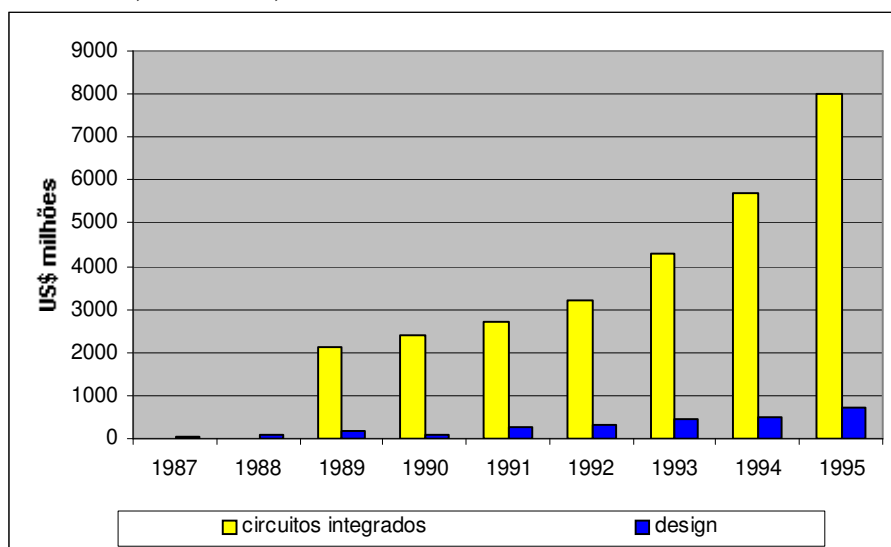
Empresa <i>spin-off</i>	Ano de Fundação	Pessoal do ERSO
UMC	1980	31
TSMC	1987	114
TMC	1988	100
Vanguard	1994	310

Fonte: Tso, 2004, p. 320.

⁴¹ O submícron é derivado do micron, uma unidade de medida em microeletrônica, sendo que cada micron corresponde a um milionésimo de metro.

A indústria de semicondutores hoje é reconhecidamente competitiva nas principais tecnologias existentes e evidência disso são os dados sobre o crescimento do mercado de circuitos integrados e desenho de projetos (gráfico 2.3), além da tabela (2.7) que mostra os produtos em que Taiwan é líder na produção mundial, com destaque expressivo para os segmentos de alta tecnologia e, particularmente, para a hegemonia mundial do país na prestação dos serviços de *foundry* e sendo também o segundo maior produtor mundial no segmento de *design* de circuitos integrados. Outro dado que ressalta a liderança mundial de Taiwan na prestação dos serviços das *foundries* é o indicador “intensidade dos gastos em capital”, que expressa uma proporção entre os gastos em capital com relação às vendas (em %), diante dos investimentos requeridos para essas instalações. De 1995 a 1999, este indicador em Taiwan apresentou a seguinte evolução: 31,9%; 63,4%; 63,4%; 73% e 68%. Enquanto que, para a Coreia e EUA no mesmo período, respectivamente: 25,7%; 40,1%; 51%, 26%, 26% e 20,7%; 22,8%; 17,5%; 18% e 14% (Chen e Chen 2001, p.19).

GRÁFICO 2.3. Expansão do mercado de circuitos integrados e *design* em Taiwan, 1987-1995, em US\$.



Nota: Para 1987 e 1988 os dados do mercado de circuitos integrados não estavam disponíveis. Fonte: ITRI/ERSO, 1996. In: Lee e Pecht, 1997, p.64 e 69.

TABELA 2.7. Produtos em que Taiwan está entre os maiores fabricantes mundiais, 2003.

1º. lugar mundial		2º. lugar mundial		3º. lugar mundial	
Item	%	Item	%	Item	%
Máscaras ROM (memórias de leitura) (1)	89,7	Monitor de cristal líquido (1)	34,9	Memórias DRAMs(1)	19,1
Discos regraváveis (2)	84,0	Placas eletrônicas (1)	29,0	Pequenos e médios TN/STNLCDS* (1)	14,4
Redes sem fio (2)	78,0	Desenho de circuitos integrados (1)	28,7	Fibras de nylon (2)	11,9
Discos de DVD graváveis (2)	75,0	Resistor de chip (1)	28,0	PDPs* (1)	3,8
Serviços de foundry (manufatura) (1)	65,8	Distribuidor de rede (2)	26,0	Bicicletas (2)	3,2
Empacotamento de circuitos integrados (1)	27,9				

Nota: Estes valores são considerados, excluindo as taxas envolvidas na produção. (%) refere-se à participação de Taiwan no mercado global (*market-share*) destes produtos. (1) Valor da produção, (2) Volume da produção, (3) Valor das exportações. (*) sem tradução. Fonte: Programa de Serviço à Informação Industrial e Tecnológica. In: *Taiwan Statistical Data Book*, 2005. Tradução própria.

Diante deste contexto, os especialistas do governo juntamente com as empresas do segmento privado, têm buscado desenvolver formas criativas e inovadoras para manter e consolidar suas capacidades tecnológicas na fabricação e desenho de *chips*, por meio do monitoramento contínuo da dinâmica tecnológica do setor, com o intuito de sustentar sua competitividade nos mercados internacionais nas próximas décadas.

2.4.4. O que podemos aprender com a experiência de Taiwan em semicondutores?

A análise da trajetória do desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan nos aponta uma série de elementos determinantes, que construídos de forma articulada e planejada, permitem compreender a construção de capacidades tecnológicas diferenciadas e a inserção internacional competitiva do país. Tais elementos elucidam as diversas possibilidades ao pensarmos na elaboração de uma estratégia de desenvolvimento para a indústria de semicondutores no Brasil. Isto não significa que possamos replicar esta experiência, já que nossa estrutura industrial, o momento histórico e as próprias características do setor não são as mesmas, porém, a trajetória de Taiwan é permeada de elementos que podem ser utilizados como uma orientação para a indústria brasileira, os quais detalharemos a seguir.

Primeiramente, um elemento fundamental para o desenvolvimento da indústria de *chips* em Taiwan foi a atuação do Estado – seja como planejador, executor e financiador dessa trajetória. O governo organizou o desenvolvimento do setor em uma estratégia voltada para as exportações, com uma série de políticas estruturadas e contínuas por meio do monitoramento permanente das necessidades que emergiam do setor. Para isso, criou um diversificado aparato institucional, em que é central a atuação do ERSO, ITRI e do Parque Hsinchu, tanto para a articulação com o segmento privado – considerando sua peculiaridade de ser formado basicamente por pequenas e médias empresas – como também para desenvolver mecanismos de transferência e difusão tecnológica, garantindo que as tecnologias consideradas ‘chaves’ para o desenvolvimento do setor fossem adquiridas e assimiladas localmente.

Este processo de transferência tecnológica mostra-se claramente seletivo e planejado, uma vez que o país optou pela aquisição de tecnologia estrangeira como forma de economizar tempo no processo de aprendizado tecnológico e selecionou a entrada no segmento dos circuitos integrados de aplicação específica, considerado um nicho de mercado, já que os produtores tradicionais de semicondutores – EUA, Japão e Coreia do Sul – ainda não haviam dominado tal setor.

Desta forma, foram articulados diversos mecanismos para que fosse garantida não somente a transferência da tecnologia estrangeira, mas também sua assimilação e difusão no ambiente local. Dentre esses mecanismos utilizados, o intercâmbio de pessoal especializado e qualificado com outros centros de alta tecnologia globais (como o Vale do Silício) – como forma de acesso ao conhecimento tácito e *know-how* - e a implementação de plantas-piloto que originavam novas empresas (*spin-offs*) - como forma de incentivar e garantir os investimentos privados nestas ‘tecnologias-chaves’- são fundamentais para o sucesso do aprendizado tecnológico que permitiu a capacitação dos agentes locais.

Outro elemento que foi criteriosamente selecionado na participação do desenvolvimento da indústria de semicondutores taiwanesa foi o investimento direto estrangeiro (IDE), primeiro, na forma de implantação de filiais de empresas multinacionais (principalmente no Hsinchu) e, depois, na década de 90, por meio da formação de alianças estratégicas tecnológicas. A entrada do IDE neste processo não pode ser considerada aleatória porque o governo somente permitia a participação das multinacionais em parcerias

para originar empresas *spin-offs* na medida em que, como contrapartida - particularmente para as isenções e incentivos oferecidos - as matrizes destas empresas permitissem o acesso dos técnicos locais às tecnologias estrangeiras e houvesse intercâmbio de recursos humanos. Esse mecanismo foi utilizado para garantir efetivamente o processo de assimilação das tecnologias estrangeiras localmente e também para evitar que as multinacionais viessem a se instalar no país exclusivamente para se aproveitar da infraestrutura disponível e dos recursos humanos oferecidos a um custo relativo menor, além das isenções e incentivos fiscais.

O permanente monitoramento da dinâmica de inovação do segmento de semicondutores globalmente permitiu que os planejadores, juntamente com empreendedores locais⁴², que retornaram ao país após uma longa experiência no exterior, percebessem que a implementação do modelo *foundry*, com a especialização de Taiwan na manufatura do semicondutor propriamente dita, poderia se tornar uma inovação organizacional que romperia com o modo de produção tradicional da indústria e se tornasse o grande diferencial competitivo do país nos mercados internacionais. A implementação dessa inovação industrial – a prestação dos serviços de *foundry* – juntamente com a entrada no segmento dos circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), um nicho no mercado mundial, foi essencial para o sucesso no processo de desenvolvimento da indústria, já que foi um mecanismo criador de capacidades tecnológicas diferenciadas para o país, na medida em que permitiu articular as instituições públicas de pesquisa, infraestrutura tecnológica existente e a estrutura de pequenas e médias empresas, construindo uma vantagem competitiva alternativa nos mercados internacionais.

Esses primeiros passos na tendência de especialização vertical das atividades produtivas na indústria de semicondutores foram dados por Taiwan, sendo que as *foundries* se tornaram uma alternativa, com grande potencial de crescimento, ao modo de produção existente na manufatura integrada (IDM) e geraram uma demanda expressiva pelos serviços do segmento de *design*, ou seja, o projeto dos circuitos integrados. Este fato justifica o crescimento substancial nesta área e a criação de uma nova capacidade tecnológica

⁴² A TSMC (1987) foi criada sob o comando de Moris Chang, um engenheiro de origem taiwanesa, com PhD do MIT, que retornou ao país após 20 anos de experiência como um dos diretores da Texas Instruments (Saxenian, 2001, a).

diferenciada para o país, que se consolida atualmente como o segundo maior produtor mundial no segmento de *design* de *chips*.

O exame da experiência internacional revelou também que o desenvolvimento apenas do segmento de *design* possui limitações, ou seja, a trajetória de desenvolvimento por meio das *design houses* não é autônoma. Esta constatação se esclarece ao analisarmos os elementos que compõe a realidade do desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan. Taiwan atraiu empresas de manufatura que se integraram e interagiram continuamente com as *design houses*, além dos usuários finais desses *chips*, criando um fluxo contínuo de conhecimento (inclusive tácito), aprendizado tecnológico e geração de *spillovers*, formando um “círculo virtuoso” que se auto-alimenta e cria novas possibilidades e capacidades tecnológicas a todo momento, sustentando uma trajetória autônoma de desenvolvimento. Além disso, as empresas de manufatura requerem crescentemente serviços de *design* específicos para os seus produtos, possibilitando a criação de novas oportunidades de mercado e a consolidação de capacidades tecnológicas. Foi exatamente a interação entre esses dois segmentos da indústria de semicondutores, efetivado pela co-existência de ambos em uma mesma base territorial, possibilitou a criação de um ‘ambiente favorável’ que permuta suas capacidades tecnológicas permanentemente e é capaz de sustentar a trajetória de desenvolvimento da indústria de semicondutores.

2.5. Conclusões

A análise da experiência internacional de sucesso na indústria de semicondutores sugeriu diversos elementos interessantes que foram explorados com maior detalhamento ao longo do texto, dentre os quais: a atuação do Estado e as suas diferentes formas de atuação no processo; a continuidade das políticas industriais; os mecanismos de transferência de tecnologia; o pioneirismo na instalação das *foundries*, uma inovação organizacional para esta indústria, além dos seus impactos no segmento de *design* de semicondutores e a tendência da formação de alianças tecnológicas estratégicas nos últimos anos.

Esse capítulo realizou um exame desses determinantes do desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan, procurando identificar as capacidades tecnológicas construídas que justificam a liderança mundial do país na prestação dos serviços oferecidos pelas *foundries* e a segunda posição no mundo como produtor do segmento de projeto de

circuitos integrados. Esta análise foi realizada por meio de uma ampla revisão da literatura disponível, além da busca de dados quantitativos em base de dados do país, para que fosse possível verificarmos o caminho percorrido nessa trajetória de desenvolvimento.

Desta forma, podemos inferir que a criação apenas de *design houses* é um caminho de desenvolvimento, mas frágil e limitado, uma vez que as interações no ambiente local (particularmente com empresas de manufatura) se tornam um elemento fundamental para a sustentação de uma trajetória de desenvolvimento de longo prazo da indústria de semicondutores.

Capítulo III: Um exame da indústria de semicondutores brasileira: os obstáculos e as oportunidades para o desenvolvimento por meio das *design houses*

3.1. Introdução

Este capítulo fará uma análise da indústria de semicondutores brasileira, com o objetivo de examinar as perspectivas, com suas possibilidades e limitações, da trajetória de desenvolvimento por meio das companhias de projeto de circuitos integrados, as *design houses*, o objetivo principal da dissertação.

Para isso, pretendemos responder algumas questões importantes, como: quais as capacidades tecnológicas existentes na indústria de semicondutores brasileira? É possível criarmos *design houses* nacionais? Desenvolver essas *design houses* localmente resolve o problema do *déficit* da balança comercial? Quais os efeitos dessa iniciativa sobre as demais dificuldades existentes na indústria de semicondutores no Brasil? E, além disso, somente o desenvolvimento das *design houses* brasileiras permite a construção de uma trajetória estruturada e auto-sustentável no longo prazo?

Para cumprir esse objetivo é necessária uma primeira avaliação das características incipientes desta indústria no Brasil, seja com relação ao problema do *déficit* crescente e estrutural na balança comercial; seja em termos das empresas, identificando as empresas existentes e em quais atividades produtivas, ou ainda com relação às capacidades tecnológicas identificadas.

Com essa avaliação e definidos os elementos determinantes do sucesso da experiência de Taiwan (capítulo II), esses aspectos classificados como “oportunidades” ou “obstáculos” para a trajetória de desenvolvimento por meio das *design houses* na indústria de semicondutores brasileira. Os elementos considerados como obstáculos diante da comparação entre a experiência de Taiwan e o caso brasileiro, foram: a forma de intervenção estatal; a oferta de recursos humanos qualificados na área; o arcabouço institucional e infra-estrutura de pesquisa, os mecanismos de transferência de tecnologia e a forma de participação do investimento direto estrangeiro nessa trajetória de desenvolvimento local. Por outro lado, a avaliação da indústria mostrou algumas oportunidades para a trajetória de desenvolvimento por meio dos projetos de circuitos: 1. o

foco nos circuitos integrados de aplicação específica; 2. os esforços do governo na PITCE e, finalmente, 3. a necessidade da criação de um “círculo virtuoso” para o desenvolvimento industrial dos semicondutores no Brasil.

Consideramos que, embora o desenvolvimento da indústria brasileira de *chips*, por meio do segmento de projetos seja uma trajetória viável, principalmente diante dos esforços da PITCE e as oportunidades que emergem no mercado de circuitos integrados de aplicação específica; no entanto, no longo prazo essa trajetória apresentará fragilidades. Por isso, é importante a criação de um “círculo virtuoso” para que exista uma maior diversificação da estrutura industrial brasileira e uma sustentabilidade da indústria de *chips*, com a superação dos problemas decorrentes do *déficit* da balança comercial no complexo eletrônico.

3.2. Uma avaliação da indústria de semicondutores existente no Brasil

Para analisarmos as possibilidades de uma estratégia para o desenvolvimento da indústria de semicondutores brasileira, particularmente por meio de *design houses*, é necessário examinarmos as condições existentes atualmente. Para isso, examinaremos a produção local, composta por um restrito grupo de empresas, geralmente atuantes em atividades de *back end*, fato que conduz a uma forte dependência de componentes importados e ocasiona progressivos e estruturais *déficits* na balança comercial. Além disso, temos que identificar as capacidades tecnológicas existentes presente nos grupos de estudos e centros de pesquisa nessa área.

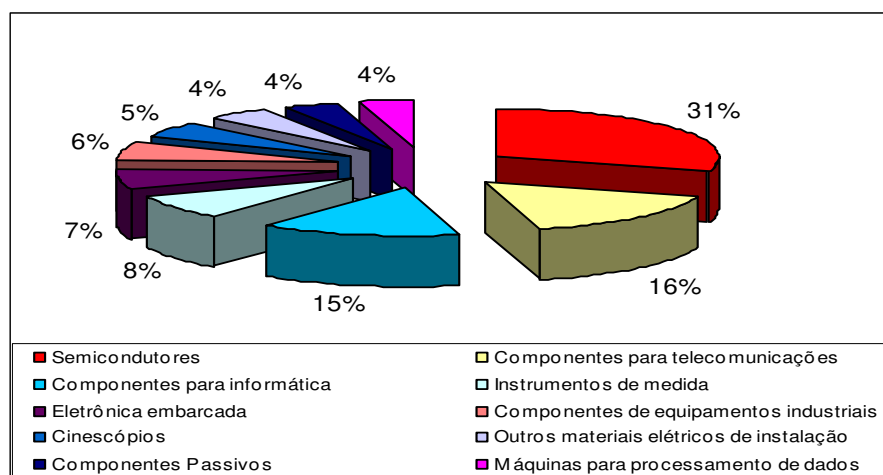
3.2.1. O problema do *déficit* na balança comercial

Um das mais fortes motivações para estudarmos formas de aumentar a internalização das atividades produtivas em *chips* no Brasil e que provavelmente justifica a inclusão do setor em uma das prioridades da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior⁴³ (PITCE) do atual governo, lançada em 2004, é a existência de progressivos e estruturais *déficits* na balança comercial.

