

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS  
DE SÃO PAULO

**AMÍLCAR KEY KIMURA**

IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES PARA A  
INDÚSTRIA BRASILEIRA DE SEMICONDUTORES  
ATRAVÉS DAS TEORIAS DE VANTAGEM COMPETITIVA  
E INVESTIMENTO INTERNACIONAL

SÃO PAULO

2005

**AMÍLCAR KEY KIMURA**

IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES PARA A  
INDÚSTRIA BRASILEIRA DE SEMICONDUTORES  
ATRAVÉS DAS TEORIAS DE VANTAGEM COMPETITIVA  
E INVESTIMENTO INTERNACIONAL

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado  
Profissional em Administração da EAESP – FGV,  
como requisito para obtenção do título de Mestre  
em Administração de Empresas.

Área de Concentração: Administração / Estratégia

Orientador: Professor Fábio Luiz Mariotto

SÃO PAULO

2005

Kimura, Amílcar Key.

Identificação de oportunidades para a indústria brasileira de semicondutores através das teorias de vantagem competitiva e investimento internacional / Amílcar Key Kimura. - 2005.

89 f.

Orientador: Fábio Luiz Mariotto.

Dissertação (MPA) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo.

1. Vantagem competitiva. 2. Semicondutores. 3. Indústria eletrônica. 4. Circuitos integrados. 5. Política industrial. 6. Tecnologia. I. Mariotto, Fábio L. II. Dissertação (MPA) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo. III. Título.

CDU 621.313

# AMÍLCAR KEY KIMURA

## IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES PARA A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE SEMICONDUTORES ATRAVÉS DAS TEORIAS DE VANTAGEM COMPETITIVA E INVESTIMENTO INTERNACIONAL

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Administração da EAESP – FGV, como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas.

Área de Concentração: Administração / Estratégia

Data de aprovação:

\_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Banca examinadora:

---

Professor Fábio Luiz Mariotto (Orientador)  
EAESP - FGV

---

Professor José Carlos Barbieri  
EAESP - FGV

---

Professor Abraham Sin Oih Yu  
FEA - USP

Dedico este trabalho à minha  
esposa Rose e às minhas filhas  
Milena e Fernanda.

# Agradecimentos

À National Semiconductors Corporation que acreditou no meu potencial, patrocinou o curso de Mestrado Profissional, e forneceu apoio necessário para que eu pudesse me dedicar nos estudos.

À minha esposa Rose, que me apoiou desde o início, quando o Mestrado era apenas um sonho e eu ainda estava me preparando para realizar os exames TOEFL e GMAT, até o esforço final para que eu pudesse concluir a dissertação no prazo limite.

Aos colegas e professores do MPA, com quem tive a oportunidade de estudar e amadurecer durante o curso – hoje são pessoas que estimo, admiro e considero amigos.

Ao Professor Fábio Luiz Mariotto, que ministrou a disciplina de *International Management*, e foi o meu orientador.

## RESUMO

O mercado mundial de semicondutores cresce vigorosamente ao longo de décadas impulsionado pela evolução tecnológica, que permitiu semicondutores de melhor performance a um custo relativamente menor. Entretanto os gastos com fábricas e P&D aumentam junto com a evolução da tecnologia, obrigando as empresas a controlar as métricas financeiras em busca da lucratividade necessária para financiar o desenvolvimento das novas tecnologias. O crescimento do mercado motivou vários países a fornecerem incentivos para atrair investimentos de semicondutores.

Este trabalho segmenta o mercado de semicondutores de acordo com as tecnologias de espessura da pastilha de silício e utiliza as principais teorias sobre vantagem competitiva e investimento internacional, para analisar os incentivos que uma empresa de semicondutores teria para estabelecer uma fábrica de difusão de *wafers* e uma operação de *design house* no Brasil.

A indústria de semicondutores brasileira está em seu estágio inicial, e existem algumas ações do governo juntamente com a iniciativa privada que apresentaram resultados positivos, entretanto é necessário reavaliar a efetividade dos incentivos oferecidos atualmente.

Existe a possibilidade do Brasil atrair empreendedores para explorar oportunidades em nichos de mercado e assim iniciar a construção de uma cadeia completa de desenho, fabricação e utilização de semicondutores no Brasil. E o papel do governo será fundamental para dar o impulso inicial.

**Palavras-chave:** Vantagem Competitiva, Semicondutores, Indústria Eletrônica, Circuitos Integrados e Política Industrial.

## ABSTRACT

Fostered by the technological evolution, the worldwide semiconductor market has been growing steadily for the last decades. It has allowed the production of better semiconductors at a price relatively lower. However the expenditures in R&D and plants increase together with this technical evolution; forcing the companies to control the financial metrics in order to generate the necessary profitability to support the development of new technologies. Many countries have been motivated by the market growth to attract foreign investments in semiconductors by using government incentives.

This essay segments the semiconductor market according to the feature dimension technology and uses the most important theories of competitive advantage and international investments to study the incentives that one company might have to establish foundry and design house activities in Brazil.

This is an early stage of Brazilian semiconductor industry and the government has a very important role as a fosterer. There are some government activities together with the private companies that already brought positive results. However it will be necessary to reevaluate the effectiveness of the current offered incentives.

There is possibility to attract entrepreneurs to take advantage of opportunities inside some market niches and therefore initiate the construction of a thorough design, production and use of semiconductors chain in Brazil. Nevertheless the government role is crucial to give the initial step.

**Key-words:** Competitive Advantage, Semiconductors, Electronic Industry, Integrated Circuits, Industrial Policy



## QUADROS

Quadro 1	- Principais tipos de semicondutores .....	18
Quadro 2	- Tecnologias de espessura da pastilha de silício .....	19
Quadro 3	- Principais processos da cadeia produtiva de semicondutores .....	21
Quadro 4	- Resumo dos processos da cadeia produtiva de semicondutores .....	23
Quadro 5	- Principais aplicações dos semicondutores .....	26
Quadro 6	- Exemplo da Lei de Moore .....	29
Quadro 7	- Investimentos de uma fábrica de 90nm .....	30
Quadro 8	- Gastos com P&D das empresas de semicondutores com ações negociadas em bolsa de valores .....	35
Quadro 9	- Lucro líquido das empresas de semicondutores com ações negociadas em bolsa de valores .....	37
Quadro 10	- Exemplo de incentivos oferecidos por alguns países .....	57
Quadro 11	- Posicionamento do Brasil em relação às Tecnologias Novas .....	62
Quadro 12	- Posicionamento do Brasil em relação às Tecnologias Plenas .....	63
Quadro 13	- Posicionamento do Brasil em relação às Tecnologias Maduras .....	65
Quadro 14	- Possibilidades do Brasil em relação às tecnologias .....	66

## GRÁFICOS

Gráfico 1	- Mercado Mundial de Semicondutores (1982 até 2008) .....	24
Gráfico 2	- Correlação entre os mercados de semicondutores e sistemas eletrônicos.....	25
Gráfico 3	- Elasticidade do mercado de semicondutores .....	26
Gráfico 4	- Evolução do número de transistores dentro de um circuito integrado .....	28
Gráfico 5	- Custo de desenvolvimento do <i>hardware</i> de um circuito integrado.....	32
Gráfico 6	- Custo total de um circuito integrado .....	34
Gráfico 7	- Exemplo de risco nas tecnologias de 0,25 $\mu$ m e 90nm.....	40
Gráfico 8	- Custo de desenvolvimento de um circuito integrado e custo do processo de design in.....	43
Gráfico 9	- Consumo de semicondutores no Brasil (Nacional vs Importado).....	83
Gráfico 10	- Fabricantes locais de semicondutores.....	84
Gráfico 11	- Participação das empresas <i>fabless</i> .....	86
Gráfico 12	- Mercado do segmento de serviços de <i>Foundry</i> .....	88

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1. LIMITAÇÃO DO TRABALHO .....	14
1.2. METODOLOGIA .....	14
<b>2. A INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES.....</b>	<b>16</b>
2.1. DEFINIÇÕES .....	16
2.2. TIPOS DE SEMICONDUTORES .....	17
2.3. PRINCIPAIS PROCESSOS .....	20
2.4. MERCADO DE SEMICONDUTORES.....	23
2.5. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA.....	27
2.6. INVESTIMENTOS EM FÁBRICAS E DEPRECIÇÃO.....	29
2.7. INVESTIMENTOS EM P&D .....	31
<b>3. BUSCA DE UM MODELO DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEL.....</b>	<b>36</b>
3.1. MERCADO DE ALTO RISCO E ALTO RETORNO .....	36
3.2. BUSCA DA LUCRATIVIDADE.....	38
3.3. POR QUE INVESTIR E FORÇAR OBSOLESCÊNCIA?.....	39
3.4. GERENCIAMENTO DOS RISCOS .....	40
3.5. PARCERIA PARA TER ACESSO ÀS NOVAS TECNOLOGIAS .....	41
<b>4. PRINCIPAIS TEORIAS SOBRE VANTAGEM COMPETITIVA E INVESTIMENTO INTERNACIONAL.....</b>	<b>44</b>
4.1. TEORIA DA VANTAGEM ABSOLUTA – SMITH (1776) .....	44
4.2. TEORIA DA VANTAGEM COMPARATIVA – RICARDO (1819) .....	45
4.3. TEORIA DOS FATORES DE INTENSIDADE E PROPORCIONALIDADE – HECKSCHER (1933) E OHLIN (1949). .....	45
4.4. TEORIA DA SOBREPOSIÇÃO DE PRODUTOS – LINDER (1961). .....	46

	11
4.5. TEORIA DO CICLO DE PRODUTO – VERNON (1966) .....	47
4.6. TEORIA DAS FONTES DE VANTAGEM COMPETITIVA NÃO TRANSFERÍVEIS – BUCKLEY E CASSON (1976), E DUNNING (1977) .....	48
4.7. TEORIA DOS MERCADOS IMPERFEITOS – HELPMAN E KRUGMAN (1985) .....	48
4.8. VANTAGEM COMPETITIVA DAS NAÇÕES – PORTER (1990) .....	49
4.9. OUTROS .....	50
<b>5. AS OPORTUNIDADES PARA O BRASIL .....</b>	<b>52</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>74</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE A – O BRASIL TINHA FÁBRICAS NO PASSADO. O QUE HOVE?.</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE B – PROGRAMA NACIONAL DE MICROELETRÔNICA.....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE C – EMPRESAS FABLESS.....</b>	<b>86</b>
<b>APÊNDICE D – FOUNDRY VENDORS.....</b>	<b>88</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Durante a elaboração deste trabalho, conversei com vários profissionais das áreas de semicondutores, da indústria de sistemas eletrônicos, de institutos de ensino e pesquisa e de órgãos do governo. Onde perguntei a todos quais eram as possibilidades do Brasil sediar uma fábrica de difusão de semicondutores para produção de circuitos integrados em larga escala. E todas as respostas foram unânimes: “- As chances do Brasil atrair tal investimento é muito remota! O Brasil tem uma série de problemas que fica muito difícil imaginar que algum investidor colocaria bilhões de dólares para montar uma fábrica de semicondutores no Brasil”.

Todos os entrevistados citavam o governo como o principal responsável pelos problemas existentes: falta estabilidade política e econômica, excesso de burocracia para importação e exportação, dificuldade para o governo controlar o *gray market*, excesso de imposto sobre a cadeia produtiva, altas taxas de juros, entre outros argumentos. E com tantos problemas ficava muito difícil imaginar que o Brasil teria condições de receber tal investimento. Parecia que a única forma de atrair investidores seria através de incentivos governamentais – que necessitariam ser suficientemente grande para compensar todos os problemas existentes.

Por um lado esta conclusão está correta, os problemas do Brasil são muitos e não há expectativa de solução no curto prazo. Mas focar somente nos problemas resulta em um forte sentimento de descrença sobre o país e não ajuda a entender os reais motivos do Brasil não receber investimentos em semicondutores.

O objetivo deste trabalho é analisar as principais características da indústria de semicondutores para verificar se o Brasil tem condições de oferecer vantagens competitivas para fábricas de difusão de *wafers* e operações de desenho de circuitos integrados – A questão dos investimentos em semicondutores tem um alto grau de complexidade e, apesar de permitir análise por diferentes pontos de vista, irei analisar esta questão pelo ponto de vista das teorias de vantagem competitiva e investimento internacional.

No Capítulo 2 serão levantadas as principais características da indústria de semicondutores, onde veremos que o mercado mundial de semicondutores cresce vigorosamente ao longo de décadas impulsionado pela evolução tecnológica, que

permitiu semicondutores de melhor performance a um custo relativamente menor. Entretanto os gastos com fábricas e P&D aumentam junto com a evolução da tecnologia e poucas empresas de semicondutores conseguirão acompanhar o ritmo de investimentos necessários.

O Capítulo 3 mostra os ganhos e as perdas elevadas que esta indústria apresenta em tempos de expansão e retração, e a preocupação das empresas em controlar as métricas financeiras em busca da lucratividade necessária para financiar o desenvolvimento das novas tecnologias. Veremos que os riscos também crescem junto com a evolução tecnológica, e como as empresas estão gerenciando estes riscos.

No Capítulo 4 será feita uma revisão bibliográfica sobre os principais estudos sobre vantagem competitiva e investimento internacional, onde veremos que existe uma evolução destas teorias, onde cada autor complementa as teorias anteriores com informações adicionais e pontos de vista diferente.

No Capítulo 5 analisaremos os principais fatores determinantes de vantagem competitiva: mão-de-obra qualificada; conhecimentos científicos; mercado interno, disponibilidade de capital e cadeia produtiva. Além destes, há ainda os incentivos governamentais e os problemas existentes no Brasil que podem influenciar nas decisões de investimento. Para facilitar o estudo das possibilidades, o mercado será segmentado de acordo com as tecnologias de espessura da pastilha de silício, e o comportamento de cada segmento será explicado com o auxílio da teoria do ciclo de produto de Vernon (1966). Este estudo mostrará que as atuais condições do Brasil não oferecem vantagem competitiva para a indústria de semicondutores; que os incentivos oferecidos pelo governo não atendem as necessidades desta indústria e; que as empresas irão optar por internalizar as informações e conhecimentos que são fontes de vantagem competitiva nas localidades onde possam ter maior controle sobre o fluxo de informações.

Desta forma as possibilidades do Brasil se restringem em 1) atrair investimento isolados das tecnologias tradicionais que são transferidas constantemente entre os países, 2) atrair investimentos nas atividades de desenho

de CI que procuram localidades que tenham baixo custo dos fatores de produção e 3) utilizar as tecnologias antigas para construção de uma cadeia produtiva no Brasil.

Novos empreendedores terão um papel importante no processo de criação de uma cadeia completa de desenho, produção e uso de semicondutores no Brasil. Entretanto veremos que existem dificuldades iniciais para serem superadas e os atuais incentivos ainda não estão beneficiando os empreendedores. Desta forma o papel do governo é fundamental para estabelecer os incentivos adequados, e realizar investimento de recursos próprios em atividades de semicondutores.

### **1.1. LIMITAÇÃO DO TRABALHO**

Os segmentos dos circuitos discretos e dos circuitos integrados bipolares não serão analisados neste trabalho, pois estes segmentos representam uma pequena parcela do mercado de semicondutores e apresentam um modelo de negócios mais simples, onde a maior vantagem competitiva deste segmento é o custo dos fatores de produção.

O escopo deste trabalho será restrito à análise da tecnologia de espessura da pastilha de silício – apesar de haver uma grande quantidade de tecnologias utilizadas na fabricação dos semicondutores – pois esta tecnologia é o principal determinante da velocidade, do consumo de energia, do nível de integração e miniaturização, e do custo dos circuitos integrados.

### **1.2. METODOLOGIA**

As informações contidas neste trabalho foram coletadas de fontes primárias e secundárias. As fontes primárias são os sites oficiais das empresas de semicondutores, os relatórios anuais aos acionistas e, opinião de profissionais que atuam nesta indústria. As fontes secundárias são os *Press Releases*, publicações em jornais e revistas e, dados estatísticos sobre o mercado de semicondutores publicados pelas principais instituições de pesquisas estatísticas como IC Insights Inc; Databeans; In-Stat MDR; IBS Inc; I Supply Corp; e Semico Research.