⁴³ Os outros setores considerados como opções estratégicas da PITCE são: *software*, bens de capital e fármacos e medicamentos. Para um detalhamento da proposta da PITCE, sugerimos a consulta no texto (MCT, 2003).

Tais *déficits* são fruto da dependência dos componentes importados, geralmente na forma de *kits* que são apenas montados localmente. Isso gera um intenso fluxo de importações na balança comercial do complexo eletrônico, na qual os semicondutores possuem a maior participação relativa, de mais de 30% , como destaca o gráfico (3.1) a seguir.

GRÁFICO 3.1: Participação relativa dos principais produtos importados no complexo eletrônico brasileiro, 2004, em US\$.



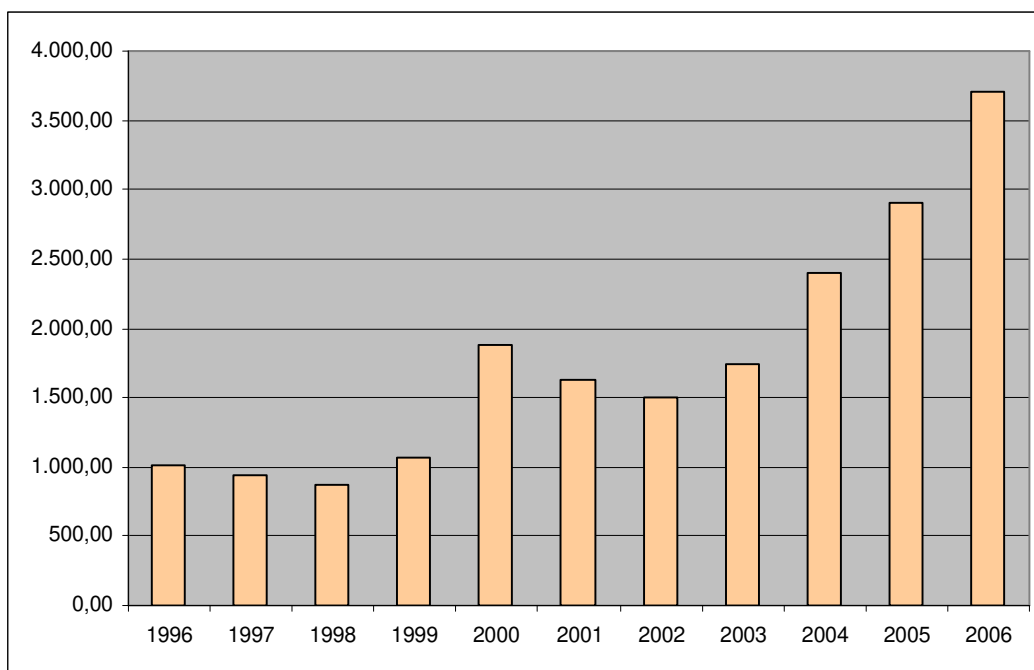
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ABINEE, 2006.

Vale lembrar que esse déficit é de caráter estrutural, ou seja, reflete a ausência de várias etapas essenciais na cadeia produtiva de semicondutores, principalmente relativas às atividades de manufatura. Além disso, os dados apresentados reforçam o caráter estrutural e progressivo dos *déficits*, já que os mesmos têm aumentado gradualmente ao longo da última década e devem continuar se ampliando diante da incorporação desses componentes em um número cada vez maior de produtos, como mostra o gráfico (3.2). Ressaltamos ainda que esses dados estão subestimados, já que tratam apenas da importação direta de semicondutores, desconsiderando o valor desses componentes incorporados em outros produtos, tanto em partes e peças como também em produtos finais do complexo eletrônico, os quais representam praticamente o mesmo valor das importações diretas de *chips*⁴⁴.

⁴⁴ A apresentação de Sérgio Galdieri (vice-presidente da ABINEE) no *Fórum Mundial de Eletrônicos*, realizado em 2001, destacou esse aspecto: no ano de 2000, as importações diretas de semicondutores foram de US\$ 1,883 milhão, enquanto que dentre o total de componentes importados em partes e peças (US\$ 1,585

milhão) os semicondutores representaram 65% e nos componentes contidos em produtos finais (US\$1,922 milhão) mais de 60%. Se somarmos esses dados, essa participação dos *chips* incorporados em outras importações totaliza US\$ 2,205 milhões, valor que supera as importações diretas.

GRÁFICO 3.2. Evolução das importações de semicondutores, 1996-2006*, em US\$ milhões.



Nota*: O dado de 2006 é uma estimativa com base nos dados observados do 1º. semestre, no qual as importações totalizaram US\$ 1,6 bilhão, representando um aumento de 28% com relação ao mesmo período de 2005. Fonte: Elaboração própria a partir de dados disponibilizados pela Abinee (2005) e conforme consulta realizada no site (acesso em outubro/2006).

Essa forte dependência dos componentes semicondutores importados é decorrente da ausência de empresas presentes nos diversos segmentos da cadeia produtiva de *chips* no Brasil, a qual sempre esteve fortemente ligada à trajetória de desenvolvimento da microeletrônica no país. Essa situação se estabeleceu a partir de meados dos anos 90, com a desarticulação das políticas e dos esforços para o desenvolvimento setorial, resultando em um restrito grupo de empresas atuando em alguns segmentos específicos a indústria de semicondutores, como discutiremos na avaliação da produção local, a seguir.

3.2.2. Mapeamento da produção local: as empresas existentes

A análise das empresas existentes na indústria de semicondutores brasileira relaciona-se à trajetória de desenvolvimento da microeletrônica no país. Para realizar essa avaliação da produção local, faremos uma breve descrição das principais iniciativas e fatos da trajetória da microeletrônica no Brasil, mostrando que a produção local já teve uma participação mais expressiva. O intuito dessa avaliação é destacar o estágio inicial de desenvolvimento da indústria de semicondutores no país e mostrar que ainda existe uma longa trajetória a ser traçada.

A partir dos anos 50, seguindo a tendência disseminada na indústria de semicondutores mundial, com a dispersão das atividades de *back end*, algumas empresas multinacionais instalaram plantas produtivas no Brasil⁴⁵, motivadas pelo acesso ao mercado local, pela política de substituição de importações e estímulo às exportações, dentre outros elementos (Ripper Filho, 2004). Nesse período existiam os incentivos fiscais disponibilizados por meio da lei de informática, que promovia tanto a atração de empresas multinacionais, como também a consolidação das firmas nacionais atuantes, além da existência e articulação de diversos esforços governamentais para o desenvolvimento da microeletrônica no país, com a criação de centros de pesquisa e grupos de estudos nessa área, como o Laboratório de Microeletrônica da USP (1968), o Laboratório de Eletrônica e Dispositivos da Unicamp (criado em 1974, transformado recentemente em Centro de Componentes Semicondutores) e o CPqD (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações), em 1976. Essas instituições visavam atuar como mecanismos de transferência de tecnologia, tanto de maneira direta, por meio de contratos formais de transferência, ou de forma indireta, com a absorção de pessoal treinado nesses grupos existentes nas universidades (Ripper Filho, 2004).

Além disso, entre os anos 1950 e 1980 houve um aumento na instalação de empresas multinacionais atuando em semicondutores no país, sendo que no fim da década de 80 já existiam 23 empresas no Brasil (Bampi, 2004). Nesse período a produção local de semicondutores chegou a atingir cerca de US\$ 250 milhões, enquanto que os componentes importados eram de aproximadamente US\$ 400 milhões (Oliveira e Miguel, 2004). Tais

⁴⁵ A primeira dessas linhas de montagem foi a da IBRAPE (grupo Philips) para atender às empresas fabricantes de televisões e rádios.

esforços do governo brasileiro tinham o propósito de se aproveitar de uma “janela de oportunidade” existente na indústria de semicondutores mundial, particularmente no período entre o fim dos anos 70 e meados dos 80, além de buscar mecanismos para consolidar o fornecimento de insumos e componentes para a indústria de computadores nacional. Nesse período, existia uma forte demanda por *chips* no mundo e a consolidação da tecnologia MOS (Metal Oxide Semiconductor), assim, vários países, como os do Leste Asiático, inclusive Taiwan, procuraram uma inserção internacional competitiva na indústria, com estratégias competitivas diferenciadas e atendimento a nichos de mercado específico em que as barreiras à entrada se mostravam reduzidas naquele momento.

No entanto, no início da década de 90 o setor de semicondutores brasileiro passou a enfrentar dificuldades, como destaca o estudo de Ripper Filho (2004) considerando que o “fim” da indústria de semicondutores no Brasil ocorreu basicamente em duas fases: uma primeira, com a criação da Zona Franca de Manaus, implicando a transferência da produção de bens eletrônicos de consumo com suas respectivas tecnologias e insumos estrangeiros; uma segunda, mais intensa e dramática, com a abertura para das importações no setor, sem restrições, realizada pelo governo Collor, em 1990. O autor ressalta que:

“... praticamente todas (as empresas) fecharam⁴⁶ em um período de não mais que seis meses em 1990, quando foi anunciada a abertura comercial pelo Governo Collor. Essa abertura, feita sem maiores planejamentos e considerações com a preservação da engenharia nacional significava que rapidamente os equipamentos projetados no país seriam substituídos por equipamentos projetados no exterior. Isso significava que era transferida para o exterior a decisão de compra de componentes” (Ripper Filho, 2004, p.02).

A partir disso, diante do corte repentino dos incentivos do governo, grande parte dos esforços realizados, como a construção de competências e os mecanismos de transferência tecnológica, foram interrompidos, dado que a estratégia das empresas era fortemente dependente desses incentivos proporcionados pela lei de informática. As empresas multinacionais abandonaram rapidamente o mercado brasileiro, enquanto que as nacionais ainda resistiram por mais alguns meses.

⁴⁶ Uma exceção foi a Icotron (Siemens), no entanto, a empresa reduziu sua produção ao nível mínimo.

Como consequência disso, os déficits de componentes começaram a se ampliar. Em 1991 a produção local se reduziu a menos de US\$ 150 milhões e, no ano seguinte, sequer atingiu US\$ 100 milhões, enquanto que as importações se mantinham no mesmo nível, variando entre US\$ 400 e US\$ 300 milhões (Oliveira e Miguel, 2004). A partir de 1994, os fluxos de importações se tornaram crescentes, variando entre US\$ 500 milhões e mais de US\$ 2 bilhões, para conseguir atender à demanda de setores usuários finais de semicondutores, como computadores, equipamentos para telecomunicação e o setor automotivo.

A desarticulação das iniciativas governamentais e dos esforços para o desenvolvimento da indústria microeletrônica ao longo da década de 90 resultou em um restrito grupo de empresas atuantes em segmentos específicos do mercado de semicondutores, sendo que jamais o setor conseguiu se recuperar das mudanças ocorridas nesse período.

Atualmente as empresas que trabalham com componentes semicondutores no mercado brasileiro formam um grupo de sequer uma dezena de empresas, em sua maioria multinacionais que realizam apenas montagem de *kits*, atividades de empacotamento e testes ou outras etapas parciais da cadeia produtiva mercado local. Podemos identificar as principais empresas listadas a seguir, atuando em seus respectivos segmentos na indústria de *chips*:

TABELA 3.1. Empresas atuantes na indústria de semicondutores no Brasil, 2006.

Empresa	Principais atividades produtivas
<i>Aegis Semicondutores</i>	fabricação de circuitos discretos
<i>Semikron</i>	fabricação de circuitos discretos e capacitores
<i>Smart Modular Technologies</i>	encapsulamento de circuitos integrados e produção de memórias
<i>Freescale Semiconductor</i>	projeto de circuitos integrados
<i>Epcos</i>	fabricação de capacitores
<i>Heliodinâmica</i>	produção de células solares
<i>Itaúsa/Itaucom</i>	montagem de circuitos integrados e produção de memórias

Fonte: Elaboração própria.

A primeira, a *Aegis Semicondutores*, é uma empresa nacional fundada em 1982 que atua na produção de circuitos discretos⁴⁷, geralmente circuitos eletrônicos de disparo e controle, além de diodos e transistores. A empresa conseguiu superar as dificuldades para sua atuação nos mercados ao longo da década de 90 com uma estratégia direcionada em um segmento específico (circuitos discretos) e recentemente salientou os problemas enfrentados com relação à falta de incentivos para o setor e no diferencial de carga tributária entre seus insumos importados e produtos fabricados localmente⁴⁸.

No mesmo segmento de mercado, há a *Semikron*, uma empresa multinacional, fundada em 1951 (Alemanha), que realiza a produção de circuitos discretos e capacitores no Brasil, os quais possuem um número reduzido de funções e menor complexidade que os circuitos integrados.

Já a atuação da americana *Smart Modular Technologies* mostra que ainda há expectativas positivas para o desenvolvimento do setor no Brasil. A empresa, segunda maior fabricante de módulos de memória de computadores no mundo, já tinha uma unidade produtiva em Guarulhos/SP onde realiza a montagem de memórias importadas, anunciou no ano passado que construiria uma nova fábrica de semicondutores no Brasil. A nova fábrica foi instalada Atibaia/SP, com um investimento de US\$ 35 milhões e iniciou em janeiro deste ano a produção de circuitos integrados de memória para computadores, *notebooks*, impressoras, modems e telefones celulares. Estima-se uma produção de 5 milhões de unidades/mês, das quais cerca de 11% devem ser exportadas, gerando aproximadamente 300 empregos. Vale ressaltar que essas ainda são atividades de *back end* na cadeia produtiva de semicondutores, com pouca agregação de valor. Os dirigentes da empresa declararam que o investimento é resultante da inclusão dos semicondutores no Recof (Regime Aduaneiro de Entrepósito Industrial sob Controle), que permitiu que uma mercadoria importada diretamente para a fábrica seja exportada sem impostos, uma das poucas medidas “concretas” realizadas pelo governo para o setor. Outro fator que incentivou a iniciativa da empresa foi a crescente demanda interna por *chips*,

⁴⁷ Os circuitos discretos possuem uma participação de menos de 20% na totalidade da indústria, sendo que predominam os circuitos integrados, como discutimos no capítulo I.

⁴⁸ Apresentação do proprietário da empresa, Wandeley Marzano, no *workshop* sobre semicondutores e nanotecnologia – Seminotec 2006 – promovido pelo CCS da Unicamp em 10/02/2006. Mais informações sobre o evento em <http://www.ccs.unicamp.br/seminotec/> e sobre a empresa em <http://www.aegis.com.br>, conforme consulta realizada em junho/2006.

principalmente para a fabricação de computadores e telefones celulares⁴⁹. Vale lembrar que esse foi o único investimento declarado no setor recentemente, mesmo diante de sua escolha entre os prioritários para o desenvolvimento industrial.

Outra empresa multinacional atuante na indústria de semicondutores brasileira é a *Freescale Semiconductor*, originada do antigo *Brazil Semiconductor Technology Center* (BSTC), da Motorola. Esse centro foi inaugurado em Jaguariúna, em 1997, com foco no desenvolvimento de tecnologias para clientes dos setores automotivo, de produtos de consumo e de comunicações da América Latina. A Freescale se originou da separação das atividades da área de semicondutores da Motorola em 2004, se tornando uma subsidiária e uma empresa independente em 2005, atuante no segmento de *design* de *chips*, ou seja, os projetos dos circuitos integrados. A unidade brasileira tem participação expressiva nos negócios da corporação, sendo que até 2000 já foram feitos mais de 60 projetos no Brasil, inclusive com o pioneirismo e exclusividade do centro brasileiro em alguns deles. A empresa desempenha funções semelhantes à de outras *design houses* no mundo, podendo ser considerada a única existente no Brasil. No entanto, a empresa não se reconhece como tal porque não é uma prestadora de serviços de projetos de *chips* para qualquer empresa, dado que deve submeter qualquer proposta de negócio para avaliação e análise da viabilidade à sua matriz.

Atuando em um mercado específico da indústria de *chips* brasileira, podemos identificar a *Epcos*, uma multinacional alemã que fabrica capacitores, em um centro de projetos e uma unidade produtiva localizada em Gravataí/RS. A empresa é a 2^a. maior fabricante de componentes eletrônicos passivos (capacitores, indutores, filtros e outros produtos) no mundo e se originou de uma *joint-venture* entre a Matsushita e a Siemens (Melo, Rios e Gutierrez, 2001). A Epcos atua no Brasil desde 1953 (antiga Icotron), sendo que seus capacitores são destinados para produtos da indústria de telecomunicações, eletrônica automotiva e de consumo, eletrônica industrial, equipamentos para processamento de dados e sistemas de energia do mercado local.

⁴⁹ Fonte: *Jornal Valor Econômico*, “Novas iniciativas dão alento ao setor”, edição 1352, publicada em 23/09/2005; *Jornal Valor Econômico*, “Para Smart, condições no Brasil poderiam ser melhores”, edição 1366, publicada em 14/10/2005 e *Jornal Valor Econômico*, “Smart inicia produção de memórias para computador no país”, edição 1428, publicada em 13/01/2006.

Há também a *Heliodinâmica*, uma empresa nacional, fundada em 1980, que realiza a produção de células solares⁵⁰, cujo foco são as atividades relacionadas a sistemas de energia solar fotovoltaica, o processo de conversão da luz do sol em eletricidade. Na área de semicondutores, a empresa realiza a fabricação de lingotes e lâminas de silício, ou seja, a matéria prima para a produção dos *chips*.