Os dados coletados auxiliaram no levantamento das principais características da indústria de semicondutores e o mercado foi segmentado de acordo com as tecnologias de espessura da pastilha de silício.

Para analisar a questão central foi feita uma revisão bibliográfica dos principais autores e trabalhos sobre vantagem competitiva e investimento internacional. Esta revisão serviu de base para fazer o levantamento das possibilidades do Brasil atrair investimentos em semicondutores.



## 2. A INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES

### 2.1. DEFINIÇÕES

Por se tratar de um conceito extremamente técnico, “semicondutor” é uma palavra difícil de ser conceituada. Alguns autores focam nas características físicas do material, outros no comportamento, e outros na sua utilização.

A importância e o interesse sobre os semicondutores aumentaram nos últimos anos devido ao impacto que os componentes derivados dos semicondutores têm sobre a evolução tecnológica de toda a indústria eletrônica e, portanto, mais importante que o conceito de semicondutor, é a sua aplicação direta e a sua importância sobre as economias nacionais.

**semicondutor** *sm* (*semi* + *condutor*): Cada uma das substâncias sólidas como o germânio, o silício, etc., cuja fraca condutividade elétrica não é nem metálica nem eletrolítica (Moderno Dicionário da Língua Portuguesa, MICHAELIS, 1998);

**semicondutor** (ô). [De *semi* + *condutor*.] *S.m. Fís.* Condutor elétrico, cuja resistividade decresce com a temperatura, e em que a condução de carga pode efetuar-se por elétrons ou por íons ou por buracos (Novo Dicionário da Língua Portuguesa, AURÉLIO, 1998);

**semicondutor** /ô/ *adj. s.m.* FÍS COND diz-se de ou substância com resistividade entre a de um condutor e a de um isolante, e que pode variar segundo as condições físicas a que está submetida [A condução ocorre pelo movimento dos portadores de carga, elétrons, buracos ou íons. São exemplos de semicondutores o silício e o germânio.] ETIM *semi* + *condutor*; ver *-duz-* (Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, HOUAISS et al., 2001)

**semicondutor** *s.m.* Material que conduz a eletricidade imperfeitamente e cuja resistividade decresce com o aumento da temperatura (GRANDE ENCICLOPÉDIA LAROUSSE CULTURAL, 1998)

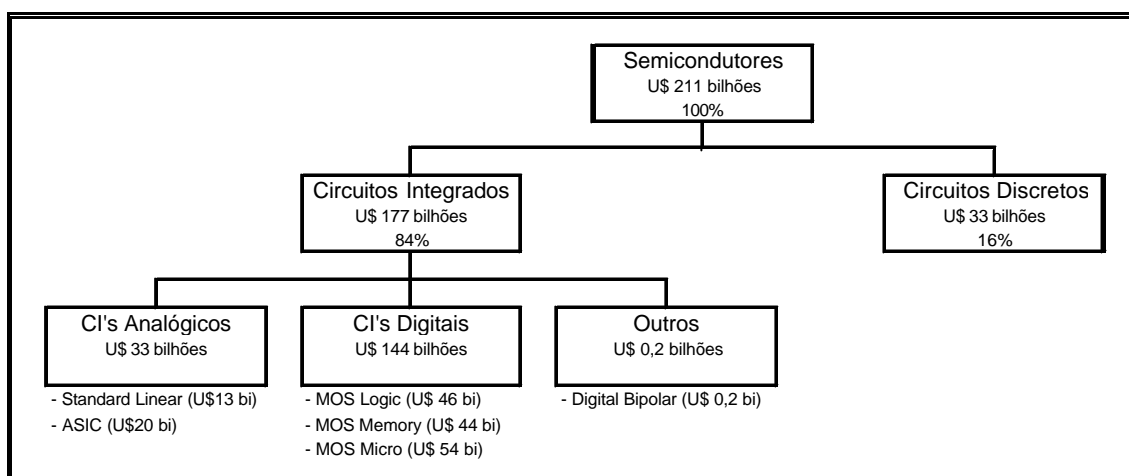
**semicondutor** Uma substância que fica a meio caminho entre os condutores e os não condutores (ou isolantes) em termos de capacidade de conduzir eletricidade. A resistência dos materiais semicondutores varia entre moderada e alta, dependendo das impurezas (dopantes) acrescentadas durante a sua fabricação. (MICROSOFT PRESS, 1993)

**semicondutor.** Semicondutores são corpos sólidos cuja condutividade elétrica se situa entre a dos metais e a dos isolantes. Sua resistividade depende fortemente da presença de impurezas e da temperatura [...] Algumas propriedades dos semicondutores, inclusive suas aplicações, são conhecidas há bastante tempo, mas só com o advento da teoria quântica e seu emprego na física do estado sólido se conseguiu uma compreensão mais detalhada das características desses materiais. A principal motivação para esse desenvolvimento surgiu com o aperfeiçoamento dos transistores [...] São exemplos de semicondutores: o germânio, o silício, o estanho alfa, o antimonieto de índio, o arseniato de gálio, o arseniato de índio, o antimonieto de alumínio, o fosfato de gálio e diversas ligas de composição variável, envolvendo os elementos acima e outros [...] A introdução de uma impureza em quantidade muito pequena (um átomo de impureza para  $10^8$  átomos de corpo puro) altera a sua condutividade. (ENCICLOPÉDIA BARSA, 1990).

## 2.2. TIPOS DE SEMICONDUTORES

É possível segmentar o mercado de semicondutores de acordo com a complexidade, a funcionalidade, a aplicação, as características internas, a tecnologia de fabricação, entre outros. Para facilitar a análise das possibilidades do Brasil receber investimentos em semicondutores, o mercado será segmentado de acordo com as tecnologias de fabricação e tecnologias de espessura da pastilha de silício. Pois esta divisão nos permite utilizar a teoria do ciclo de produto (VERNON, 1966) para analisar o comportamento de cada um dos segmentos.

O quadro abaixo descreve os principais tipos de semicondutores.



Quadro 1 - Principais tipos de semicondutores

Fonte: preparado pelo autor<sup>1</sup>

Os segmentos dos **circuitos integrados analógicos e digitais serão o foco** deste trabalho, pois além de serem responsáveis por 84% do mercado de semicondutores, estes segmentos apresentam um modelo de negócios mais atraente e uma cadeia produtiva mais complexa. Concentrando as principais evoluções tecnológicas. Os segmentos dos **circuitos discretos e circuitos integrados bipolares<sup>2</sup> não serão focos** deste trabalho, pois apresentam um modelo mais simples, e a maior vantagem competitiva destes segmentos está baseado nos baixos custos de produção.

Os segmentos dos circuitos integrados digitais e analógicos podem ser classificados de acordo com a tecnologia de espessura da pastilha de silício utilizada. Esta tecnologia tem grande influência sobre as principais características dos circuitos integrados: velocidade, consumo de energia, nível de integração e custo, mas existe o *trade off* entre estes benefícios com os altos custos para se desenvolver uma nova tecnologia (como veremos adiante).