Outra empresa envolvida em atividades de produção de semicondutores no Brasil é a *Itaúsa*. A unidade de semicondutores da Itaúsa, separada recentemente da Itautec Philco, é uma *holding* de diversas empresas, criada em 1983, instalada em Jundiaí/SP e que realiza a montagem e os testes de circuitos integrados, ou seja, as atividades de *back end*, além da fabricação de memórias DRAM, as memórias dinâmicas⁵¹. No ano passado a empresa anunciou a interrupção da maior parte da produção de semicondutores e da montagem de placas de circuito impresso⁵², restringindo ainda mais sua atuação no mercado brasileiro. Essa iniciativa da Itaucom sugere que a empresa vem seguindo a tendência de outras multinacionais que atuavam na indústria de semicondutores brasileira, como a NEC. A japonesa NEC, que tinha uma fábrica de produção de memórias instalada desde 1998 no Brasil, abandonou o mercado em 2002, vendendo suas instalações para a americana Solectron, motivada pela concentração dos negócios de semicondutores da corporação e pela perda de competitividade da produção brasileira no segmento⁵³.

Portanto, podemos perceber que a produção local em semicondutores está restrita a um pequeno grupo de empresas, que atuam em segmentos específicos do mercado, geralmente em atividades de *back end*, revelando a total ausência das demais atividades produtivas, nas quais há maior agregação de valor, como *design* de circuitos (com exceção da Freescale) e atividades de manufatura de *chips* propriamente ditas, sem qualquer participação no mercado mundial. Com tais evidências, salienta-se o alcance limitado na produção brasileira nessa indústria, sugerindo que ainda existem diversos esforços e capacidades tecnológicas a serem construídas. Para completar a avaliação da indústria brasileira de semicondutores, a seguir discutiremos as capacidades existentes,

⁵⁰Mais informações sobre a empresa podem ser obtidas em <http://www.heliodinamica.com.br/>, conforme consulta realizada em junho/2006.

⁵¹Para mais informações sobre as atividades da Itaucom, sugerimos a consulta em http://www.itaucom.com.br/itaucom_08_03/default.htm, conforme acesso realizado em junho/2006.

⁵²Fonte: *Jornal Valor Econômico*, “Indústria de semicondutores patina no país”, edição 1352, publicada em 23/09/2005.

⁵³*Ibidem* e *Jornal Valor Econômico*, “Itaúsa fechará fábrica de componentes”, publicada em 31/08/2005.

principalmente no segmento de projetos, por meio do exame dos centros e grupos de pesquisa atuantes na área.

3.2.3. Caracterização do ambiente local: as capacidades tecnológicas existentes

Para examinar as capacidades tecnológicas existentes na indústria brasileira de *chips*, foram avaliadas as atividades e iniciativas de alguns centros de estudo e grupos de pesquisa atuantes na área, particularmente em circuitos integrados.

A perspectiva adotada é de que é possível criarmos uma trajetória de aprendizado tecnológico, por meio de um processo contínuo e cumulativo, em que as empresas aprimoram suas habilidades e aperfeiçoam seus mecanismos de busca, sendo importante não só na acumulação de novos conhecimentos, como também para a consolidação da base já existente e para as possibilidades de vislumbrar novas oportunidades e para melhorar suas competências e produtos/processos ou mesmo ter acesso a novos mercados (Malerba, 1992; Bell, 1984 e Cassiolato, 2004). Finalmente, vale lembrar que uma das mais importantes formas de aprendizado é sua interatividade com a estrutura institucional e econômica (Lundvall, 1992), o que destaca a importância da avaliação das condições existentes na indústria brasileira de semicondutores.

O mapeamento das capacidades tecnológicas existentes no Brasil foi realizado pelo governo federal, em 2002, para o lançamento do Programa Nacional de Microeletrônica, no qual foi destacada a atuação dos seguintes grupos de pesquisa e centros de estudos: UFPE, EFEI-Itajubá, CCS/Unicamp, LME/USP, LSI/USP, Unesp, Cenpra, LNLS, INPE, UFSC, UFRGS, PUC-RS, UFSM, CEFET-PR, UEL, NCE/COPPE/UFRJ, UFES, UFMG, UNBA, UFPB e EFC (Miguel, 2003).

Com tais dados podemos perceber que maioria dos centros de pesquisa atuantes em microeletrônica, particularmente em projetos de circuitos integrados, esta presente nas universidades, como o CCS (Centro de Componentes Semicondutores) da Unicamp e o LSITEC (Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológicos) da POLI/USP, ou em órgãos públicos de pesquisa, como o Cenpra.

Atuando paralelamente, há instituições que trabalham de forma isolada, prestando serviços e apoio a esses grupos, como o Instituto Eldorado, que atua na qualificação e

treinamento de recursos humanos, para que os mesmos possam ser absorvidos pela única *design house presente* no Brasil, a Freescale. Há ainda algumas pequenas empresas que prestam serviços para a Freescale, por meio do desenvolvimento de *softwares* que serão utilizados em seus *chips* embarcados, como a Pleiades.

Diante das restrições temporais e financeiras, foram selecionados esses centros como uma amostra diversificada dessas instituições e empresas para visita, principalmente com foco naquelas que continuam envolvidas na PITCE (2004) do atual governo, no intuito examinarmos as suas atividades realizadas, para que pudéssemos avaliar as capacidades tecnológicas existentes na indústria de semicondutores brasileira por meio das informações coletadas nessas entrevistas⁵⁴.

A metodologia de pesquisa para essa avaliação das capacidades tecnológicas existentes na indústria brasileira consistiu na aplicação de um breve roteiro de entrevistas, com algumas questões qualitativas entre uma pequena amostra de agentes que alcançou os principais grupos envolvidos na atual política industrial do governo (como o LSITEC/USP e o Cenpra, “Centro de Pesquisas Renato Archer”), assim como centros de pesquisa que tiveram participação expressiva nas últimas iniciativas realizadas para o desenvolvimento do setor (como o CCS/Unicamp e o Instituto Eldorado), além das empresas que realizam atividades de projeto de circuitos propriamente ditas (como a Pleiades e a Freescale). Essas entrevistas visaram uma maior aproximação com a realidade das pesquisas e da indústria brasileira nesse setor, além da coleta de dados primários, para que pudéssemos avaliar as capacidades tecnológicas existentes no país.

Com relação às atividades realizadas nessa indústria no Brasil, podemos destacar as seguintes capacidades tecnológicas:

- Atividades de *design* de circuitos integrados,
- Atividades de capacitação de recursos humanos em projetos de circuitos integrados,
- Disponibilidade de equipamentos e ferramentas para desenvolvimento de projetos e desenvolvimento de *softwares* embarcados em circuitos integrados.

Há um nível razoável de capacidades tecnológicas na área de projetos de circuitos integrados, tanto na realização de atividades de *design* propriamente ditas, como também

⁵⁴ Para um maior detalhamento dessas entrevistas (realizadas entre abril e junho de 2006), como os agentes entrevistados, a localização geográfica desses grupos e a justificativa da seleção da amostra sugerimos a consulta no Anexo III.

em atividades para treinamento e capacitação de recursos humanos na área. As atividades realizadas pela filial brasileira da Freescale ilustram as competências nacionais nessa área.

A empresa realiza projetos de microcontroladores, analógicos e memórias *flash*, além ASICs voltados para o mercado mundial. Seus parâmetros de produção são informados às equipes de projeto, ou seja, as atividades de projeto do centro vão desde a especificação até a construção de uma base de dados para impressão do projeto na máscara do circuito. Com a conclusão do projeto, o mesmo é enviado para uma das *foundries* da companhia (nos Estados Unidos, no Japão ou na Europa), a qual confecciona as máscaras e difunde um pequeno lote de protótipos do circuito integrado (Melo, Rios e Gutierrez, 2001). O centro brasileiro tem importância reconhecida pela corporação pelos seus diferenciais com relação ao pessoal qualificado e experiente (que na maioria das vezes veio de outras empresas do segmento que encerraram suas atividades nos anos 90), podendo se tornar uma valiosa fonte de conhecimento tácito e capital humano para empresa. Evidência disso é que entre 1998 e 2006, mais de US\$ 70 milhões já foram investidos no Centro de Projetos da Freescale de Jaguariúna/SP. No entanto, o lucro originado pelos circuitos integrados projetados no Brasil não se reflete em ganhos na balança comercial do complexo eletrônico do país, já que os *chips* projetados aqui, são produzidos e faturados em outra filial da empresa. O benefício da existência do grupo de projetos no país, que hoje conta com cerca de 130 pessoas, é a criação de empregos altamente qualificados e, geralmente bem remunerados, os quais, por sua vez, ocasionam uma série de demandas indiretas na economia local por meio do efeito gerado pela renda.

Para responder às necessidades de projetistas de circuitos, há centros e instituições de pesquisa, que geralmente usufruem os benefícios da Lei de Informática, como a Instituto Eldorado e o LSITEC da USP, que conta com aproximadamente 500 pesquisadores, que desenvolvem expressivas competências na capacitação de recursos humanos para a microeletrônica.

Existem ainda empresas que prestam serviços específicos para a Freescale, geralmente pequenas e médias, que realizam atividades de desenvolvimento de *softwares* embarcados nos *chips*, como a Pleiades⁵⁵, localizada em Campinas/SP. Tais empresas são

⁵⁵ Para mais informações sobre a atuação e produtos oferecidos pela empresa, sugerimos a consulta em <http://www.pleiades.com.br>.

reconhecidas como prestadoras de serviços de *design* e formam um conjunto de empresas que consta no “Programa de Aliança em *Design*”⁵⁶ da Freescale. Nesse programa também existem empresas que prestam outras demandas tecnológicas específicas para a Freescale, como a FITEC, também sediada em Campinas/SP, que dão suporte em documentação e treinamentos específicos para a Freescale. Como essas empresas atuam de forma isolada e não usufruem os benefícios da lei de informática ou outro incentivo governamental, geralmente necessitam de certos equipamentos e ferramentas específicos, de tecnologia de ponta e com custo bastante elevado.

Com o objetivo de suprir essas necessidades técnicas específicas, surge a atuação do Cenpra, que se caracteriza como um “centro de reposição de competências”. No instituto há cerca de 230 pesquisadores e 12 laboratórios, além de um conjunto de ferramentas para assessorar as atividades dessas pequenas empresas atuantes no segmento. Segundo dados da direção do Cenpra, estão sendo investidos cerca de US\$ 130 milhões em infra-estrutura, com expectativa de atender mais de 200 empresas no setor. Com tal avaliação, podemos verificar que existem capacidades tecnológicas razoáveis na área de projetos de circuitos no país, em um nível que, embora não seja excepcional, é suficiente para o início do desenvolvimento de uma trajetória baseada nesse segmento. Além disso, as capacidades tecnológicas existentes na área de projetos mostram-se bastante superiores se comparadas às evidências da produção local no país.

Portanto, com tais capacidades tecnológicas identificadas, principalmente no segmento de projeto de circuitos integrados, podemos perceber que existem maiores chances de resultados positivos em uma estratégia de desenvolvimento da indústria de semicondutores que se inicie por meio de *design houses* locais, diante das experiências e das capacidades acumuladas. Por outro lado, existe uma total deficiência no lado da demanda, ou seja, de empresas que realizem atividades de manufatura de *chips* e precisem desses serviços de *design* das firmas locais. Então, surge uma questão: quais as reais possibilidades de desenvolvimento e sustentabilidade no longo prazo da indústria de semicondutores por meio das *design houses*? Para responder a isso, os itens a seguir tratam

⁵⁶ A listagem completa das empresas que compõem o Programa de Aliança em *Design* está disponível no site da Freescale, conforme consulta realizada em junho/2006.

dos obstáculos e das oportunidades para o desenvolvimento por meio dessa estratégia baseada no projeto de circuitos integrados.

3.3. Obstáculos: as fragilidades do desenvolvimento da indústria de semicondutores brasileira à luz da experiência internacional de sucesso

A análise da história da indústria de semicondutores no Brasil sugere alguns elementos que se tornaram obstáculos para um processo estruturado de desenvolvimento industrial. Desse modo, para pensarmos no desenvolvimento da indústria de *chips*, particularmente por meio do *design houses*, temos que avaliar esses elementos para que suas fragilidades sejam superadas ou melhoradas nos próximos esforços para o desenvolvimento do setor no país.

3.3.1. A forma de intervenção estatal

A experiência de Taiwan mostrou o papel do governo como planejador, executor e financiador de uma trajetória de políticas marcada pela continuidade – de mais de três décadas – considerando as particularidades da estrutura industrial local (constituída em sua maioria por pequenas e médias empresas) e gerando mecanismos que garantiram o processo de transferência de tecnologias e promoveram o aprendizado tecnológico dos agentes locais na consolidação da sua indústria de *chips*. Além disso, o governo percebeu que existia um nicho no mercado mundial e lançou as *foundries*, a partir de laboratórios públicos e projetos-piloto, as quais geraram uma demanda crescente por projetos de circuitos integrados e promoveram um aumento progressivo do número de *design houses* instaladas no país.

No Brasil, embora várias empresas de semicondutores tenham se estabelecido no país nos anos 80, na verdade esse foi um dos resultados da Política de Informática implantada no período; já que havia o potencial do mercado doméstico de computadores sendo um atrativo para as empresas multinacionais e o desenvolvimento de empresas locais, seja por meio dos incentivos oferecidos, como também pela garantia da reserva de

mercado⁵⁷. No entanto, com a reestruturação dessa política e as fragilidades do complexo eletrônico resultantes dela, o desenvolvimento de políticas setoriais para o segmento de semicondutores brasileiro foi suspenso.

Ao longo da década de 90, com o agravamento dos sucessivos *déficits* na balança comercial, o governo reconheceu a importância do complexo eletrônico e procurou criar políticas para dinamizar a estrutura produtiva por meio de inovações tecnológicas, com a elaboração do *Plano Nacional de Microeletrônica* (2002), particularmente para o setor de semicondutores - *Programa Nacional de Microeletrônica – Design* (2002) e, mais recentemente, a *Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior* (PITCE) – TI/Semicondutores do atual governo (2004).

Contudo, embora a relevância do tema seja reconhecida, as políticas propostas para a mudança da situação brasileira ainda se mostram superficiais, sem a devida maturidade e elaboração necessária para que ocorra o desenvolvimento de uma indústria nacional de semicondutores, demonstrando que a intervenção do governo não vem sendo condizente com a atuação necessária observada na experiência internacional para obter resultados positivos em uma trajetória de desenvolvimento industrial.

O *Programa Nacional de Microeletrônica em Design* (MCT, 2002) buscava atrair, fixar e promover o desenvolvimento de *design houses*, tanto por meio da atração de empresas de projeto de grande porte, como também pela criação de *design houses* locais. Vale lembrar que tais iniciativas partem da premissa de que existia disponibilidade de pessoal qualificado na área de projetos no país (MCT, 2002). No entanto, na prática, o programa teve resultados pouco expressivos e evidenciou-se que sua premissa básica (disponibilidade de recursos humanos) não existia, por isso teve também que promover programas de capacitação e treinamento de recursos humanos, os quais foram realizados entre 2002 e 2004, pelo Instituto Eldorado⁵⁸, sendo que esses cursos tinham um custo anual de aproximadamente R\$ 900 mil, totalizando cerca de 70 projetistas ao longo do período. Segundo a direção do Instituto, grande parte desses recursos humanos, estima-se que 2/3

⁵⁷ Para informações uma descrição mais detalhada sobre a trajetória da Política de Informática no Brasil e seus principais resultados, sugerimos: Tigre (1987), Bastos (1992), Schmitz e Hewitt (1992), Tapia (1995) e Garcia e Roselino (2002).

⁵⁸ Entre 1998 e 2002 o Instituto Eldorado participou do Programa de Capacitação Tecnológica em Microeletrônica, com recursos da Lei de Informática provenientes da Motorola, com gastos de cerca de R\$ 1 milhão para formação de 23 pessoas com formação em projetos e sistemas integrados. Mais informações em www.mct.gov.br/TEMAS/info/ResultLei/MOTOROLA.pdf (conforme consulta realizada em junho/2006).

desse pessoal formado nesse período esteja na Freescale, enquanto que alguns foram atuar no exterior.

Após esses esforços, a atuação das políticas para o setor foi retomada em 2004, com a escolha do setor de semicondutores, como uma das “opções estratégicas”, nas linhas de desenvolvimento industrial vertical, da PITCE do atual governo, diante do seu potencial para o desenvolvimento de vantagens competitivas dinâmicas e por estar relacionada com o aumento da eficiência da economia.

Desse modo, diante da trajetória da indústria de semicondutores brasileira, podemos nos concentrar em 4 aspectos da intervenção estatal, que se mostram como dificuldades, pois diferem totalmente da experiência de Taiwan, como detalharemos a seguir:

1. falhas de diagnóstico e planejamento,
2. descontinuidade das políticas,
3. mecanismos inadequados de financiamento, e
4. a estratégia de desenvolvimento direcionada ao mercado doméstico.

Uma primeira dificuldade diz respeito à falta de uma avaliação minuciosa e adequada das características do setor no país, ou seja, uma falha de planejamento propriamente dita, já que são elaboradas políticas baseadas em premissas equivocadas, como o fato de desconsiderarem a carência de projetistas em circuitos integrados no país.

Outra dificuldade revelada é a descontinuidade das políticas para o setor, ou seja, isso significa que são feitos esforços isolados, os quais geralmente são interrompidos e reestruturados, mudando de direcionamento de acordo com a mudança de governo. Uma política industrial estruturada para semicondutores deve ser uma “política de Estado” e não uma política de governo, como observamos com as três décadas de políticas construídas para o desenvolvimento da indústria de *chips* em Taiwan.

Uma terceira dificuldade está relacionada com a inadequação dos mecanismos de financiamento para o setor. Como já discutimos no capítulo I, a indústria de semicondutores possui uma dinâmica de inovação própria, que requer elevados investimentos em instalações industriais e P&D, portanto, se não for criada uma organizada e sólida estrutura de financiamento no país, qualquer esforço para o desenvolvimento do setor se inviabiliza.

Finalmente, uma quarta dificuldade diz respeito à estratégia de desenvolvimento do setor. A experiência internacional, assim como outros países (além de Coréia e Taiwan, tomemos como exemplo a China, que possui um mercado local representativo), mostrou que o desenvolvimento em *chips* requer uma estratégia voltada para as exportações e não somente para o atendimento do mercado doméstico. Isso se explica pelo fato que, caso haja qualquer alteração ou mudança imprevista nas condições do mercado brasileiro, as empresas instaladas podem sustentar seus negócios nos mercados externos, que apresentam uma estabilidade maior. Portanto, qualquer esforço para a construção de uma trajetória de desenvolvimento industrial em semicondutores no Brasil, requer uma reorientação da atuação do governo nos aspectos citados, para que tais obstáculos sejam superados e resultados positivos sejam alcançados.

3.3.2. A oferta de recursos humanos

Outro aspecto que se mostrou um obstáculo para uma trajetória de sucesso no desenvolvimento da indústria brasileira de semicondutores é a oferta de recursos humanos na área, principalmente na área de projeto de circuitos integrados. Como a maioria dos centros de estudos e grupos de pesquisa existentes no Brasil está concentrada nas universidades, supunha-se que existia uma ampla disponibilidade de recursos humanos em *design* de *chips*. Prova disso é que essa foi uma das premissas adotadas pelo *Programa Nacional de Microeletrônica-Design*, em 2002. No entanto, um exame mais cuidadoso da realidade contesta essa pressuposição, como mostram os dados da tabela (3.2) com dados de recursos humanos em microeletrônica, a seguir.

TABELA 3.2. Recursos humanos em Microeletrônica no Brasil, 2001.

Instituição	Doutores	Mestres	Engenharia	Técnicos	Total
CCS/Unicamp	7	1	2	4	14
FEEC/Unicamp	7	4	-	-	11
LPD/Unicamp	4	1	1	-	6
UFPE	8	1	-	2	11
EFEI	3	-	-	-	3
LNLS	2	-	-	1	3
EP/USP	31	7	10	21	69
UFRGS/Informática	8	3	-	-	11
UFRGS/Eng. Elétrica	5	6	-	-	11
UFRGS/Física	10	2	-	-	12
UFRJ	3	-	-	-	3
UFSM	3	-	-	-	3
UFMG	4	-	-	-	4
UnB	6	3	-	-	9
CETEC/MG	-	-	-	-	-
CPqD	-	-	-	-	-
Freescall*	12	48	73**	6	139
LACTEC	1	2	-	-	3
Total	114	78	86	34	312

Nota: * atualização própria (a partir de dados coletados na entrevista). ** inclui todos os profissionais com nível superior. Fonte: Adaptação e atualização própria, a partir de Bampi (2004).

Além desses dados, que mostram que existem aproximadamente 300 pessoas atuando em microeletrônica no país, refletindo uma carência de recursos humanos área, particularmente em projetos de circuitos integrados já que a maioria dos projetistas está concentrada na Freescale, além do fato de que a formação dada pela universidade não atende plenamente às necessidades das empresas, sendo necessários cerca de dois anos de treinamento e capacitação para que esses recursos humanos sejam adequados à demanda do setor privado⁵⁹.

O estudo do BNDES (2003), realizado por uma consultoria apontou que, a partir dos resultados de entrevistas, a disponibilidade de mão de obra especializada é um dos

⁵⁹ Depoimento de um dos diretores da Freescale, César Duenas, em entrevista realizada em junho/2006.

fatores considerados como mais críticos para a instalação de uma fábrica de semicondutores nos países e, neste item, o Brasil está no estágio 2 (que varia de 0 a 5), o que revela a fragilidade do Brasil, dado que existem poucos doutores nessa área no país e a maioria trabalha no exterior⁶⁰.

Por outro lado, como não existe uma estabilidade nas políticas para o desenvolvimento do setor, quando surge uma demanda, nem sempre existem recursos humanos disponíveis para atendê-la, especialmente em projetos de circuitos integrados. Prova disso é que, como houve a interrupção dos cursos de capacitação do Eldorado, já que a Freescale não conseguia absorver todas as pessoas formadas, a oferta de recursos humanos permaneceu interrompida. Assim, com a retomada do projeto de desenvolvimento de *design houses* nacionais na PITCE, como o LSITEC/USP, não havia projetistas disponíveis no Brasil e os contratados tiveram que vir do exterior⁶¹.

Diante desses fatos, torna-se claro que a carência de recursos humanos na área de projetos é um dos obstáculos na formação de um “círculo virtuoso” para o desenvolvimento da indústria de semicondutores no Brasil. É necessária uma expansão dos esforços dos recursos humanos formados como projetistas, em paralelo com o desenvolvimento de *design houses* locais, ou seja, a criação de uma oferta de recursos a partir da demanda esperada e que emerge no segmento.

3.3.3. O arcabouço institucional e a infra-estrutura de pesquisa

Diferentemente do Brasil, o governo de Taiwan criou um amplo arcabouço institucional e uma infra-estrutura de pesquisa eficiente para garantir o monitoramento das necessidades e a assimilação das tecnologias estrangeiras, promovendo um “ambiente favorável” para o desenvolvimento do setor no país.

O arcabouço institucional criado foi constituído de institutos públicos de pesquisa, como o ITRI e órgãos de planejamento, que eram formados por especialistas no segmento

⁶⁰ Fonte: “Quais os entraves para uma fábrica de semicondutores no Brasil?”, publicada por IDG Now!, em 27/03/2006. Disponível em <http://idgnow.uol.com.Br/mercado/2006/03/27/idgnoticia.2006-03-27.5200290456> conforme consulta realizada em março/2006.

⁶¹ Segundo relato de Nilton Morinoto, diretor do LSITEC/USP, foram contratados projetistas que trabalhavam na empresa STMicroelectronics, no exterior, para a formação do quadro de recursos humanos do projeto de *design house* do laboratório. Para mais informações sobre esse projeto: http://www.lsitec.org.br/LSITEC/dh_designhouse.html (conforme consulta realizada em julho 2006)

ou pessoal que já detinha uma experiência no setor. O conhecimento tácito acumulado por esses profissionais gerava uma percepção apurada das iniciativas necessárias e das fragilidades do setor, o que facilitava o planejamento e a execução das políticas públicas. O capital humano existente nesse arcabouço institucional foi fundamental para o desenvolvimento da indústria de *chips* de Taiwan, já que permitiu a criação de empresas *spin off* nos diversos segmentos do setor e favoreceu até o lançamento de uma inovação organizacional na indústria mundial – o modelo das *foundries*.

A infra-estrutura de pesquisa existente favoreceu a formação de recursos humanos especializados de acordo com a demanda industrial, ou seja, as universidades e os laboratórios públicos de pesquisa disponibilizavam treinamentos e capacitação tecnológica. Além disso, os organismos de planejamento, como o ERSO, desenvolveram mecanismos de atração de engenheiros e projetistas taiwaneses expatriados (como o Parque de Ciência Hsinchu), que se tornavam uma importante fonte de conhecimento acumulado, promovendo mecanismos de *learning by doing* e *learning by interacting*.

No entanto, a trajetória da indústria de semicondutores no Brasil sugere que o arcabouço institucional e a infra-estrutura de pesquisa tornaram-se também obstáculos para o desenvolvimento industrial brasileiro em *chips*. Prova disso, é que não existem órgãos de planejamento específicos para tratar do desenvolvimento e do monitoramento das necessidades do setor, já que geralmente as políticas setoriais são elaboradas pelo MCT e os esforços para implementação são dispersos entre diversos outros institutos e órgãos, que na maioria das vezes não interagem e se comunicam da maneira esperada. Evidência clara disso é a atuação da ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial), lançada em 2004 que contempla o desenvolvimento industrial, particularmente dos vários setores selecionados pela PITCE, com o intuito de “articular, coordenar e promover a execução da PITCE em interação com os diversos órgãos públicos e a iniciativa privada”⁶². No entanto, a ABDI parece ter conseguido atrair um investimento para o setor de semicondutores, por meio de uma carta de intenções da empresa britânica Cambridge Technology para a fabricação de telas (*displays*) de tecnologia em eletrônica orgânica (formalizada em agosto de 2006) enquanto que os demais órgãos do governo discutem uma medida provisória com

⁶² Declaração do objetivo geral da ABDI, disponível no seu site <http://www.abdi.com.br> (segundo consulta realizada em outubro/2006).

incentivos fiscais para o segmento, mas com uma evidente falta de consenso entre os ministérios e órgãos envolvidos⁶³. Ou seja, se a atuação da ABDI era para articular medidas de desenvolvimento industrial, essa medida provisória deveria estar sendo discutida e desenvolvida no interior da agência e não dispersa em ações pontuais de várias instituições. Mais uma vez verifica-se essa falta de sincronia e articulação entre os órgãos do governo, com esforços isolados e pouco significativos, o que dificulta que medidas e resultados efetivos sejam alcançados.

Outro obstáculo identificado é a forma de atuação dos institutos públicos de pesquisa brasileiros no setor, que ainda permanece isolada e distante das necessidades da indústria e ainda não conseguem participar mais ativamente dos processos de desenvolvimento tecnológico. Há ainda fragilidades com relação à infra-estrutura de pesquisa propriamente dita, já que o acompanhamento das tecnologias e processos “de ponta” requer elevados investimentos, que na maioria das vezes não são realizados, mantendo a infra-estrutura dos órgãos de pesquisa distante das tendências do mercado mundial de *chips*.

3.3.4. Os mecanismos de transferência tecnológica e a atuação do investimento direto estrangeiro

No caso de Taiwan houve um processo de assimilação de tecnologias estrangeiras com foco em um segmento específico – os ASICs, circuitos integrados de aplicação específica – criando mecanismos para o aprendizado tecnológico dos agentes locais e difusão dessas tecnologias no ambiente industrial do país. Juntamente com a transferência criteriosa de tecnologias houve a participação do investimento direto estrangeiro, como um “parceiro escolhido”, na medida em que as multinacionais pudessem, em um primeiro momento, colaborar nos projetos de empresas *spin-offs* e, já na década de 90, para permitir a formação de alianças estratégicas.

⁶³ *Jornal de Inovação da Unicamp*, “Mantega, da Fazenda, e Furlan, do Desenvolvimento, prometem desoneração fiscal de tributos federais – já – para semicondutores”, publicada em 21/08/2006 e disponível em <http://www.inovacao.unicamp.br/report/le-desoneracao-semicondutores.shtml> (conforme acesso realizado em agosto/2006) e “Choque na Esplanada – Zona Franca de Manaus: incentivos fiscais para eletrônicos dividem ministérios”, *Revista Carta Capital*, ano XIII, no.411, publicada em 20/09/2006.

Além disso, diante das restrições do mercado doméstico, a colaboração com as empresas estrangeiras foi uma forma de desenvolver mecanismos de acesso aos mercados externos, formando uma ampla rede de multinacionais, que iriam se tornar um elemento fundamental na consolidação da demanda por circuitos integrados, fomentando o “círculo virtuoso” da indústria de *chips* de Taiwan.

Já no caso do Brasil, a ausência de mecanismos de transferência e assimilação tecnológica aliada à superficial atuação do IDE na indústria local, se tornaram obstáculos para o desenvolvimento setorial. Faltou uma estratégia estruturada para aproveitar-se das vantagens das circunstâncias de um *second mover* na indústria mundial de circuitos integrados.

Nessa perspectiva, Amsden e Chu (2003) sugerem que a queda na taxa de lucratividade e a tendência à padronização são incentivos para explorar alguns mercados específicos, depois que os países pioneiros já se estabeleceram na indústria. Para isso, países “retardatários” em indústrias de alta tecnologia devem buscar conhecimento em novos produtos com potencial de crescimento e desenvolver uma capacidade rápida de execução de projetos e produção, buscando uma estratégia de diversificação industrial que não exija experiências acumuladas, aproveitando-se dos benefícios de *economias de escala e de escopo*. As primeiras referem-se à redução do custo médio por produto, na medida em que há um aumento do volume de produção, com os preços dos insumos mantidos como constantes. Já as economias de escopo derivam de reduções nos custos médios originárias da produção conjunta de bens distintos, também mantidos os preços dos insumos como constantes.

Diante disso, podemos notar que não foram criados mecanismos que garantissem contrapartidas para a instalação das empresas multinacionais na década de 80, as quais vieram atraídas pelos benefícios da Política de Informática do período e pelo tamanho do mercado brasileiro, mas que, diante das mudanças nas condições de mercado rapidamente fecharam suas fábricas e reorientaram sua estratégia de negócios.

3.4. Oportunidades e iniciativas promissoras para o Brasil diante da dinâmica da indústria mundial de semicondutores

A partir da análise dos obstáculos no desenvolvimento da indústria brasileira de *chips* por meio das companhias de projeto, examinaremos as oportunidades existentes e iniciativas promissoras, para que sejam criadas condições favoráveis para essa indústria no país. Por isso, temos que avaliar as possibilidades existentes no segmento de circuitos integrados com aplicação específica, diante do seu potencial de crescimento, dos seus nichos de mercado e por ser um dos menos oligopolizados na indústria. O fator crucial para uma inserção internacional competitiva nesse segmento é a capacitação local em projetos, com o desenvolvimento de *design houses* locais, se consolidando como uma oportunidade para a indústria brasileira de *chips*. No Brasil, iniciativas como a da PITCE, adotam essa mesma concepção e se alinham a essa estratégia de desenvolvimento por meio das companhias de projeto. No entanto, essa trajetória de desenvolvimento se sustenta no longo prazo ou são necessários outros elementos para que exista um “círculo virtuoso” com inúmeras possibilidades de crescimento na indústria de *chips* brasileira?

3.4.1. Um segmento promissor na indústria de *chips* para o Brasil: os circuitos integrados de aplicação específica

Como foi discutido no capítulo I, a dinâmica de inovação da indústria de *chips* conduz a uma forte concorrência de algumas poucas empresas, em segmentos de mercado específicos, como as memórias ou os processadores. Dessa forma, grande parte dos segmentos já se encontra dominada por um pequeno grupo de empresas capazes de sustentar suas capacidades tecnológicas e manterem-se competitivas, mesmo diante da forte instabilidade da indústria.

No entanto, há um segmento que emerge com grandes oportunidades, particularmente para países “retardatários” no desenvolvimento da indústria, como o Brasil – os circuitos integrados de aplicação específica. Este argumento se fundamenta em 3 elementos (BNDES, 2003):

1. segmento de maior crescimento dentro da indústria,
2. área da indústria com maior potencial de inovações tecnológicas,

3. segmento menos oligopolizado.

Além disso, os circuitos integrados de aplicação específica representam o único segmento que vem crescendo tanto quanto os componentes micrológicos, sustentando o crescimento da totalidade da indústria de *chips*. Há estimativas recentes de que a taxa de crescimento do setor de ASICs supere o da indústria neste ano, diante das inúmeras possibilidades de aplicações em produtos desses *chips*⁶⁴, com destaque para os *ASICs estruturados*, que compõem um terço de todo o mercado de *design*, mas ainda não atingiram sequer 10% das vendas totais do segmento. Tal panorama também é adotado por especialistas em microeletrônica no Brasil:

“... a competitividade das indústrias do complexo eletrônico está associada aos *chips* dedicados a eles incorporados. Os ASICs (*application specific integrated circuits*) contêm inovações funcionais que diferenciam os bens eletrônicos e permitem a apropriação tecnológica através de patentes e segredos industriais. Assim o progresso técnico nos bens eletrônicos está, em larga medida, associado à disponibilidade de ASICs, que permitem produtos mais baratos, compactos e de maior confiabilidade – além da proteção à propriedade intelectual do inovador. O segmento de ASICs atingiu o expressivo faturamento de US\$ 34 bilhões no ano 20001, e crescerá de forma contínua, ligeiramente acima da média da indústria, até o patamar de centena de bilhões de dólares” (Bampi, 2004, p.07).

Essa proposta se alinha ao argumento de Hobday (1991) de que a partir da década de 80, com a separação das atividades de manufatura das relacionadas com o projeto, emerge um significativo mercado de *design* de semicondutores, no qual as barreiras à entrada e a experiência acumulada requerida são menores. Desta forma, o mercado de *design* de circuitos surge como uma oportunidade para os países de industrialização recente (NICs), como o Brasil. O estudo de Linden e Somaya (2003) também destaca a expressividade deste mercado *design* de *chips* diante do seu aumento de número de projetos exigidos para o uso em sistemas embarcados. Esses sistemas permitem uma integração de

⁶⁴ Fonte: “Gartner Analyst Gives ASIC, FPGA Chip Markets Thumbs Up”, *EETimes*, publicado em 13/06/2005. Disponível em <http://www.informationweek.com/story/showArticle.jhtml?articleID=164302455> (conforme consulta realizada em julho/2006).

sistemas em um único *chip*, chamados de ‘*system on a chip*’ (SOC)⁶⁵. Desse modo, o uso de sistemas SOC’s conduzem a um aumento da velocidade, menor consumo de energia, maior rapidez nas operações, menor custo unitário e maior durabilidade dos produtos, o que justifica o uso crescente desses sistemas na indústria mundial.

Por tais motivos, torna-se oportuno elaborar uma estratégia de desenvolvimento com foco no segmento de circuitos integrados com aplicação específica, vislumbrando alcançar nichos de mercado neste segmento para a indústria brasileira de *chips*, por meio das companhias de projeto.

Blatt (2004) também compartilha da visão de que o desenvolvimento das *design houses* apresentam perspectivas positivas para o país, já que poderiam ser incorporadas soluções e aplicações criativas, “ao invés de pensar somente na reprodução de projetos padronizados”, já que existem inúmeras *design houses* no exterior atuando dessa forma.

Portanto, nesse segmento, o fator crucial para uma inserção internacional competitiva é a capacitação local em projetos, por meio da qualificação de recursos humanos e aquisição de ferramentas e *softwares* para projetos, além dos custos de instalação menores frente à instalação de fábricas de fundição e potencial de desenvolvimento de mecanismos de aprendizado tecnológico e externalidades na indústria local, se consolidando como uma oportunidade para a indústria brasileira de *chips*.