<sup>1</sup> dados coletados de IC Insights Inc. *Market Summary by Device Type*. 2004; e IC Insights Inc. *Global IC Industry Outlook and Cycles*. 2004

<sup>2</sup> No ano de 1980 os circuitos integrados bipolares eram responsáveis por 42% do mercado mundial de semicondutores, mas com a evolução tecnológica dos componentes MOS, os circuitos bipolares estão praticamente obsoletos (IC INSIGHTS INC, 2004)

	<b>PRINCIPAIS TECNOLOGIAS</b>	<b>COMENTÁRIOS</b>
CI Digital	30nm, 45nm e 65nm	Tecnologias em desenvolvimento. Podem ser reproduzidas em laboratório, mas ainda não têm viabilidade comercial
	90nm e 0,13µm	Tecnologias que atingiram viabilidade comercial há pouco tempo.  Ainda necessita melhoria no processo produtivo para aumentar a produtividade e o aproveitamento da área útil da pastilha de silício.  A tecnologia de 0,13µm está ganhando escala de produção e a de 90nm ainda está em fase inicial
	0,15µm, 0,18µm, 0,25µm e 0,35µm	Processo tecnológico estável com grande escala de produção.  Alguns projetos estão migrando destas tecnologias para as tecnologias mais avançadas em busca de melhor performance.  Outros projetos estão migrando das tecnologias mais antigas para esta tecnologia, também para melhorar performance.
	Acima de 0,35µm	Tecnologia madura. Os projetos destas tecnologias estão migrando para as tecnologias mais modernas para melhorar competitividade.
CI Analógico	0,35µm e 0,50µm (com especialidades)	Alguns fabricantes conseguiram obter componentes de alta performance através da melhoria das tecnologias antigas.
	0,35µm e 0,50µm	Tecnologias tradicionais com grande escala de produção.  Atende adequadamente às aplicações que não necessitam de performance.
	Acima de 0,50µm	Tecnologia madura. Os projetos destas tecnologias estão migrando para as tecnologias mais modernas para melhorar competitividade.

Quadro 2 - Tecnologias de espessura da pastilha de silício

Fonte: preparado pelo autor<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Dados coletados de diversas fontes

É esperado um crescimento baixo da tecnologia de 90nm nos próximos anos, pois existe um grande desafio para se melhorar a produtividade, o aproveitamento da área útil da pastilha de silício, o processo de desenho dos novos circuitos integrados, além dos altos investimentos que são necessários por esta tecnologia (como será visto adiante).

A tecnologia de 0,13 $\mu$ m está começando a ganhar escala de produção. Somente agora os fabricantes estão conseguindo obter elevados níveis de produtividade e de aproveitamento da área útil da pastilha de silício, resultando em uma queda nos custos finais do *wafer*. Desta forma será possível atender as necessidades de custo e desempenho de várias aplicações adicionais, o que resultará no aumento do volume da utilização desta tecnologia nos próximos anos.

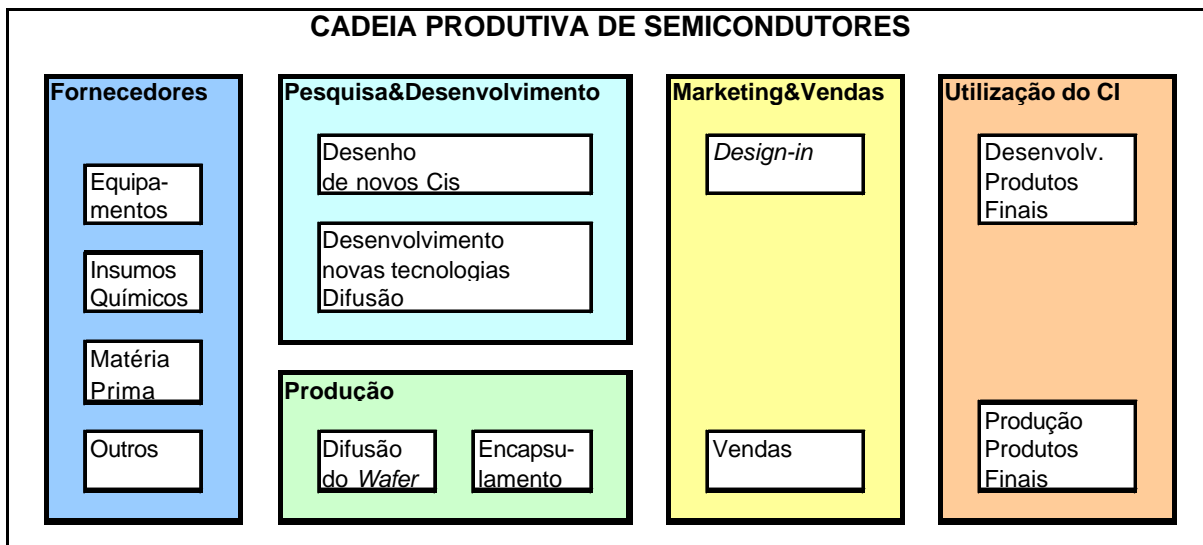
O volume das tecnologias de 0,15 $\mu$ m e 0,18 $\mu$ m de espessura de *wafer* continuarão aumentando em 2004, pois haverá migração dos projetos que utilizam as tecnologias de 0,25 $\mu$ m e 0,35 $\mu$ m para 0,18 $\mu$ m e 0,15 $\mu$ m. Estas tecnologias têm a vantagem de utilizar equipamentos e fábricas totalmente depreciadas, o que resulta em um custo de *wafer* relativamente baixo<sup>4</sup>.

### 2.3. PRINCIPAIS PROCESSOS

O diagrama abaixo ilustrar os principais processos da cadeia produtiva de semicondutores. Os processos: Fornecedores, Marketing & Vendas e Utilização do CI não serão abordados neste trabalho. Eles serão utilizados somente para ilustrar as interações dos processos de Pesquisa & Desenvolvimento e Produção.

---

<sup>4</sup> IBS Inc, *Foundry Market Trends and Strategy*, 2003.



Quadro 3 - Principais processos da cadeia produtiva de semicondutores  
Fonte: Preparado pelo autor

O processo de **Pesquisa & Desenvolvimento** é dividido em 2 sub processos: A atividade de Desenho de novo CI é realizada por *design house* (interna ou externa) que utiliza blocos lógicos e elementos eletrônicos para desenvolver novos circuitos integrados com a funcionalidade requisitada pelos clientes. Os novos projetos podem ser resultado de combinação de blocos lógicos pertencentes às bibliotecas existentes ou desenvolvimentos complexos que necessitam criar novos blocos lógicos e grande interação com clientes e laboratórios.

O Desenvolvimento de Novas Tecnologias de Difusão é uma atividade bastante complexa, que necessita de muito investimento durante prazos longos. Por exemplo: para o domínio do processo de difusão de *wafers* utilizando tecnologia de 90nm, uma empresa terá que investir mais de 10 anos em pesquisas até obter resultados economicamente viáveis. Atualmente existem novas tecnologias que já podem ser reproduzidas em laboratório (por exemplo, as tecnologias de 65nm, 45nm e 30nm de espessura), mas ainda não são viáveis economicamente.

O processo de **Produção** está dividido em dois sub processos: A Difusão de *wafers* é a atividade de produzir as pastilhas de silício em larga escala a partir da matéria prima pura. Uma pastilha de silício puro é exposta a uma seqüência de reações físicas e químicas que são aplicadas por camadas (ou *layers*). Para se obter um bom aproveitamento da área útil da pastilha de silício é necessário que o

processo de difusão seja feita em um ambiente livre de quaisquer impurezas<sup>5</sup>. É uma atividade que necessita grande investimento em instalações e equipamentos. Por exemplo, para a construção de uma nova fábrica de difusão utilizando a tecnologia de 90nm são necessários três bilhões de dólares de investimento inicial, com duração de três a quatro anos, até que se inicie a produção.

O Encapsulamento é a última etapa no processo de fabricação de um circuito integrado. Nesta etapa o prestador de serviços de encapsulamento recebe o *wafer* gravado. Separa o *wafer* em pastilhas de silício individuais. Conecta os terminais da pastilha de silício com os terminais do circuito integrado. E adiciona uma camada de epóxi para protegê-la fisicamente. É a parte mais simples do processo de produção de um circuito integrado e é muito sensível a custo.

O processo de **Marketing & Vendas** está dividido em dois sub processos: *Design-in* e Vendas. Para algumas famílias de produtos, como os processadores e ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*), o *Design-in* é o processo mais importante. Neste processo um *IC Vendor* irá trabalhar em conjunto com os clientes para desenvolver os produtos finais. É um processo de alto risco, pois uma empresa pode investir bastante recursos durante anos sem ter a garantia de retorno. Uma vez finalizado com sucesso, um *Vendor* poderá ter seus circuitos integrados utilizados até o final da vida útil do produto final. A Venda é consequência direta do *Design-in*. Se obtiver sucesso no *Design-in* terá benefício das vendas, se não for bem sucedido no *Design-in* ficará sem as vendas.