3.4.2. A PITCE e as possíveis *design houses* brasileiras

Partilhando da perspectiva de que a inserção brasileira por meio do segmento de *design* de circuitos integrados apresenta perspectivas positivas, o atual governo vem realizando diversas atividades para o desenvolvimento setorial. Prova disso é a seleção dos semicondutores como uma de suas opções estratégicas para a atual política industrial. A atuação governamental na PITCE se revela como uma oportunidade, diante do reconhecimento do governo da importância dos circuitos integrados, tanto para o adensamento da indústria eletrônica, como também para concentrar esforços no

⁶⁵ Nesse caso, há uma progressiva aproximação entre o custo de implementação do sistema e o próprio *chip*, uma vez que são empregados sistemas embarcados, que requerem cada vez mais o desenvolvimento conjunto do *hardware* com o *software*, abrindo novas oportunidades de negócios para o desenvolvimento de *software* embarcado (Bampi, 2004).

desenvolvimento de uma indústria local no segmento, principalmente por meio do *design* de *chips*. Para atingir esse objetivo, o governo federal concentrou esforços em 3 iniciativas principais:

1. o programa CI-Brasil, para a criação de *design houses* locais (dando continuidade aos esforços iniciados no *Programa Nacional de Microeletrônica-Design*);
2. uma unidade produtiva em prototipagem de circuitos integrados (o CEITEC, Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica Avançada), e
3. medidas para incentivar a atração de IDE para a instalação de uma fábrica de *chips* em larga escala (ABDI, 2006).

O Programa CI-Brasil de *design houses* pretende criar empresas de projeto no país, totalizando um investimento de R\$ 25 milhões. Esta iniciativa do governo pretende dar continuidade e consolidar as iniciativas propostas no *Programa Nacional de Microeletrônica – design*, de 2002, que teve poucas medidas efetivamente implementadas. Segundo o projeto do governo⁶⁶, devem ser criadas *design houses* estrategicamente localizadas de acordo com a possibilidade de sua participação no “tecido industrial local”, sendo selecionadas as seguintes instituições para isso: 1.Cenpra/Campinas, 2.LSITEC/USP, 3. Ceitec-Porto Alegre, 4. CESAR/Recife e, 5. CT-PIN/Manaus.

O LSITEC está estruturando e contratando funcionários e deve se tornar uma *design house* especializada em circuitos de alta frequência, procurando atender à demanda de pequenas e médias empresas. A unidade do Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife⁶⁷ (CESAR), localizada no Porto Digital do município, vai se tornar uma companhia de projetos direcionada para o desenvolvimento de *softwares*, diante de sua experiência acumulada nessa área. Já o centro de Manaus deve suprir as demandas específicas da Zona Franca de Manaus, relacionadas com testes de confiabilidade de circuitos impressos. Finalmente, o Cenpra e o CEITEC serão unidades “âncoras” para prestar assessoria ao desenvolvimento das demais, já que dispõem de maior infra-estrutura e instalações, mas não deverão se tornar *design houses* propriamente ditas.

⁶⁶ Documento do Programa CI-Brasil – “Projeto para a formação de recursos humanos e apoio para empresas de empresas de projeto de circuitos integrados (*design houses*) no Brasil”, disponibilizado por Henrique Miguel, do MCT, por *e-mail*.

⁶⁷ Para mais informações sobre as atividades e a atuação do CESAR, sugerimos a consulta em <http://www.cesar.org.br/> (conforme consulta realizada em junho/2006).

Outra iniciativa do CEITEC⁶⁸ é se tornar um centro de prototipagem especializado no desenvolvimento e produção de circuitos integrados de aplicação específica. Para sua instalação foram destinados R\$ 155 milhões, dos quais R\$ 55 milhões já foram liberados. Na estrutura do centro existirão as “salas limpas”, para as atividades de manufatura produção de circuitos, em pequena escala e uma *design house*, com cerca de 20 projetistas. Os equipamentos instalados foram doados pela Motorola e não são de tecnologia de ponta, mas trabalham com tecnologia CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*), que permanece sendo utilizada nas atividades do setor.

Finalmente, dentre os esforços para incentivar a atração de IDE na instalação de uma fábrica de *chips* em larga escala, houve um amplo debate recentemente, já que o governo solicitava dos países interessados na adoção do seu padrão de TV Digital – europeu, norte-americano e japonês – a instalação dessa fábrica como contrapartida. No entanto, com a adoção do padrão de TV digital japonês ficou estabelecido apenas um compromisso de elaboração de um plano estratégico para o desenvolvimento da indústria de semicondutores⁶⁹.

Tal medida demonstra que praticamente nenhuma contrapartida formal foi efetivada ao longo dos vários meses de negociação com os japoneses, sugerindo que outra oportunidade foi desperdiçada. Nesse período, chegou a ser divulgado que a Toshiba tinha intenção de implementar uma planta produtiva no Brasil, com um investimento de US\$ 700 milhões⁷⁰, o que também não representava um *foundry* com tecnologia de ponta, mas, por outro lado, já seria um avanço, pois teríamos uma instalação industrial capaz de atender alguns segmentos especializados, como o automotivo, conforme a classificação que consta nos anexos.

Portanto, tais esforços do governo, mesmo que sejam incipientes e repletos de fragilidades, principalmente se considerarmos que o investimento realizado é muito distante

⁶⁸ Há uma variedade de informações sobre o CEITEC em seu site: <http://www.ceitecmicrosistemas.org.br/portal/> (conforme consulta realizada em junho/2006).

⁶⁹ Uma discussão mais detalhada sobre as contrapartidas estabelecidas com a adoção do padrão de TV digital japonês, pode ser obtida no *Jornal Valor Econômico*, na matéria “TV Digital chega cercada de incertezas”, publicada em 29/06/2006, “Fábrica de chip continua polêmica”, de 30/06/2006 e na Revista *Isto é Dinheiro*, na matéria “A imagem que vem do Oriente”, publicada em 05/07/2006 e disponível em http://www.terra.com.br/istoedinheiro/459/e-commerce/tv_digital.htm (conforme consulta realizada em julho/2006).

⁷⁰ Fonte: *Jornal Valor Econômico*, “País poderá ter fábrica de US\$ 700 milhões” e “Toshiba quer fabricar chips dedicados”, publicadas em 19/04/2006.

das necessidades da indústria, principalmente com relação aos dispêndios governamentais realizados por meio do BNDES em vários setores. No entanto, essas iniciativas se consolidam como promissoras, ou seja, oportunidades para a indústria nacional de semicondutores, já que vão criar possíveis *design houses* brasileiras. Mas as companhias de projeto são suficientes para superar o atraso no desenvolvimento da indústria nacional de semicondutores? O problema da balança comercial será solucionado? Esta é uma trajetória que se sustenta no longo prazo ou são exigidos outros elementos? Para discutir tais questões apresentamos o item a seguir.

3.4.3. A importância da criação de um “círculo virtuoso” na indústria de *chips*

Os elementos analisados mostram que a inserção brasileira por meio das companhias de projeto é possível e capaz de proporcionar resultados positivos, diante das barreiras à entrada reduzidas, das capacidades tecnológicas acumuladas e as iniciativas promissoras que vem sendo realizadas nesse sentido. No entanto, a experiência de Taiwan nos mostra que tal trajetória é uma oportunidade para a entrada na indústria de semicondutores, mas não sustenta o desenvolvimento da indústria por um longo período.

Para comprovar esse fato, retomemos os dados da tabela (2.3) que mostram o crescimento do segmento de *design* de circuitos em Taiwan. Até 1987 o número de companhias de projeto era 30. Com a instalação de uma fábrica de fundição nesse ano, a *foundry* (TSMC) no “ambiente favorável” que havia sido criado anteriormente, o número de *design houses* se expande progressivamente para atender à demanda de serviços dessa fábrica: são 50 (1990), 66 (1995), 140 (2000) e 225 (em 2002), totalizando aproximadamente 12 mil empregos gerados. Dessa forma, podemos auferir que o segmento de *design* foi a forma de entrada de Taiwan na indústria de *chips*, mas a competitividade e expansão considerável foi atingida por meio da integração entre o segmento de *design* e os demais da sua cadeia produtiva, particularmente as atividades de manufatura. Esse fato mostra que a experiência brasileira pode adotar uma trajetória semelhante, ou seja, buscando a entrada no setor por meio das companhias de projetos, mas a indústria não sustentará seu desenvolvimento se permanecer restrita nesse setor, por vários elementos:

1. a realização somente dos projetos de circuitos no Brasil não equaciona o problema do *déficit* na balança comercial, já que as atividades de manufatura continuarão sendo realizadas no exterior;
2. é necessária a criação de um “ambiente favorável”, que permita uma interação entre as *foundries* e as *design houses*, já que existirá um permanente fluxo de conhecimento (principalmente tácito) e de pessoas (Veselka, 2005), o qual proporcionará oportunidades de aprendizado tecnológico por meio de mecanismos de *learning by doing* (Arrow, 1962) e *learning by interacting* (Lundvall, 1992);
3. existem resultados positivos do desenvolvimento conjunto entre o *hardware* e o *software*, com o relacionamento próximo entre as empresas de manufatura e as de projeto, dada a crescente utilização de sistemas embarcados, como os SOC,
4. para que haja crescimento sustentado e competitividade do segmento de projetos é construtivo que exista contato entre essas empresas e os mercados finais usuários dos *chips*, já que permitirá que as *design houses* desenvolvam capacidades tecnológicas diferenciadas, por meio de mecanismos de *learning by using* (Rosenberg, 1982) e adquiram uma maior autonomia no desenvolvimento de seus projetos.

Portanto, sugerimos o esforço no desenvolvimento de um “círculo virtuoso” na indústria de semicondutores, a partir da entrada por meio das companhias de projeto. Este “círculo virtuoso” consiste nos resultados positivos, tanto econômicos, como externalidades e benefícios de aprendizado tecnológico, gerados por meio da integração entre as várias empresas da cadeia produtiva de semicondutores – *design houses*, *foundries*, empresas de empacotamento/testes e usuários finais de semicondutores, como aquelas do setor de equipamentos para telecomunicações e automotivo. O reflexo deste círculo virtuoso em Taiwan torna-se evidente na figura (2.4), em que destacamos as alianças estratégicas presentes na indústria local. Mas, além disso, a “rede” empresarial apresentada mostra que a partir do momento em que as empresas da cadeia produtiva conseguem interagir entre si, a competitividade do setor se consolida fortemente. Tal argumento implica o desenvolvimento de *design houses* locais e a criação de um ambiente favorável no Brasil, superando os obstáculos já apontados e articulando as oportunidades existentes, para que as demais empresas da cadeia produtiva sejam atraídas para a indústria local e possibilitem um processo de capacitação tecnológica dos agentes locais.

3.5. Conclusões

Esse capítulo analisou as perspectivas de desenvolvimento da indústria de semicondutores brasileira, particularmente por meio do segmento de projetos de circuitos. O exame da indústria nacional – em termos da produção local, tanto nas empresas como nas capacidades tecnológicas existentes – mostrou que é viável e possível realizarmos uma inserção nessa indústria por meio do segmento de *design*, diante das **oportunidades** que emergem em alguns segmentos da indústria mundial, como os ASICs e das iniciativas recentes do governo na atual política industrial, com esforços para o desenvolvimento de companhias de projetos no país.

No entanto, à luz das evidências da experiência internacional de sucesso – o caso de Taiwan – existem vários **obstáculos** na trajetória de desenvolvimento da indústria de *chips* no Brasil que tem que ser superados para viabilizar essa estratégia, como a forma de atuação do governo, a carência de recursos humanos na área de projetos, a fragilidade do arcabouço institucional e da infra-estrutura de pesquisa, além da ausência de mecanismos de transferência tecnológica e de uma participação mais criteriosa do IDE.

Sendo superados esses obstáculos, o desenvolvimento de companhias de projeto no Brasil é uma trajetória viável de entrada na indústria de *chips*. Mas, mesmo assim, no longo prazo são requeridos outros elementos para que a indústria se auto-sustente e torne-se competitiva.

Por isso, sugerimos esforços no sentido da criação de um **círculo virtuoso**, em que as *design houses* iniciam o processo, mas paralelamente são criados mecanismos de atração e um ambiente favorável para que as demais empresas da cadeia produtiva se instalem no país, particularmente, as empresas de manufatura, além de empresas de *back end*, fornecedores e usuários finais, possibilitando inúmeras possibilidades de capacitação tecnológica local e uma maior sustentabilidade da indústria no segmento. Essa proposta responde às necessidades urgentes de uma mudança na estrutura industrial existente, mostrando que uma entrada mais ambiciosa e significativa na indústria de semicondutores requer a etapa de *design* juntamente com as atividades de manufatura.

Considerações Finais

Essa dissertação examinou as perspectivas da trajetória de desenvolvimento por meio das companhias de projeto dos circuitos para a indústria de semicondutores brasileira, com o intuito de aumentar a internalização das atividades produtivas nesse segmento e proporcionar uma maior diversificação da estrutura industrial do país, além de subsidiar o debate do atual do governo sobre as iniciativas para alcançar o desenvolvimento desse setor no Brasil.

O caminho para o desenvolvimento de uma indústria nacional de *chips* por meio das *design houses* se mostrou adequado por dois motivos: 1. a existência de um amplo mercado de projetos do mundo, diante do aumento da especialização vertical na indústria a partir dos anos 80, e 2. pelas capacidades tecnológicas existentes e o conhecimento acumulado em projetos de circuitos no Brasil.

No entanto, no decorrer da pesquisa, constatou-se que a trajetória de desenvolvimento por meio das companhias de projeto proporciona resultados positivos se for considerada como um esforço inicial de entrada nessa indústria, mas mostra-se limitada e não se sustenta no longo prazo se permanecer restrita a esse segmento. Tais elementos foram apreendidos segundo avaliação das condições e das tendências recentes na indústria mundial de *chips*, juntamente com a análise de experiência internacional de sucesso (o caso de Taiwan), realizados nos dois primeiros capítulos da dissertação.

No primeiro capítulo o tema central foi a indústria mundial de semicondutores e o objetivo foi encontrar as oportunidades que emergem em suas tendências recentes para países de desenvolvimento tardio, como o Brasil. Para isso, demonstramos a importância da indústria de semicondutores, diante da sua onipresença, seu dinamismo e sua dimensão. Constatamos que os *chips* estão envolvidos em praticamente todas as atividades produtivas e no nosso cotidiano, mesmo com os indícios do redirecionamento das atividades das TICs, de que essas atividades estariam se deslocando da área de produção para o setor de serviços, especialmente no desenvolvimento de novas aplicações e uso de *softwares*. Evidência disso é que a indústria de *chips* é uma das que mais se expande no mundo, com um crescimento médio de 13,5% a.a. nos últimos 20 anos, uma margem de lucro bastante elevada (com características similares à indústria farmacêutica mundial) e um faturamento de aproximadamente US\$ 230 bilhões. Por outro lado, existe uma forte instabilidade no seu

crescimento, como mostrou o gráfico (1.1), resultante da sua estrutura de oferta, geralmente realizada em investimentos de larga escala, enquanto que a demanda e a capacidade de utilização das fábricas varia bastante.

Mostramos que houve um aumento da especialização vertical na indústria de semicondutores mundial a partir dos anos 80, motivada pela busca de economias de escala, os ciclos de vida dos produtos cada vez mais curtos e o custo crescente de implantação das instalações industriais. As atividades de projeto foram separadas das de manufatura e distribuídas para empresas especializadas em cada uma dessas áreas, respectivamente, as *design houses* ou *fabless* e as *foundries*, propiciando o surgimento de um amplo mercado de projetos de circuitos no mundo, com oportunidades para novos entrantes. Mesmo com essa transformação na organização da produção, as empresas de manufatura mantêm sua representatividade na indústria, especialmente em tecnologias que estão na fronteira tecnológica, mas as *foundries* estão expandindo sua atuação no mercado mundial. Mais recentemente, há indícios de que a especialização vertical esteja se ampliando para o segmento de projetos, com o deslocamento do *design* de *chips* para a Ásia, embora a literatura não seja consensual a respeito disso.

Percebemos também que o dinamismo da indústria cria permanentemente novas demandas, com oportunidades para novos ofertantes, gerando uma mudança contínua na liderança das empresas do setor, como mostrou a tabela (1.3), combinada com uma concentração industrial por segmento de produto que se relaciona à dinâmica diferenciada entre as categorias de produtos. Existem produtos (como as memórias) que já se tornaram fortemente *comoditizados* e *olipolizados*, com o domínio de grandes empresas multinacionais tradicionais no setor. Por outro lado, existem segmentos mais dinâmicos, tanto em termos tecnológicos como também em econômicos, como os circuitos integrados de aplicação específica (ASICs). Nesse segmento existe um grande potencial para desenvolvimento de novas aplicações e inovações, um crescimento maior que os demais e o segmento é menos oligopolizado, oferecendo oportunidades para novos entrantes.

Uma experiência internacional de sucesso em semicondutores, que obteve resultados positivos se aproveitando das demandas específicas que surgiram na indústria mundial, especialmente com o aumento da especialização vertical foi Taiwan, o objeto de estudo do segundo capítulo da dissertação. Nesse capítulo o objetivo foi determinar

elementos que pudessem explicar a trajetória de sucesso do país no desenvolvimento de sua indústria de semicondutores, assim como avaliar as capacidades tecnológicas construídas que permitiram a sua inserção internacional competitiva na indústria mundial. Constatamos que a intervenção estatal foi fundamental nesse processo, seja como planejador, executor ou mesmo financiador dessa trajetória de desenvolvimento industrial, com a execução de políticas industriais estruturadas e contínuas em mais de três décadas. Nessas políticas foi criado um eficiente aparato institucional, como ilustra a atuação do ITRI e o ERSO, que monitoravam as necessidades do setor privado e desenvolviam projetos que garantissem o aprendizado local e a assimilação de tecnologias estrangeiras, garantindo assim os resultados positivos das transferências de tecnologias. Além disso, a atuação do IDE mostra-se claramente seletiva e planejada, sendo empregado nesse processo de desenvolvimento industrial como fonte de conhecimento e *know-how* para capacitação tecnológica dos agentes locais (como ilustra o Parque de Ciência Hsinchu) e, na última década, possibilitando a criação de alianças tecnológicas estratégicas para garantir o acesso aos mercados internacionais.