O processo de **Utilização do CI** está dividido em dois sub processos: O Desenvolvimento de Produtos Finais é uma atividade realizada pelos consumidores de circuitos integrados, é nesta fase que se define o sucesso ou fracasso das atividades de *design-in*. A Produção dos Produtos Finais é resultado direto do Desenvolvimento de Produtos Finais e utiliza como matéria prima, entre outros materiais, os circuitos integrados. É uma atividade que agrega pouco valor, e similar ao processo de encapsulamento, é muito sensível a custos.

---

<sup>5</sup> Sala Limpa: Ambiente totalmente controlado e livre de quaisquer impurezas.

<b>Processo</b>	<b>Nível Tecnológico</b>	<b>Investimento Necessário</b>	<b>Retorno</b>	<b>Risco</b>
Pesquisa & Desenvolvimento - Desenho de novos CI's - Desenvolvimento de novas tecnologias de difusão	Médio/Alto Muito Alto	Baixo Muito Alto	Alto Muito Alto	Baixo Muito Alto
Produção - Difusão do Wafer - Encapsulamento	Alto Baixo	Alto Médio	Alto Baixo	Alto Médio
Marketing/Vendas - Design Win - Vendas	Alto Baixo	Alto Baixo	Muito Alto Baixo	Muito Alto Baixo
Utilização do CI - Desenvolvimento dos produtos finais - Produção dos produtos finais	Alto Baixo	Alto Médio	Alto Baixo	Alto Médio

Quadro 4 - Resumo dos processos da cadeia produtiva de semicondutores

Fonte: Preparado pelo autor

## 2.4. MERCADO DE SEMICONDUTORES

O ramo industrial de semicondutores é relativamente jovem, em 1982 o mercado mundial era de apenas 15 bilhões de dólares. No período de 1982 até 2004 a indústria apresentou uma surpreendente taxa de crescimento médio de 13% ao ano. Estima-se que o mercado mundial de semicondutor alcance o valor de 211 bilhões de dólares em 2004 e continue crescendo a uma taxa média de 10% ao ano até 2008. Alcançando 311 bilhões de dólares em 2008 (ver gráfico a seguir).

Estas altas taxas de crescimento e a influência que a indústria de semicondutores tem sobre a competitividade e o desenvolvimento de outros ramos industriais está motivando vários países a fornecerem incentivos governamentais para atrair investimentos em semicondutores.



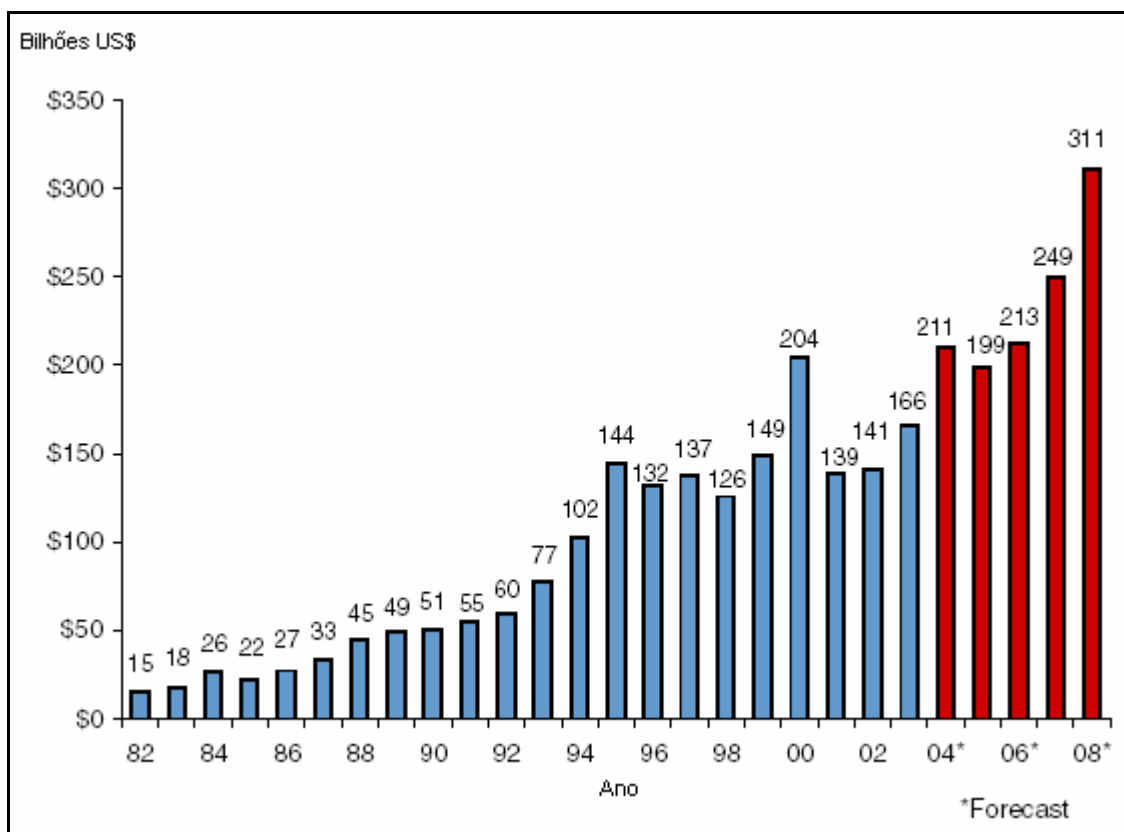


Gráfico 1 - Mercado Mundial de Semicondutores (1982 até 2008)

Fonte: IC Insights Inc, 2004, p.2.19<sup>6</sup>, Tradução Nossa

Antigamente um sistema eletrônico utilizava vários elementos – circuitos integrados, circuitos discretos, componentes passivos, componentes eletromecânicos, entre outros – onde cada elemento era responsável por realizar apenas uma função específica dentro do sistema eletrônico. Hoje a evolução da tecnologia dos semicondutores possibilitou a integração de quase todas as funcionalidades em um único circuito integrado. Segundo IC Insights Inc<sup>7</sup> os semicondutores eram responsáveis por 8% dos custos dos sistemas eletrônicos em 1984, e hoje representa 20%. A tendência é que os semicondutores atinjam a porcentagem de 25% no ano de 2008. Veja correlação entre as taxas de crescimento do mercado de semicondutores com as taxas de crescimento do mercado de sistemas eletrônicos no gráfico a seguir.