A partir do monitoramento da dinâmica da indústria mundial de semicondutores, Taiwan aproveitou-se das oportunidades que surgiram nos anos 80 e implementou o modelo *foundry*, com a especialização do país na prestação de serviços que se restringem à fundição dos componentes, se tornando uma inovação organizacional na indústria. Essa forma alternativa ao modelo produtivo integrado, fez com que as *foundries* demandassem projetos em pequenas e médias empresas locais, ocasionando um aumento expressivo das *design houses* no país. Além disso, a interação e a proximidade entre as *design houses* e as *foundries*, gerou um fluxo contínuo de conhecimento e pessoas, com várias possibilidades de aprendizado tecnológico e geração de *spillovers*, permitindo a criação de capacidades tecnológicas diferenciadas no país. Esse elemento torna-se então fundamental para avaliarmos as possibilidades de uma trajetória de desenvolvimento baseada exclusivamente em *design* de circuitos, já que a interação entre as companhias de projeto com as empresas de manufatura e os usuários finais dos componentes mostrou-se necessária para que haja uma sustentabilidade na trajetória de desenvolvimento da indústria.

A partir disso, o capítulo III examinou a indústria de semicondutores brasileira para avaliar as perspectivas, com suas possibilidades e limitações, do desenvolvimento por meio

das companhias de projeto, retomando o objetivo central da dissertação. A avaliação da indústria de semicondutores no Brasil tornou evidente seu caráter incipiente, particularmente com relação à produção local, que se restringe a um pequeno grupo de empresas, que realizam a montagem de *kits* importados, ou atuam em segmentos específicos e pouco expressivos (circuitos discretos) ou realizam atividades de empacotamento e testes. Tal fato resulta em uma incapacidade para atender à demanda dos segmentos usuários finais de chips, como o complexo eletrônico e o setor de equipamentos para telecomunicações. Isso tem ocasionado *déficits* estruturais e crescente na balança comercial, os quais totalizaram US\$ 2,9 bilhões em 2005 e US\$ 1,6 bilhão somente no 1º semestre de 2006, ressaltando a emergência dos esforços para o desenvolvimento do setor no país.

Por outro lado, existe um nível razoável, mesmo que insuficiente, de capacidades tecnológicas acumuladas na indústria nacional no segmento de projetos, como as atividades de projeto já realizadas em grupos e centros de pesquisa; a experiência em capacitação e treinamento de recursos humanos, além da disponibilidade de equipamentos e ferramentas para desenvolvimento de projetos e desenvolvimento de *softwares* embarcados em circuitos integrados. Exemplo desse acúmulo de competências na área de projetos é a atuação da filial brasileira da Freescale, que tem papel de destaque na corporação e possui um número de projetos representativo desenvolvido pela equipe de projetistas brasileiros.

No entanto, a construção de uma trajetória de desenvolvimento da indústria de semicondutores brasileira apresenta **obstáculos** diante das evidências da experiência de Taiwan, tais como: a forma inadequada da intervenção estatal, a carência de recursos humanos na área de projetos, a fragilidade do arcabouço institucional e da infra-estrutura de pesquisa e ainda a ausência de mecanismos de transferência de tecnológica, além de uma participação mais criteriosa e efetiva do investimento direto estrangeiro nesse processo. Sendo superados esses obstáculos, o desenvolvimento de companhias de projeto no Brasil é uma **trajetória viável para a entrada na indústria de chips** já que existem **oportunidades** nessa trajetória, especialmente se forem articulados os seguintes aspectos: assumir os componentes ASICS, como um segmento promissor para a entrada de países de desenvolvimento tardio; combinando com os esforços da PITCE para a criação de *design*

houses brasileiras e ainda considerando necessidade da criação de um círculo virtuoso na indústria.

Isso significa que desenvolver **apenas o segmento de projeto de circuitos** é uma forma possível e viável, porém **limitada**, de desenvolvimento industrial em semicondutores para o Brasil. Este argumento se fundamenta na combinação de vários elementos: haverá uma continuidade no problema do *déficit* da balança comercial; não existirá um fluxo de conhecimento tácito e de pessoas entre as empresas dos segmentos, restringindo as oportunidades de aprendizado para capacitação tecnológica; haverá um desenvolvimento isolado do *hardware* do *software* dos circuitos e, ainda uma falta de troca de experiências e percepção das necessidades dos mercados finais desses componentes.

Diante disso, para que sejam gerados maiores resultados positivos e uma entrada mais ambiciosa na indústria de semicondutores, é necessário o desenvolvimento de um **círculo virtuoso entre as empresas atuantes na indústria de semicondutores**, que permita a interação entre as *design houses*, as empresas de manufatura e os mercados usuários finais desses componentes, propiciando uma maior sustentabilidade no desenvolvimento da indústria de semicondutores no longo prazo.

Portanto, essa dissertação constatou que os esforços para o desenvolvimento da indústria brasileira de *chips* podem se iniciar por meio das companhias de projeto, se consolidando como uma trajetória possível e viável no segmento. No entanto, paralelamente devem ser criados mecanismos que proporcionem um **ambiente favorável** para o desenvolvimento do setor, propiciando que as demais empresas da cadeia produtiva se instalem no país, gerando inúmeras possibilidades de capacitação tecnológica para os agentes locais e garantindo assim sustentação do desenvolvimento e a manutenção de uma indústria nacional de componentes semicondutores no país.

Referências Bibliográficas

- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). *Balanco da PITCE*, 2005. Disponível em <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/ascom/imprensa/20060404balancoPITCE.pdf> (conforme consulta realizada em julho/2006).
- Amato Neto, J.; Carvalho, M.M.; Fleury, A.; Garcia, R.C. e Pessoa, M. “Análise das Condições de Desenvolvimento da Indústria Brasileira de Semicondutores: Texto para discussão”, *Workshop: Redes de cooperação e gestão do conhecimento*, Núcleo de Pesquisa Redes de Cooperação e Gestão do Conhecimento, DEP/USP, SP, junho/2002. Disponível em <http://www.prp.usp.br/redcoop> (conforme consulta realizada em junho/2004).
- Amato Neto, J.; Fontes, C.B.V. e Valillo, R. “Possibilidades de inserção da indústria brasileira de semicondutores no complexo eletrônico global”. *Relatório Pré-Campo, Diretório da Pesquisa Privada*, FINEP, 2003, mimeo.
- Amato Neto, J., Fontes, C.B.V. e Valillo, R. “Componentes Semicondutores – Relatório Setorial Final”, *Diretório da Pesquisa Privada*, SP, 2004. Disponível em <http://www.finep.gov.br/portaldpp/index.asp> (conforme consulta realizada em janeiro/2006).
- Amato Neto, J. e Fontes, C.B.V. “Evaluation of technological change in the Brazilian semiconductor industry”. *International Journal of Technology Marketing*, vol.1, no.3, p.339-354, 2006.
- Amsden, A. *Asia's Next: South Korea and Late Industrialization*, Oxford University Press, EUA, 1992.
- Amsden, A. e Chu, W-w. *Beyond Late Development: Taiwan's Upgrading Policies*, MIT Press, Cambridge, 2003.
- Apleyard, M., Nile, M., Hatch, W. e Mowery, D. “Managing the development and transfer of process technologies in the semiconductor manufacturing industry”. In: Dosi, G., Nelson, R. e Winter, S. *The nature and dynamics of organizational capabilities*, Oxford University Press, Londres, 2000.
- Arrow, K. J. “The economic implications of learning by doing”, *Review of Economic Studies*, vol.29, no.3, p.155-173, 1962.
- Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE). *Panorama Econômico e Desempenho setorial*, 2006. Disponível em www.abinee.org.br/informac/arquivos/pan2006.pdf (conforme consulta realizada em julho/2006).

- Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE). *Fórum Mundial de Eletrônicos*, 2001. Apresentação disponível em www.abinee.org.br/ing/informac/arquivos/index.htm (conforme consulta realizada em junho/2006).
- Bampi, S. “Tendências tecnológicas e oportunidades para a indústria de componentes semicondutores no Brasil”. In: MDIC/STI e IEL/NC. *O futuro da indústria de semicondutores*, Coletânea de artigos, Série Política Industrial, Brasília, 2004. Disponível em http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/sti/publicacoes/futAmaDilOportunidades/ediespeciais_14.php (conforme consulta realizada em janeiro/2006).
- Banco Mundial. “The East Asian Miracle: economic growth and public policy”. *Policy Research Report*, Washington, 1993.
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDES). *Sumário Executivo*, 2003. Disponível em <http://www.inovacao.unicamp.br/report/Sumario-Executivo-Estudo-BNDES.pdf> (conforme consulta realizada em fevereiro/2006).
- Bastos, M. “State policies and private interests: the struggle over information technology policy in Brazil”. In: Schmitz, H. e Cassiolato, J. *Hi-tech for industrial development – lessons from the Brazilian experience in electronics and automation*, Routledge, London, 1992.
- Bell, M., Ross-Larsen, B. e Westphal, L.E. “Assessing the performance of infant industries”, *Journal of Development Economics*, vol.16, no. 1/2, p.101-128, 1984.
- Bessant, J. R., Bowen, J.A.E, Dickson, K.E. e Marsh, J. *The impact of the microelectronics – A Review of the Literature*, Pica Press, Nova York, 1981.
- Blatt, V. “Visão e desafios da indústria de semicondutores”. In: MDIC/STI e IEL/NC. *O futuro da indústria de semicondutores*, Coletânea de artigos, Série Política Industrial, Brasília, 2004. Disponível em www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/publicacoes/sti/indbraopodesafios/coletanea/semicondutores/victorblatt.pdf (conforme consulta realizada em julho/2006).
- Breschi, S.; Malerba F., “The geography of innovation and economic clustering: some introductory notes”. *Industrial and Corporate Change*, vol.10, no.4, p. 817-833, 2001.
- Breznitz, D. “Development, flexibility and R&D performance in the Taiwanese IT industry: capability creation and the effects state-industry coevolution”. *Industrial and Corporate Change*, vol.14, no.1, p.153-87, 2005.
- Brown, C. e Linden, G. “Offshoring in the semiconductor industry: a historical perspective”. *Paper*, University of Berkely, 2005. Disponível em <http://web.mit.edu/ipc/sloan05/BrownLindenOffshore.pdf> (conforme consulta realizada em dezembro/2005).

- Carvalho, F. P. *Investimento Direto Estrangeiro e Transbordamentos Tecnológicos: conceitos e fatores determinantes*. Dissertação (mestrado), Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas, SP, 2005.
- Carvalho, P. “Aprendizado tecnológico e industrialização em São Paulo: as indústrias Romi”. *Relatório Final de Iniciação Científica*, financiado pela Fapesp, Unesp/Araraquara, 2002, mimeo.
- Cassiolato, J. “Interação, aprendizado e cooperação tecnológica”. *Serie Contribuciones, Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología RICYT*, agosto/2004. Disponível em <http://www.ricyt.edu.ar/interior> (conforme consulta realizada em janeiro/2005).
- Castells, M. *Fim de milênio*. Volume III, Paz e Terra, São Paulo, 1999.
- Chandler, Jr., Hagstrom, P. e Solvell, O. (eds.) *The Dynamic Firm: The Role of Technology, Strategy, Organization and Regions*, Oxford University Press, Oxford, 1998.
- Chang, C.Y e Sze, S.M. *ULSI Technology*, McGraw-Hill, Electrical Engineering Series, Cingapura, 1996.
- Chang, H-J. *The Political Economy of Industrial Policy*. Macmillan Press, London, 1994.
- Chang, P. e Hsu, C. “The development strategies for Taiwan’s semiconductor industry”. *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol.45, no.4, p. 349-356, 1998.
- Chang, P. e Tsai, C. “Evolution of technology development strategies for Taiwan’s semiconductor industry: Formation of research consortia”. *Industry and Innovation*, vol.7, no.2, p.185-197, 2000.
- Chang, P.; Chien-Tzu T. “Finding the niche position-competition strategy of Taiwan’s IC design industry”. *Technovation*, vol.22, no. 2, p. 101-11, 2002.
- Chang, S. *et al.* “Environmental and Social aspects of taiwanese and US companies in the Hsinchu Science-based Industrial Park”, *Report to the California Global Corporate Accountability Project*, 2001. Disponível em <http://www.nautilus.org/archives/cap/reports/TaiwanReport.PDF> (conforme consulta realizada em abril/2005).
- Chen, T. e Chen, S. “Global production networks and local capabilities: new opportunities and challenges for Taiwan”. *East-West Center Working Papers*, Economics Series, no.15, fevereiro/2001. Disponível em <http://www.eastwestcenter.org/stored/pdfs/ECONwp015.pdf> (conforme consulta realizada em maio/2005).

- Chen, C-F. e Sewell, G. "Strategies for technological development in South Korea and Taiwan: the case of semiconductors". *Research Policy*, vol.25, no.5, p.759-783, 1996.
- Choung, J-Y.; Hwang, H-R. e Choi, J-H. "Transition of latecomer firms from technology users to technology generators: Korean semiconductors firms". *World Development*, vol.28, no.5, p.969-82, 2000.
- Cimoli, M.; Holland, M.; Porcile, G., Prime, A. e Vergara, S. "Growth, Structural Change and Technological Capabilities. Latin America in a Comparative Perspective", *Working Paper Series*, Laboratory of Economics and Management Sant'Anna, School of Advanced Studies, 2006. Disponível em <http://www.lem.sssup.it/WPLem/files/2006-11.pdf> (conforme consulta realizada em julho/2006).
- Coase, R. "The nature of the firm", *Economica*, p.386-405, 1937.
- Corden, W. M. "Relationship between macroeconomic and industrial policies". *The World Economy*, v.3, n.2, p.167-184, 1980.
- Coutinho, L. "A Terceira Revolução Industrial e Tecnológica: As Grandes Tendências de Mudança", *Revista Economia e Sociedade*, no. 1, p. 69-87, 1992.
- Cunha, A. *Política industrial e estratégias competitivas na indústria de semicondutores norte-americana*. Dissertação (mestrado), Instituto de Economia, Unicamp, Campinas, SP, 1994.
- Dahmen, D. "Semiconductors". In: Wellenius, B., Miller, A e Dahman, C. *Developing the electronics industry*, World Bank Symposium, EUA, 1993.
- Das, S. "End user focus – the key to the success in the dynamic global semiconductor markets", *Paper*, 2005. Disponível em <http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-print.pag?docid=45822349> (conforme consulta realizada em janeiro/2006).
- Dibiaggio, L. "The Semiconductor Industry Dynamics. An investigation for a General Pattern of Evolution", *Paper*, Druid Summer Conference, 2001. Disponível em <http://www.druid.dk/conferences/nw/paper1/Dibiaggio.pdf> (conforme consulta realizada em julho/2006).
- Dibiaggio, L. "Design complexity, vertical disintegration and knowledge organization in the semiconductor industry". *Working Paper*, Druid Summer Conference, 2004. Disponível em www.druid.dk/ocs/viewabstract.php?id=160&cf=1 - 34k (conforme consulta realizada em janeiro/2006).
- Dosi, G. *Technical change and industrial transformation – The theory and an application to the semiconductor industry*, Macmillan Press, Londres, 1984.

- Ernst, D. "Catching-up, crisis and industrial upgrading. Evolutionary aspects of technological learning in Korea's Electronics Industry". *Druid Working Paper*, no.98-16, 1998. Disponível http://www.druid.dk/wp/pdf_files/98-16.pdf (conforme consulta realizada em dezembro/2005).
- Ernst, D. "Pathways to innovation in the global network economy: Asian Upgrading Strategies in the Electronics Industry". *East-West Center Working Papers*, Economics Series, no.58, 2003. Disponível em <http://www.eastwestcenter.org/stored/pdfs/ECONwp058.pdf> (conforme consulta realizada em janeiro/2006).
- Ernst, D. "Internationalisation of innovation: Why is chip design moving to Asia?". *East-West Center Working Papers*, Economics Series, no.64, 2004 (a). Disponível em www.eastwestcenter.org/stored/pdfs/ECONwp064.pdf (conforme consulta realizada em janeiro/2006).
- Ernst, D. "Limits to modularity: a review of the literature and evidence from chip design", *East-West Center Working Papers*, Economics Series, no.71, 2004 (b). Disponível em www.eastwestcenter.org/stored/pdfs/ECONwp071.pdf (conforme consulta realizada em janeiro/2006).
- Fontes, C.B. "Avaliação da mudança tecnológica na indústria de semicondutores brasileira de semicondutores", *Trabalho de Conclusão de Curso*, Escola Politécnica da USP, SP, 2003.
- Freeman, C. e Soete, L. (eds.). *Technical Change and Full Employment*, Blackwell, Oxford, 1987.
- Fuller, D. "Globalization for nation building: industrial policy for high-technology products in Taiwan", *MIT IPC Working Paper*, Industrial Performance Center, Massachusetts Institute of Technology, 2002. Disponível em <http://mit.edu/mit-japan/outreach/research.html#2000> (conforme consulta realizada em maio/2005).
- Gadelha, C. A. G. "Política Industrial: uma visão neo-schumpeteriana sistêmica e estrutural". *Revista de Economia Política*, vol.21, no. 4 (84), p. 149- 171, 2001.
- Garcia, R.; Roselino, J.E. "Avaliação crítica dos resultados da Lei de Informática e seus reflexos sobre o complexo eletrônico", *VII Encontro Nacional de Economia Política*, Curitiba, 2002. Disponível em <http://www.prd.usp.br/redcoop> (conforme consulta realizada em julho/2004).
- Garcia, R. e Roselino, J. E. "Uma avaliação da lei de informática e de seus resultados como instrumento indutor de desenvolvimento tecnológico e industrial". *Gestão e Produção*, vol.11, no.2, p.177-85, 2004.
- Gruber, H. "The evolution of market structure in semiconductor: the role of the product standards". *Research Policy*, vol.29, no.6, p.725-740, 2000.

- Gutierrez, R.; Leal, C. “Estratégias para uma Indústria de Circuitos Integrados no Brasil”. *BNDES Setorial*, 2004. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publi/bnset/set1901.pdf> (conforme consulta realizada em maio/2004).
- Hernandez, Z. “Industrial policy in East Asia: in search for lessons”. *Background Paper* preparado para World Development Report: A better investment climate for everyone, Setembro/2004. Disponível em http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2005/02/08/000090341_20050208144750/Rendered/PDF/313500industri11bkgd0paper0WDR20051.pdf (conforme consulta realizada em março/2006).
- Hobday, M. “Semiconductor technology and the newly industrializing countries: The diffusion of ASICs (Application Specific Integrated Circuits)”. *World Development*, vol.19, no.4, p. 375-397, 1991.
- Hobday, M. “East Asian Latecomer firms: learning the technology of electronics”. *World Development*, vol.23, no.7, p.1171-1193, 1995.
- Hong, S. *The Political Economy of Industrial Policy in East Asia – The semiconductor industry in Taiwan and South Korea*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, 1997.
- Hou, C. e Gee, S. “National systems supporting technical advance in industry: the case of Taiwan”. In: Nelson, R. *National Innovation Systems – A comparative analysis*, Oxford University Press, Oxford, 1993.
- Hsu, J. *A late industrial district? Learning network in Hsinchu Science-based industrial park in Taiwan*. PhD Tesis, Department of Geography, University of California, Berkeley, CA, 1997. Disponível em <http://www.geog.ntu.edu.tw/Introduction/member/teacher/jinnyuh/papers/chap2.pdf>. (conforme consulta realizada em maio/2005).
- Hsu, J. “The dynamic institutionalism of Taiwan’s late-industrial district in the globalization process”. *Annual Meeting of the Association of American Geographers*, New York City, EUA, 2001. Disponível em <http://www.geog.ntu.edu.tw/Introduction/member/teacher/jinnyuh/papers/The%20Dynamic%20Institutionalism%20of%20Taiwan's%20Late-industrial%20District.PDF> (conforme consulta realizada em maio/2005).
- Hsu, J. e Chen, L. “Revisiting economic development in Post-War Taiwan: the dynamic process of geographical industrialization”. *Regional Studies*, vol.8, no.36, p. 897–908, 2002.
- Irwin, D. A. e Klenow, P. J. “Learning by doing spillovers in the semiconductor industry”. *Journal of Political Economy*, vol.102, no.6, p.1200-1227, 1994.

- Kamita, R. e Rascher, D. "Inter-industry comparisons: lessons from the semiconductor industry". In: Kamita, R. e Brown C. *The Competitive Semiconductor Manufacturing Human Resources Project: Final Report*, 1997. Disponível em <http://socrates.berkeley.edu/~iir/worktech/csmfinal/ch4.pdf> (conforme consulta realizada em julho/2006).
- Katz, J. *Importación de tecnología, aprendizaje local y industrialización dependiente*, Fondo de Cultura Económica, México, 1976.
- Keller, W. e Pauly, L. "Crisis and adaptation in East Asian Innovation Systems: Semiconductors in Taiwan and South Korea", MIT Japan Program, *Working Paper* 01.05, Center for International Studies, Massachusetts Institute of Technology, 2001. Disponível em <http://mit.edu/mit-japan/outreach/research.html> (conforme consulta realizada em maio/2005)
- Kim, J-I e Lau, L. "The sources of economic growth of the East Asian Newly Industrialized Countries". *Journal of the Japanese and International Economies*, vol.8, no.3, p.235-271, 1994.
- Kim, L. *Imitation to innovation – the dynamics of Korea's technological learning*. Harvard Business School Press, Boston, 1997.
- Kim, S. R. "The Korean system of innovation and the semiconductor industry: a governance perspective". *SPRU Working Paper*, 1996. Disponível em <http://www.oecd.org/dataoecd/34/59/2098646.pdf> (conforme consulta realizada em dezembro/2005).
- Kim, S. R. e Tunzelmann, N. "Aligning internal and external networks: Taiwan's specialization in IT". *Electronic Working Paper Series*, no. 17, 1998. Disponível em <http://www.sussex.ac.uk/spru> (conforme consulta realizada em agosto/2004).
- KPMG. "Value, growth and profit in the global semiconductor industry", *A Survey of Industry Executives*, 2005. Disponível em <http://www.kpmg.com.au/Portals/0/SurveySemiconductor2005.pdf> (conforme consulta realizada em julho/2006).
- Kuznets, P. "An East Asian Model of Economic Development – Japan, Taiwan and South Korea". *Economic Development and Cultural Change*, vol.36, no.3, p.11-44, 1988.
- Krugman, P. The myth of Asia's Miracle. *Foreign Affairs*, vol.73, no.6, p. 62-78, 1994.
- Jen, C. "What's next for Taiwan's IC industry". *Solid State Technology*, 2004.
- Lai, H.; Chang, S. e Shyu, J. "The innovation policies priorities in industry evolution: the case of Taiwan's semiconductor industry". *Int. J. Foresight and Innovation Policy*, vol.1, no.1/2, p.106-125, 2004.

- Lall, S. "Reinventing industrial strategy: the role of the government policy in building industrial competitiveness". *G-24 Discussion Papers Series*, 2004. Disponível em <http://www.unctad.org>. (conforme consulta realizada em agosto/2004).
- Langlois, R. N. "Capabilities and vertical disintegration in process technology: the case of semiconductor fabrication equipment". *Paper*, Universidade Connecticut, 1992. Disponível em <http://econwpa.wustl.edu:8089/eps/io/papers/9406/9406004.pdf> (conforme consulta realizada em janeiro/2006).
- Lee, C-S. e Pecht, M. *The Taiwan electronics industry*, CRC Press, New York, 1997.
- Li, K-T. *The evolution of policy behind Taiwan's development success*. Brookcrafters, Chelsea, Michigan, 1988.
- Lin, M. e Trappey, C. "The development of Taiwan's integrated circuit industry". *IEEE Transactions on Components, packaging and manufacturing technology* – part C, vol.20, p. 235-242, 1997.
- Lin, M-W. "Technology policy in hard times, or how Taiwan is coping with the current economic downturn". *Tech, regions and policy*, 2001.
- Linden, G. e Somaya, D. "System-on-a-chip integration in the semiconductor industry: industry structure and firm strategies". *Industrial and Corporate Change*, vol.12, no.3, p.545-576, 2003.
- Lo, T-H., Liou, S. e Yuan, B. "Organizational innovation and entrepreneurship: the role of the national laboratories in promoting industrial development", *Paper*, sem ano. Disponível em http://140.123.190.103//download/writings/liu/IJTM_Paper.pdf (conforme consulta realizada em janeiro/2006).
- Lundvall, B. A. "Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation". In: Dosi, G. *et al* (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, Londres, 1988.
- Lundvall, B.A. *National Systems of Innovation – Towards a theory of innovation and interactive learning*. London, Pinter Publishers, 1992.
- Lundvall, B.A. "The social dimension of the learning economy". *Druid Working Paper*, no. 96-1, p.1-29, 1996. Disponível em <http://www.business.auc.dk/druid/wp/wp1996.html> (conforme consulta realizada em janeiro/2002).
- Macher, J. T. "Vertical disintegration and Process innovation in semiconductor manufacturing: Foundries vs. Integrated Producers". *Georgetown University Working Papers*, Washington, 2001, mimeo.

- Macher, J. T. e Mowery D. C. “Vertical Specialization and Industry Structure in High Technology Industries”. *Business Strategy over the Industry Lifecycle - Advances in Strategic Management*, vol.21, p.317-56, 2004.
- Macher, J., Mowery, D.C. e Minin, A. “Nonglobalization of innovation in semiconductor industry”. *Draft*, DRUID Summer Conference, junho/2006. Disponível em www2.druid.dk/conferences/viewpaper.php?id=787&cf=8 (conforme consulta realizada em julho/2006).
- Malerba, F. “Learning by firms and incremental technological change”, *The Economic Journal*, vol.102, no. 413, p.845-859, 1992.
- Mathews, J. “A Silicon Valley of the east: creating Taiwan’s semiconductor industry”. *California Management Review*, Berkeley, 1997. Disponível em <http://www.gsm.mq.edu.au/facultyhome/john.mathews/docs/CMR-UMI-1997-EastSiliconValley-Taiwan.doc> (conforme consulta realizada em abril/2005).
- Mathews, J. “The janus face of innovation: technology diffusion management through institutional innovation in East Asia”, *Paper*, Macquarie Graduate School of Management, 1999. Disponível em <http://www.gsm.mq.edu.au/facultyhome/john.mathews/docs/aib99%20TDM%20in%20EA.doc> (conforme consulta realizada em julho/2005).
- Melo, P.; Rios, E.; Gutierrez, R. “Componentes Eletrônicos: Perspectivas para o Brasil”, *BNDES Setorial*, março/2001. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set1301.pdf> (conforme consulta realizada em maio/2004)
- Mendes, J. “Desenvolvimento e equidade social – o Brasil visto de Taiwan”. *International Trade Promotion Workshop*, Taipei, 2002. Disponível em <http://www.senado.gov.br/web/conleg/artigos/direito/DesenvolvimentoeEquidadeSocial.pdf> (conforme consulta realizada em junho/2005)
- Miguel, H. O. “Semicondutores – Panorama Brasil”, *Abinee Tec*, 2003. Disponível em <http://www.tec.abinee.org.br/2003/arquivos/s37.pdf> (conforme consulta realizada em julho/2006).
- Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT). *Programa Nacional de Microeletrônica – Design*, 2002. Disponível em http://www.mct.gov.br/upd_blob/475.pdf (conforme consulta realizada em julho/2006)
- Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT). *Diretrizes da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior*, 2003. Disponível em <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/ascom/apresentacoes/Diretrizes.pdf> (conforme consulta realizada em julho/2006).

- Nelson, R. “The coevolution of technologies and institutions”. In: England, E. W. (ed.). *Evolutionary concepts in contemporary economics*. Ann Arbor, University of Michigan, 1994.
- Nelson, R. “Intel’s site selection decision in Latin America”. *Thunderbird*, The American Graduate School of International Management, 2003, mimeo.
- Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). *The semiconductor industry – trade related issues*, Paris, 1985.
- Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). *Perspectivas da Tecnologia da Informação: as tecnologias da comunicação e da informação e a economia da informação*, Editora Senac São Paulo, São Paulo, 2005.
- Oliveira, E. M. e Miguel, H. “A Política Industrial (e Tecnológica) para o setor de semicondutores”. In: MDIC/STI e IEL/NC. *O futuro da indústria de semicondutores*, Coletânea de artigos, Série Política Industrial, Brasília, 2004. Disponível em http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/sti/publicacoes/futAmaDilOportunidades/ediespeciais_14.php (conforme consulta realizada em março/2006).
- Oliveira, M.; Oliva, F.; Bueno, U. “Indicadores Internacionais de Evolução Tecnológica e a Importância da Indústria de Semicondutores: o posicionamento estratégico do Brasil na América Latina”. *Working Paper*, no. 04/002, 2004. Disponível em <http://www.ead.fea.usp.br/wpapers/> (conforme consultada realizada em junho/2004).
- Pack, H. e Westphal, L. “Industrial strategy and technological change: theory vs reality”. *Journal of Development Economics*, vol.22, no.1, p.87-128, 1986.
- Pavitt, K. “Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory”, *Research Policy*, vol.13, no.6, p.343-73, 1984.
- Perez, C. “Novas tecnologias: uma visão de conjunto”. In: Ominami, C. (org.) *La tercera revolucion industrial: impactos internacionales Del actual viraje tecnológico*. RIAL, Programa de Estudios Conjuntos sobre las relaciones internacionales de America Latina, Grupo Editor Latinoamericano, Buenos Aires, 1986.
- Perez, C. e Soete, L. “Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity”. In: Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.; Silvenberg, G. e Soete, L. (eds.). *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, Londres, 1988.
- Piore, M. J. e Sabel, C.F. *The Second Industrial Divide – Possibilities for Prosperity*, Basic Books, EUA, 1984.
- Possas, M. L. “Competitividade: fatores sistêmicos e política industrial. Implicações para o Brasil”. In: Castro, A.B.; Proença, A., e Possas, M.L. (orgs.) *Estratégias empresariais na indústria brasileira: discutindo mudanças*. Forense Universitária, Rio de Janeiro, 1996.

- Rao, B. *East Asian Economies – the miracle, a crisis and the future*, McGraw-Hill, Boston, 2001.
- Ripper Filho, J. E. “História da Microeletrônica no Brasil”. In: MDIC/STI e IEL/NC. *O futuro da indústria de semicondutores*, Coletânea de artigos, Série Política Industrial, Brasília, 2004. Disponível em www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/publicacoes/sti/indbraopodesafios/coletanea/semicondutores/ripper.pdf (conforme consulta realizada em julho/2006).
- Rodrik, D. “Getting interventions right: how South Korea and Taiwan grew rich”. *NBER Working Paper*, no.4964, National Bureau of Economic Research, Cambridge, 1994.
- Rodrik, D. “Industrial policy for the twenty-first century”. *Draft*, UNIDO, 2004. Disponível em: <http://www.ksg.harvard.edu/rodrik/> (conforme consulta realizada em janeiro/2006).
- Rosenberg, N. *Inside the black Box – technology and economics*, Cambridge University Press, Cambridge, 1982.
- Ruska, W. S. *Microelectronic Processing – An introduction to the manufacture of integrated circuit*, McGraw-Hill, New York, 1987.
- Saxenian, A. “Taiwan’s Hsinchu Region: imitator and partner for Silicon Valley”. *SIEPR Discussion Paper* no. 00-44, Stanford Institute for Economic Policy Research, 2001 (a). Disponível em www.sims.berkeley.edu/~anno/papers/hsinchu.pdf (conforme consulta realizada em junho/2005)
- Saxenian, A. “Transnational communities and the evolution of global production networks: the case of Taiwan, China and India”, *East-West Center Working Papers*, no.37, 2001(b). Disponível em <http://www.eastwestcenter.org/stored/pdfs/ECONwp037.pdf> (conforme consulta realizada em novembro/2005)
- Saxenian, A. e Hsu, J. “The Silicon Valley-Hsinchu Connection: Technical communities and industrial upgrading”. *Industrial and Corporate Change*, vol.10, no.4, p. 893-920, 2001.
- Schmitz, H. “Collective efficiency and increasing returns”. *IDS Working Paper 50*. Brighton, IDS, 1997.
- Schmitz, H. e Hewitt, T. “An assessment of the market reserve for the Brazilian computer industry”. In: Schmitz, H. e Cassiolato, J. *Hi-tech for industrial development – lessons from the Brazilian experience in electronics and automation*, Routledge, London, 1992.
- Schumpeter, J. A. *Teoria do Desenvolvimento Econômico*, coleção Os Economistas, Abril Cultural, São Paulo, 1912.

Shintate, J.H. “Modelos de negócios de produção e condições de inserção da indústria de circuitos integrados no Brasil”. *Trabalho de Conclusão de Curso*, Escola Politécnica da USP, SP, 2002.

Song, J. “Technological catching-up of Korea and Taiwan in the global semiconductor industry: a study of modes of technological sourcing”. *Discussion Paper*, APEC Study Center, Columbia, 2000. Disponível em <http://www.columbia.edu/cu/business/apec/publications/song2.PDF>(conforme consulta realizada em abril/2006).

Suzigan, W. e Furtado, J. “Política industrial e desenvolvimento”. Texto apresentado no Seminário *A Economia Política e o Desenvolvimento Brasileiro*. CEDEPLAR/UFMG. Abril/2005.

Suzigan, W. e Villela, A. *Industrial Policy in Brazil*, Instituto de Economia, Unicamp, Campinas, SP, 1997.

Souza, C.R.L. “O Estado e o desenvolvimento econômico de Taiwan”. *Trabalho de Conclusão de Curso*, Instituto de Economia, Unicamp, Campinas, SP, 1989.

Swart, J. e van Noije, W. “A Política Industrial e tecnológica de semicondutores”, *Jornal da Unicamp*, maio/2006. Disponível em http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/jornalPDF/ju325pg02.pdf (conforme consulta realizada em julho/2006).

Tacla, C. e Figueiredo, P. “Aprendizagem e competências tecnológicas na indústria de bens de capital: o caso da Kvaerner Pulping do Brasil”. IN: *Anais do XXII Simpósio da Gestão da Inovação Tecnológica (PGT/USP)*, 06-08 Novembro, Salvador, BA, 2002. Disponível em <http://www.ebape.fgv.br>. (conforme consulta realizada em outubro/2004).

Tapia, J. *A trajetória da política de informática brasileira (1977-1991): atores, instituições e estratégias*. Editora da Unicamp, Campinas, SP, 1995.

Tigre, P. B. *A indústria brasileira de computadores – perspectivas até anos 90*, Editora Campus, INPES/IPEA, Rio de Janeiro, 1987.

The Economist. *A survey of the IT industry*, publicado em 10/05/2003.

Tso, C-D. “State-technologist nexus in Taiwan’s high-tech policymaking: semiconductor and wireless communications industries”. *Journal of East Asian Studies*, vol.4, no.3, p.301-328, 2004.

Tung, A-C. “Taiwan’s semiconductor industry: what the state did and did not”. *Review of development economics*, vol.5, no.2, p.266-88, 2001.

Valor Econômico, vários números.

Veselka, M. “Taiwan’s economic development: the role of small and medium-enterprises beyond the statistics”. *Paper, Conference of the European Association of Taiwan Studies*, University Bochm, 2005. Disponível em <http://www.rzuser.uni-heidelberg.de/~pn4/EATS2-veselka.pdf> (conforme consulta realizada em agosto/2005).