<sup>6</sup> IC Insights Inc. *Global IC Industry Outlook and Cycles*. 2004

<sup>7</sup> IC Insights Inc. *Global IC Industry Outlook and Cycles*. 2004

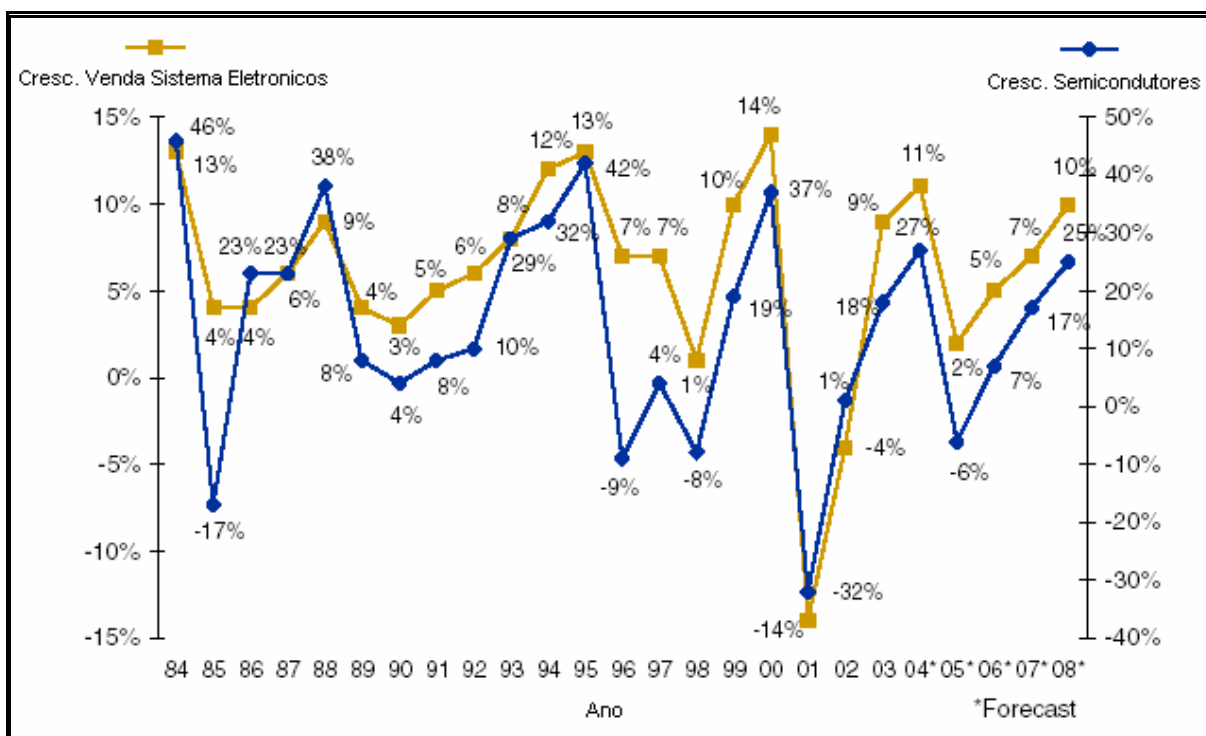


Gráfico 2 - Correlação entre os mercados de semicondutores e sistemas eletrônicos  
 Fonte: IC Insights Inc, 2004, p.2.14<sup>8</sup>, tradução nossa

A elasticidade destes mercados também sé um fator fundamental para a compreensão do comportamento destes mercados. O gráfico a seguir mostra que a cada variação positiva de 1.6% do PIB mundial, o mercado de sistemas eletrônicos cresce 7% e o mercado de semicondutores cresce 30%. E a cada variação negativa de 1.6% do PIB mundial, o mercado de sistemas eletrônicos decresce 21% e o mercado de semicondutores decresce 45%.

<sup>8</sup> IC Insights Inc. *Global IC Industry Outlook and Cycles*. 2004

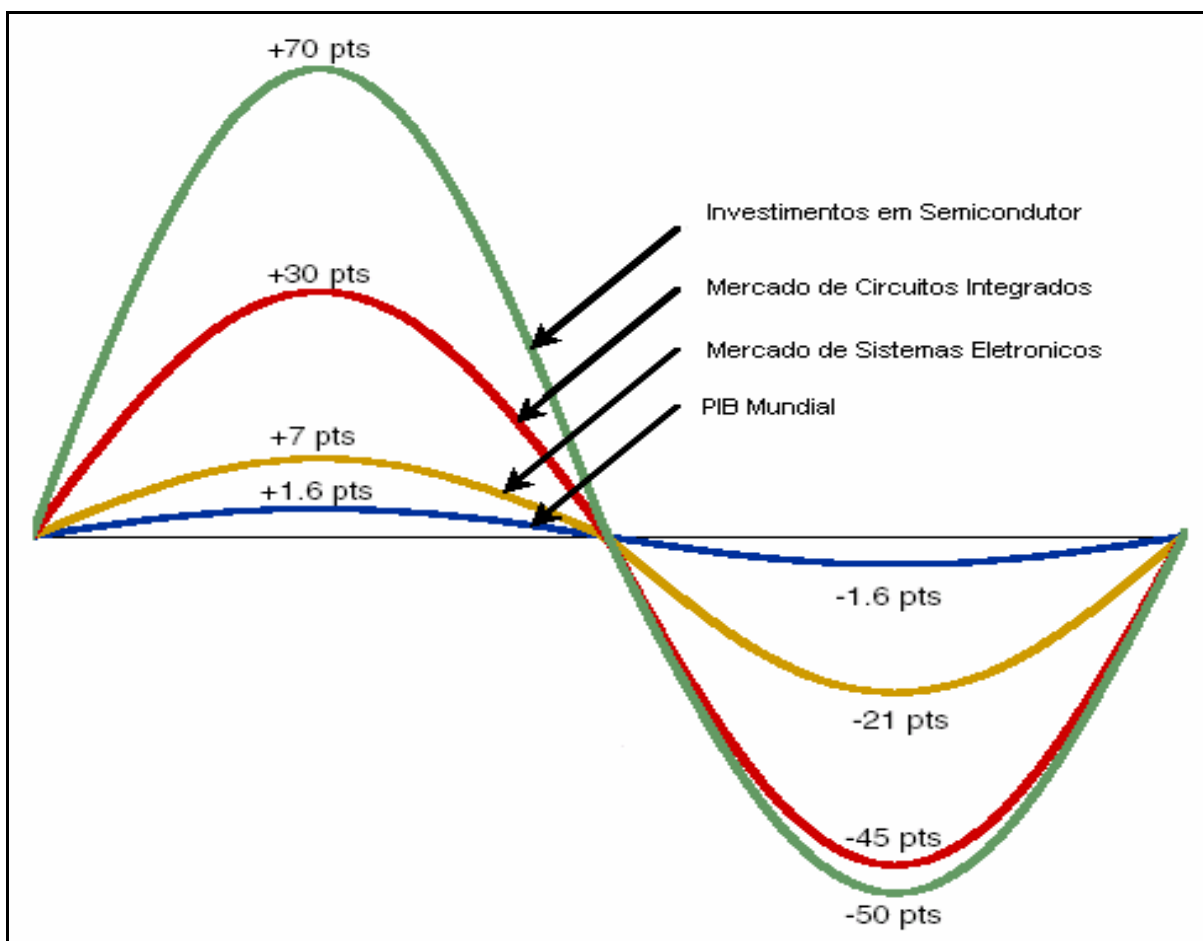


Gráfico 3 - Elasticidade do mercado de semicondutores  
 Fonte: IC Insights, Inc, 2004, p.2.23, tradução nossa

Presenciamos nos últimos anos um grande aumento no número de aquisições e fusões de empresas. Este movimento pode ser visto em grande intensidade nos principais mercados consumidores de semicondutores: os sistemas computacionais, os sistemas de comunicação, e os sistemas eletrônicos de consumo (Ver quadro a seguir).

APLICAÇÃO	PARTICIPAÇÃO
Sistemas Computacionais	45%
Sistemas de comunicação	24%
Sistemas eletrônicos de consumo	22%
Outros	9%

Quadro 5 - Principais aplicações dos semicondutores  
 Fonte: Preparado pelo autor<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Dados coletados de IBS Inc, 2003

Além da concentração do mercado consumidor de semicondutores em poucos clientes, houve a redução do número de projetos devido à utilização de plataformas globais que servem de base para vários produtos ao redor do mundo, e o aumento da vida útil dos projetos. Antigamente existiam várias oportunidades diferentes dentro de cada cliente, e hoje se limita ao desenvolvimento de poucas plataformas.

## 2.5. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

No início, o semicondutor servia apenas para substituir as válvulas. Realizava exatamente as mesmas funções, só que de forma mais eficiente. Não era incorporada nenhuma funcionalidade adicional ao sistema.

Com o avanço tecnológico, o semicondutor começou a substituir sistemas eletrônicos e mecânicos completos, além de fornecer funcionalidades adicionais ao sistema.

O sucesso dos circuitos integrados foi gerado pela habilidade dos fabricantes de continuar oferecendo mais pelo mesmo dinheiro, ou seja, a habilidade de melhorar a performance e adicionar novas funcionalidades ao mesmo tempo em que se reduzia o seu custo relativo. Existe uma teoria que foi formulada na década de 60 pelo Dr. Gordon Moore<sup>10</sup> para medir a evolução tecnológica dos circuitos integrados. De acordo com Dr. Moore, desde a descoberta do CI, o número de componentes dentro dele estava dobrando a cada ano. Era esperado que esta tendência permanecesse até o início da década de 70 quando o número de componentes passaria a dobrar após um período de 18 a 24 meses, e a partir do meio década de 70 o crescimento encerraria. Esta teoria foi nomeada de Lei de Moore. Na época todos ficaram espantados com a ousadia da Lei de Moore em predizer que tal crescimento vertiginoso continuaria por mais 5 a 10 anos. Mas a teoria de Dr. Moore estava certa com exceção de apenas um ponto. O crescimento não encerraria. A evolução da densidade dos componentes dentro de um circuito integrado não

---

<sup>10</sup> Dr Moore era Diretor de P&D da Fairchild Semiconductors

reduziu no meio da década de 70 como previsto. Ela continua dobrando a cada 18 a 24 meses desde aquela época até hoje.