William, L.G. e Tjahjono, T. “Agile Manufacturing: Competitive Advantage for Semiconductors Industry”. *Sixteenth Annual Conference of POMS*, Chicago, IL, April 29 – May 2, 2005. Disponível em <http://www.poms.org/POMSWebsite/ConfPapers/003/003-0048.doc> (conforme consulta realizada em dezembro/2005).

Williamson, O.E. *The economic institutions of Capitalism*, Free Press, New York, 1985.

Young, A. “A table of two cities: factor accumulation and technical change in Hong Kong and Singapore”, *NBER Economics Annual*, 1992.

Young, A. “Tyranny of numbers: confronting the statistical realities of the East Asian Growth experience”, *NBER Working Paper*, no.4680, 1994.

Wade, R. *Governing the market: economic theory and the role of government in East Asian industrialization*, Princeton University Press, Princeton, 1990.

Anexos

Anexo I. Origens, desenvolvimento tecnológico e aspectos da produção dos circuitos integrados

1. Origens e desenvolvimento tecnológico dos componentes semicondutores

São denominados semicondutores os materiais sólidos, com condutividade elétrica e compostos por um dispositivo chamado transistor⁷¹, capaz de controlar a corrente elétrica – por meio da amplificação, chaveamento e oscilação – e que, por isso, são utilizados na fabricação dos componentes eletrônicos. Os transistores de material semicondutor dão origem aos diversos segmentos que compõem a chamada ‘indústria de semicondutores’.

O primeiro transistor foi inventado na *Bell Laboratories* em 1947, por John Bardeen, Walter Houser Brattain e William Bradford Shockley, com o intuito de desenvolver um dispositivo com velocidade de funcionamento superior àquela das válvulas termiônicas (1906), ou seja, eles desejavam algo que fosse capaz de conduzir corrente elétrica em um único sentido, mas sem o consumo de eletricidade em excesso e aquecimento, além de uma maior confiabilidade. Este esforço se tornaria uma das maiores descobertas da indústria moderna (Shintate, 2002).

Para exercer as funções desejadas, disponíveis em aparelhos auditivos e rádios, os transistores tinham de ser soldados quase que manualmente aos outros componentes de um circuito eletrônico, sendo que, dependendo da complexidade da função o número de conexões podia-se chegar até a 1 milhão. Com a expansão das possibilidades de utilização e o desenvolvimento dos primeiros computadores, os circuitos cresciam cada vez mais em complexidade, sendo que esse processo de soldagem e montagem dos transistores se tornava cada vez mais complicado e trabalhoso.

Disposto a solucionar estas dificuldades e a promover uma maior integração das funções dos circuitos, Jacky Kilby, da *Texas Instruments*, em 1957, descobriu uma maneira de unir todos os componentes do circuito em uma única pastilha de silício⁷², formando o

⁷¹ O nome *transistor* deriva da composição “TRANSfer + resISTOR”, uma forma de se remeter à sua capacidade de condução elétrica.

⁷² Também conhecido como areia de quartzo ou dióxido de silício, o silício é um mineral de baixo custo por ser o 2º. elemento mais abundante na terra, já que 90% da crosta terrestre são compostos de sílica e silicato. Pode se tornar extremamente purificado e até hoje é usado como principal material na produção de *chips*.

circuito integrado. O circuito integrado é um dispositivo eletrônico que consiste de muitos transistores e outros componentes (capacitores, resistores e diodos) interligados, acoplados e fabricados em um único fragmento de silício na forma de ‘pastilhas’ e, posteriormente, encapsulados para que possa ser inserido (por soquete ou solda) na placa do circuito. Alguns meses depois, um engenheiro da *Fairchild Semiconductor* – Robert Royce – que desenvolvia pesquisas nessa mesma área, conseguiu realizar a mesma descoberta.

2. O processo de produção dos circuitos integrados⁷³

Na literatura existem várias tipologias para identificar as distintas atividades durante a produção dos circuitos integrados, dentre as quais analisaremos a proposta de Leachman & Leachman (2002), Cunha (1994) e Melo, Rios e Gutierrez (2001), dado que são formas complementares de se encarar o processo produtivo, pois detalham diferentes etapas da produção dos semicondutores⁷⁴.

Antes do processo de elaboração do projeto do circuito integrado, existe o processo de extração do silício e sua preparação para se tornar a principal matéria-prima do componente semicondutor – o *wafer*. Após a retirada do silício da natureza, o material passa por um processo de destilação e purificação, resultando no silício com grau eletrônico em suas partículas e pureza de até 99,9%. Neste momento, o material é derretido, gerando uma série de reações físico-químicas, que promovem um crescimento em sua superfície, atingindo uma pureza ainda maior, de cerca de 99,9999%, se tornado o silício policristalino. Sob essa forma, o silício policristalino bruto possui cristais orientados de forma randômica, que não possuem as características elétricas necessárias para a fabricação dos semicondutores, por isso, o material percorre um processo chamado de ‘crescimento do cristal’ para que seja transformado em um cristal de silício único. Durante esse processo, o material é aquecido e resfriado em elevadas temperaturas, passando posteriormente por um processo de corte e polimento que irá resultar na matéria-prima em sua forma cristalizada e purificada para originar a fabricação do *wafer*, detalhada a seguir (Melo, Rios e Gutierrez,

⁷³ Grande parte das informações contidas neste item resulta de revisão de literatura técnica nesta área, além de conversas e textos disponibilizados pelo prof. Luis Carlos Kretly, por meio da disciplina *Eletrônica Básica I*, ministrada em 2005 na Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC).

⁷⁴ Sugerimos que os leitores assistam aos vídeos que ilustram a produção dos semicondutores, disponíveis em <http://www.semiconductorservices.com/videos/at13.html> (conforme consulta realizada em dezembro/2005).

2001). Após este processo, existem 3 etapas fundamentais na cadeia produtiva dos semicondutores, como propõem Leachman e Leachman (2002) *apud* Shintate (2002) e Amato Neto *et al* (2004): o projeto; a fabricação e o empacotamento e os testes, ilustrados na figura (1.1).

A etapa do projeto se refere à concepção do *design* do circuito, na qual são efetuados melhoramentos e aperfeiçoamentos no desenho da rede completa de acordo com as funções que serão desempenhadas por ele, além de avaliar as restrições técnicas e econômicas do processo de fabricação. No formato recente da produção, esta etapa de projeto do circuito é realizada de forma eletrônica, por meio do emprego de *softwares* como o SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis* – um Programa de simulação). Para a elaboração do projeto são consultadas bibliotecas com soluções de componentes pré-desenhados, geralmente fornecidas pelos fabricantes ou pelas empresas de manufatura, seguindo as necessidades específicas dos seus clientes. Essa fase da produção é realizada pelas *design houses* ou *fabless*, que são firmas ou mesmo departamentos de empresas, que realizam os projetos dos componentes dos circuitos integrados.

O próximo processo é a fabricação do *wafer* de silício para a manufatura do semicondutor. Uma vez que o silício já foi cristalizado, purificado e transformado em cilindros, estes cilindros são cortados em discos muitos finos, os chamados *wafers*, onde serão formados os circuitos. As definições e especificações elaboradas pelo projeto são colocadas nas ‘máscaras’ por meio da litografia, ou seja, o desenho do circuito é reduzido para ser impresso nestas placas de material transparente e plano (geralmente ouro ou quartzo) para obter as formas que representem os padrões do circuito (Cunha, 1994).

A partir das imagens projetadas nas máscaras, há um processo de difusão de dopantes (impurezas) sobre o *wafer* em camadas sucessivas, para a constituição de várias camadas no formato de uma espécie de “bolacha”, considerando-se os parâmetros de fabricação: 1. o diâmetro do *wafer*, que determina a área de difusão dos componentes; e 2. a resolução do processo, que delimita a largura ou espessura mínima nas regiões que serão dopadas do *wafer*, sendo capaz de determinar a densidade dos componentes no circuito integrado, ou seja, quanto maior a resolução do processo, menor a largura do circuito e,

conseqüentemente, maior a densidade do semicondutor (Shintate, 2002)⁷⁵. Este complexo processo de produção dos semicondutores é realizado em grandes instalações industriais chamadas de *fabs* (abreviação de *Semiconductor Fabrication Facility*) ou *foundries*, remetendo aos processos de fundição.

A última fase da produção dos semicondutores é chamada de *back-end*, com menor agregação de valor ao produto, na qual há a separação dos circuitos integrados no *wafer*, sua inserção nas cápsulas e a realização de testes em seu funcionamento, geralmente realizada intra-empresa e em escala internacional. Com essa atividade o componente está pronto para ser usado nas placas dos produtos finais (Shintate, 2002; Amato Neto *et al*, 2003).

⁷⁵ Esta é uma descrição simplificada do processo de manufatura do semicondutor já que existe uma sucessão de outros procedimentos e reações químico-físicas, detalhadas por Melo, Rios e Gutierrez (2001): desbaste do *wafer*, polimento do *wafer*, crescimento da camada epitelial, criação da camada de óxido, cobertura com fotoresiste, exposição ao UV, preparação da fotomáscara, revelação e recozimento, abertura de janela no óxido via ácido, limpeza do *wafer*, implantação iônica (difusão), crescimento da camada, deposição de cobre por processo químico, evaporação metálica, fotogravação do metal e remoção do fotoresiste.

Anexo II. Principais empresas e investimentos na indústria mundial de semicondutores

TABELA 1: Ranking das 6 maiores *foundries* mundiais, 2004.

Empresa	País de Origem	Vendas em 2004 (US\$ milhões)	Crescimento 2003/04	% do mercado total (2004)
TSMC	Taiwan	7,648	31%	45,8%
UMC	Taiwan	3,900	42%	23,4%
Chartered	Cingapura	1,103	52%	6,6%
SMIC	China	975	166%	5,8%
Vanguard	Taiwan	474	66%	2,8%
DongbuAnam	Coréia do Sul	435	32%	2,6%

Nota: Este ranking engloba *foundries puras*, ou seja, aquelas empresas que são dedicadas exclusivamente aos serviços de *foundry*, excluindo as empresas que manufaturam seus próprios *chips* (IDMs). Fonte: *IC Insights*, “China gains in 2004 pure-play foundry rankings”, *EE Times*, 29/03/2005. In: Brown e Linden, 2005, p.09.

TABELA 2: Ranking das 10 maiores empresas *fabless* mundiais, 2004.

Empresa/Localidade	(em US\$ milhões)
Qualcomm (Califórnia)	3.224,0
Broadcom (Califórnia)	2.400,6
ATI Technologies (Canadá)	2.140,9
Nvidia (Califórnia)	2.010,0
SanDisk (Califórnia)	1.777,1
Xilinx (Califórnia)	1.588,7
MediaTek (Taiwan)	1.252,5
Marvell Semiconductor (Califórnia)	1.224,6
Altera (Califórnia)	1.016,4
Conexant (Califórnia)	914,6

Nota: o critério do ranking são as vendas em 2004. Fonte: *Nikkei Electronics Asia Online*, 18/03/2005. In: Brown e Linden, 2005, p.10.

QUADRO 1. Níveis e caracterização das *foundries*.

Nível	Investimento	Principais Atividades	Atuação	Fator estratégico
1	US\$ 10 a 100 milhões	Produção e prototipagem de pequenas séries em pequena escala	segmentos não convencionais, com tecnologia que não se situa no estado de arte litográfico.	Flexibilidade (para atender a diversas linhas de produtos)
2	US\$ 400 milhões	Fábricas de lâminas, que não são de última geração nas etapas produtivas.	Desenvolvimento de processos e integração de equipamento novos na planta.	Atendimento a segmentos de mercado especializados, como automotivo e de sensores.
3	US\$ 1 a 2 bilhões	Mega-fábricas com equipamentos de produção no estado-da-arte do processo e produção em larga escala	Microprocessadores para computação (pessoal/móvel) e memórias DRAM	Colaboração entre elas para o desenvolvimento de atividades de pesquisa e desenvolvimento de inovações e tecnologias pré-competitivas para manter-se no estado-da-arte.

Fonte: Elaboração própria a partir de Amato Neto *et al*, 2004.

TABELA 3: Investimentos Programados em Plantas de Fabricação de Semicondutores, 2004-2006.

	Empresas	País escolhido	F1	F2	F3	Produtos que serão fabricados
1	ACSMC	China		1		Circuitos lógicos/outros
2	ASMC	China		1		Fundição especializada
3	CSMC	China		1		Fundição especializada
4	Grace Semi	China		1		Fundição especializada
5	Anam	Coréia do Sul			1	Fundição especializada
6	Dongbu	Coréia do Sul			1	Fundição especializada
7	Hynix	Coréia do Sul	1			Planta-piloto
8	Cypress Semi	Estados Unidos			1	Memórias RAM
9	IBM	Estados Unidos	1		1	P&D, lógicos/outros
10	Infineon	Estados Unidos			1	Memórias DRAM
11	Microchip	Estados Unidos		1		Microcontroladores (MCU)
12	Micron	Estados Unidos	1		1	Memórias DRAM
13	Atmel	Estados Unidos e Inglaterra		1	1	Memórias Flash/Microcontroladores
14	Intel	Estados Unidos ⁷⁶ , Israel ⁷⁷ e Irlanda	1		4	Microprocessadores (MCU)
15	Elpida	Japão			1	Memórias DRAM
16	Fujitsu/AMD	Japão			1	Memórias Flash
17	Matsushita	Japão			1	Circuitos Lógicos/Outros
18	1 st Silicon	Malásia			1	Fundição especializada
19	Angstrem	Rússia		1		Planta Integrada (IDM)
20	Au Pte	Cingapura			1	Circuitos Lógicos
21	Chartered	Cingapura			1	Fundição especializada
22	Macronix	Taiwan	1		2	Memórias Flash
23	AMD ⁷⁸	Alemanha			1	Microprocessadores (MPU)

Fonte: Consórcio A.T. Kearney/Azevedo Sette/IDC. In: Gutierrez e Leal, 2004, p.12. Nota: as denominações F1, F2 e F3 referem-se a uma terminologia de classificação de plantas de circuitos integrados do Programa Nacional de Microeletrônica, cujas características são as seguintes: F1 = fábrica de prototipagem de pequenas séries, com produção de baixa escala e investimentos entre US\$10 milhões e US\$100 milhões. F2 = fábrica de tecnologia menos sofisticada (*trailing-edge*), com investimentos entre US\$500 milhões e US\$ 1 bilhão. F3 = fábrica de tecnologia de ponta (*leading-edge*), com investimentos acima de US\$ 1 bilhão.

⁷⁶ Uma dessas fábricas da Intel será em Chandler (Arizona), com um investimento de US\$ 3 bilhões a instalação irá produzir microprocessadores e gerará mil empregos, com início da produção previsto para 2007. Fonte: “Intel aplicará US\$3 bilhões na construção de fábrica no Arizona”, *Jornal Valor Econômico*, 26/07/2005.

⁷⁷ O custo desse projeto é de US\$ 3,5 bilhões e a fábrica produzirá wafers de 300 milímetros usando a tecnologia de 45nm, a partir de 2008. Serão gerados mais de 2 mil empregos e o governo de Israel está concedendo incentivos financeiros para essa nova instalação. Fonte: “Intel construirá fábrica de chip em Israel”, *Jornal Valor Econômico*, 01/12/2005.

⁷⁸ Este investimento foi realizado em 2005, com a instalação da *Fab 36* da AMD em Dresden (Alemanha). O investimento foi de US\$2,5 bilhões, destinado à produção de lâminas de silício para os processadores de 300 nm, ou seja, os *chips* de 64 *bits* mais avançados, como os Athlon 64 e Opteron. Serão gerados mil postos de trabalho diretos, além de um número ainda maior de empregos indiretos. Esta fábrica se localiza próxima à *Fab 30*, uma outra fábrica de semicondutores da AMD construída em 1997, que produz microprocessadores da geração tecnológica anterior (200 nm). Segundo a direção da AMD, Dresden venceu a disputa pela instalação da fábrica com Cingapura e Nova York graças à concessão de benefícios e à boa experiência com a fábrica anterior, além da ampla oferta de mão-de-obra qualificada a custos reduzidos disponível na região. Fonte: “Na Velha Dresden, AMD abre nova fábrica de última geração”, *Jornal Valor Econômico*, 14/10/2005.

Anexo III. Avaliação da indústria brasileira de semicondutores: lista das entrevistas realizadas e mapa com a sua localização geográfica

QUADRO 1. Lista das entrevistas realizadas

Centro/Grupo/Empresa	Localização	Entrevistados	Cargo	Justificativa
Centro de Componentes Semicondutores (CCS)	Unicamp Campinas SP	Newton Cesário Frateschi	Diretor	Desenvolve projetos na área de capacitação de projetistas de circuitos integrados
Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico (LSITEC)	POLI/USP São Paulo SP	Nilton Itiro Morinoto	Diretor	Participante da PITCE. Terá uma <i>design house</i> .
Centro de Pesquisas Renato Archer (Cenpra)	Campinas SP	Carlos I. Z. Mammana	Diretor	Participante da PITCE. Disponibilizará infra-estrutura e equipamentos para as <i>design houses</i> que forem criadas.
Instituto Eldorado	Campinas SP	Arthur Catto José Eduardo Bertuzzo Luis Rogério Gomes Loiberto Ararigboia	Superintendente Gerente de P&D Gerente de educação Gerente técnico	Participou do Programa Nacional de Microeletrônica em 2002, na capacitação de projetistas.
Pleaidés	Campinas SP	Nelson Guimarães Filho	CEO e presidente da empresa	Presta serviços de <i>design</i> (desenvolvimento de <i>softwares</i>) para a Freescale, por meio do Programa de Aliança em <i>Design</i> .
Freescale Semiconductor	Jaguariúna SP	Cesar Duenas	Gerente (longa trajetória na empresa)	<i>Design house</i> .

MAPA 1. Localização geográfica dos respectivos centros/grupos de pesquisa e empresas entrevistados



Fonte: Elaboração própria.