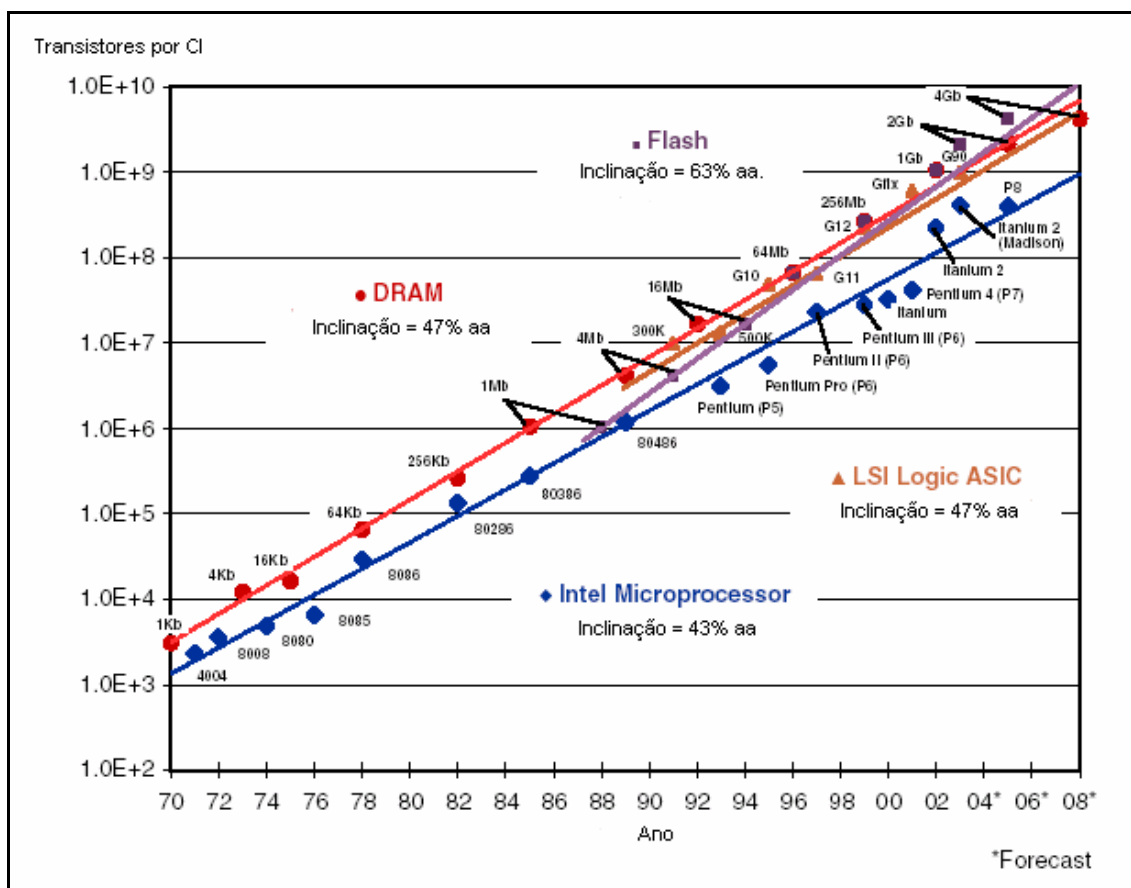


Gráfico 4 - Evolução do número de transistores dentro de um circuito integrado  
Fonte: IC Insights, Inc, 2004, p.14.3, tradução nossa

O gráfico acima mostra a proximidade do crescimento da densidade<sup>11</sup> das memórias DRAM, das memórias Flash, dos microprocessadores e do ASIC em relação à Lei de Moore. O número de transistores dentro de uma memória DRAM está crescendo a uma taxa média de 47% ao ano desde 1970 até hoje. Uma nova geração de memória DRAM geralmente tem 4 vezes a densidade da geração anterior, e a introdução de novas gerações ocorre a cada 3 ou 4 anos<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> A Densidade é medida pelo número de transistores dentro de um circuito integrado

<sup>12</sup> IC Insights Inc. *Technology Trends*. 2004.

Apesar do grande avanço tecnológico dos circuitos integrados, os preços dos circuitos integrados permanecem praticamente constantes. No quadro abaixo temos dados de 1992 até 2003. Houve um avanço significativo na performance dos circuitos integrados para computadores pessoais, e os preços tiveram apenas 2%.

<b>EXEMPLO DA LEI DE MOORE - COMPUTADORES PESSOAIS</b>			
	<b>1992</b>	<b>2003</b>	<b>Evolução</b>
Densidade de Memória	1MB	256MB	256X
Velocidade do processador	66MHz	2.8GHz	42X
Número de transistores	1.2M	55M	46X
Processo de difusão	1.0 - 0,8 $\mu$ m	0,18 $\mu$ - 0,13 $\mu$	5X
Aumento médio dos preços			2%

Quadro 6 - Exemplo da Lei de Moore

Fonte: IC Insights, Adaptação e Tradução nossa

O mercado de semicondutores apresentou elevadas taxas de crescimento devido a este grande avanço tecnológico, pois a cada nova geração de produtos havia mais clientes interessados em aproveitar os benefícios da nova geração, e pagando praticamente o mesmo preço das gerações anteriores.

Entretanto este rápido crescimento significa que a cada nova geração resulta na obsolescência da geração anterior, gerando uma situação bastante crítica para as empresas de semicondutores, pois os *Vendors* têm apenas uma janela de 3 ou 4 anos para recuperar os investimentos.

## **2.6. INVESTIMENTOS EM FÁBRICAS E DEPRECIAÇÃO**

Os custos para construção de uma fábrica de difusão de semicondutores aumentam na medida em que se utilizam tecnologias avançadas. Uma nova fábrica de difusão de *wafers* que utiliza a tecnologia de 90nm custar de 3 bilhões de dólares em investimentos iniciais e leva 3 anos para sua construção. Também serão necessários mais 1 bilhão de dólares de investimentos ao longo de 1 ano até que a fábrica atinja plena capacidade produtiva. Com o aumento dos custos para instalar

uma nova fábrica, poucas empresas conseguirão ter instalações próprias para as tecnologias de difusão mais avançadas<sup>13</sup>.

Uma empresa de semicondutores com faturamento de 4 a 8 bilhões de dólares por ano, que investe 15% de seu faturamento na construção, manutenção e modernização das fábricas, não conseguirá justificar os investimentos necessários para construção de uma nova fábrica de 90nm. Ela conseguirá apenas construir uma fábrica piloto para controlar o processo de produção e auxiliar no processo de desenho de novos circuitos integrados.

<b>Atividade</b>	<b>Investimento</b>	<b>Prazo</b>
Pesquisa e Desenvolvimento	U\$ 5 bilhões	+10 anos
Construção das instalações civis e equipamentos	U\$ 3 bilhões	3 anos
Início de produção	U\$ 1 bilhão	1 ano
Custo operacional	U\$ 600 milhões	1 ano
Depreciação	U\$ 400 milhões	1 ano

Quadro 7 - Investimentos de uma fábrica de 90nm

Fonte: Preparado pelo autor<sup>14</sup>

O custo total de uma fábrica de difusão de circuitos integrados é bastante elevado. No caso da tecnologia de 90nm temos os seguintes custos: 5 bilhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento (10 anos até estabilizar o processo e torná-la economicamente viável); 3 bilhões de dólares para construção das instalações civis e equipamentos (3 anos); 1 bilhão de dólares para *ramp up* da produção (1 ano até a fábrica atingir plena capacidade produtiva); 400 milhões de dólares anuais de depreciação e; 600 milhões de dólares anuais de custos operacionais.

O investimento para modernizar uma linha de produção também é elevado, por exemplo: a migração de uma linha de produção de 200mm para 300mm<sup>15</sup> pode

<sup>13</sup> IBS Inc. *Factor for Success in the System IC Business*. 2003.

<sup>14</sup> Dados coletados de IBS Inc. *Factor for Success in the System IC Business*. 2003.

custar meio bilhão de dólares<sup>16</sup>. As tecnologias de 200mm e 300mm têm grande influencia no preço final de um circuito integrado, pois quanto maior o diâmetro do *wafer*, mais circuitos integrados podem ser produzidos no mesmo lote. Segundo IC Insights Inc.<sup>17</sup> a Texas Instruments conseguiu obter 30% de redução nos custos utilizando a tecnologia de 300mm. Entretanto implementar *wafers* de diâmetros maiores também tem seus desafios: 1) investimentos em P&D e equipamentos são altos; 2) o custo de máscara é muito maior; 3) a produtividade de *wafers* por hora menor e; 4) o aproveitamento da área útil da pastilha de silício é menor. Portanto em médio prazo, a produção de 300mm ficará limitado a servir apenas os produtos commodities de alto volume tais como memórias DRAM e Flash ou para os circuitos integrados que necessitem de grandes áreas de *wafer*. Já existem estudos com *wafers* de 450mm, mas não é esperado que haja grande evolução antes de 2010.

## 2.7. INVESTIMENTOS EM P&D

O custo para desenvolver novos circuitos integrados cresce juntamente com a evolução da tecnologia de difusão. Veja os exemplos abaixo:

- a) os investimentos para se desenvolver uma nova arquitetura de processador de 32 bits pode custar de 50 a 200 milhões de dólares;
- b) os investimentos para se desenvolver uma nova arquitetura de processador de 64 bits pode chegar até 1 bilhão de dólares;
- c) os investimentos da Intel para criar a arquitetura do Itanium custou mais de 2 bilhões de dólares.

---

<sup>15</sup> Tecnologias de diâmetro do wafer

<sup>16</sup> IBS Inc. *Factor for Success in the System IC Business*. 2003.

<sup>17</sup> IC Insights Inc. *Technology Trends*. 2004



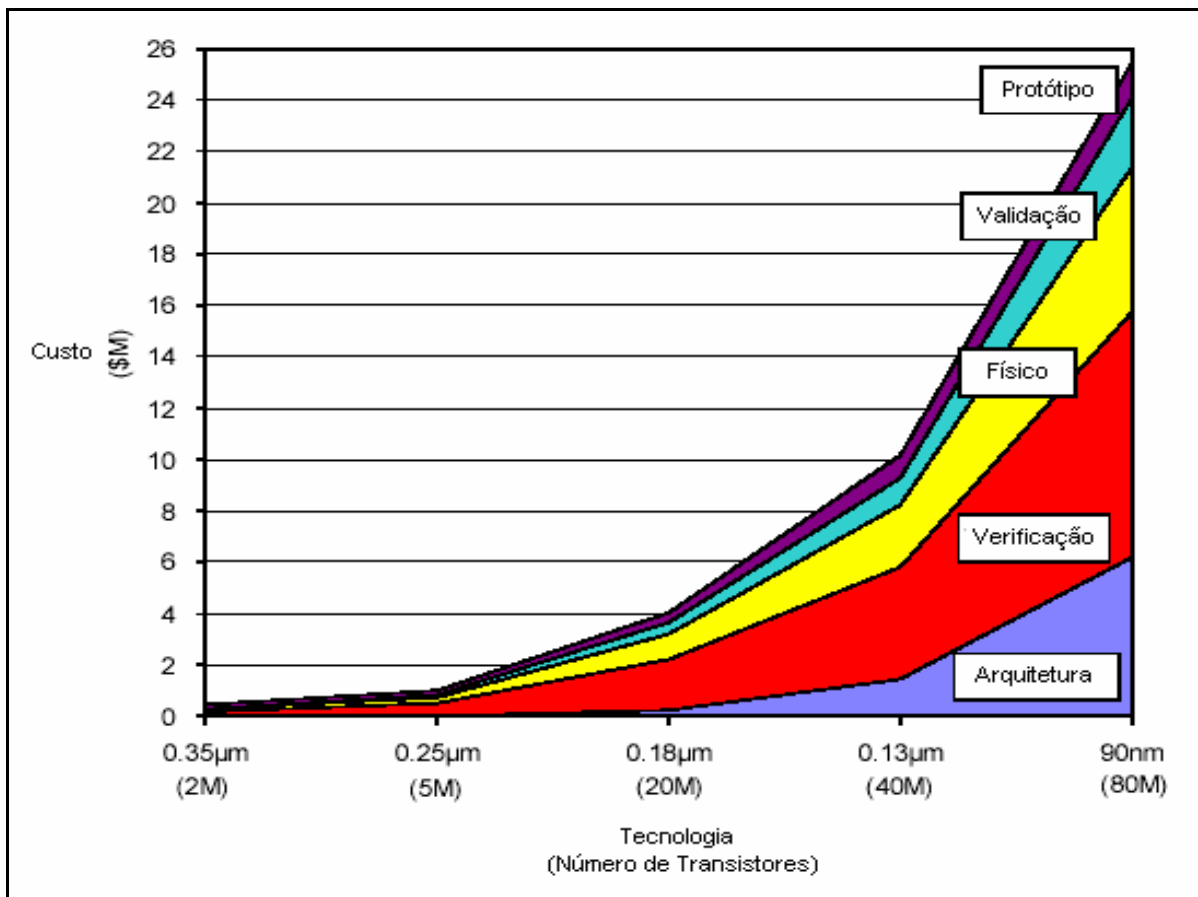


Gráfico 5 - Custo de desenvolvimento do *hardware* de um circuito integrado  
 Fonte: IBS Inc, 2003, p.2.9, tradução nossa

Os gráficos 5 e 6 mostram a composição dos custos de desenvolvimento de novos circuitos integrados. O custo cresce exponencialmente para as tecnologias mais avançadas devido à necessidade de gerenciar uma complexidade maior de elementos, do aumento do custo de máscara e prototipagem e, do aumento do custo de verificação do projeto.

Além da capacitação de gerenciar uma complexidade maior de elementos para desenvolver os circuitos integrados, também é necessário investir na capacitação para obter exatidão da execução dos projetos. Pois, devido aos altos custos de máscara e prototipagem, os projetos que não funcionam de acordo com o esperado geram grande prejuízo<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> IBS Inc. *Factor for Success in the System IC Business*. 2003.

A utilização de ASIC trouxe algumas vantagens em relação ao posicionamento junto aos clientes, entretanto resultou no aumento dos custos para desenvolver novos produtos. Geralmente um ASIC é projetado exclusivamente para atender as necessidades específicas de um único cliente / aplicação e não se consegue aproveitá-lo para outros clientes / aplicações, aumentando os custos de *NRE (Non Recurrent Engineering)*. Uma forma de reduzir os custos é utilizar a abordagem de circuitos ASSP (*Application Specific Standard Product*). O ASSP é desenvolvido utilizando a mesma metodologia do ASIC, mas é classificado como *standard products*, pois pode ser vendido para mais de um cliente. Existe um grande número de clientes que irão optar por não avançar para as tecnologias mais avançadas a fim de evitar os custos elevados destas tecnologias. E o mercado de ASIC irá perder espaço para os circuitos integrados ASSP<sup>19 20</sup>.

Hoje existem arquiteturas mistas onde as funcionalidades padrões são implementadas através de *hardware*, que podem ser reaproveitadas em vários projetos, e, as funcionalidades específicas são implementadas através de *software* (ver gráfico 6).

---

<sup>19</sup> Enquanto o mercado total de semicondutores irá crescer a uma taxa de 9% ao ano, o mercado de ASIC irá crescer apenas 4% ao ano.

<sup>20</sup> IC Insights Inc. *ASIC and SOC Market Overview*. 2004.

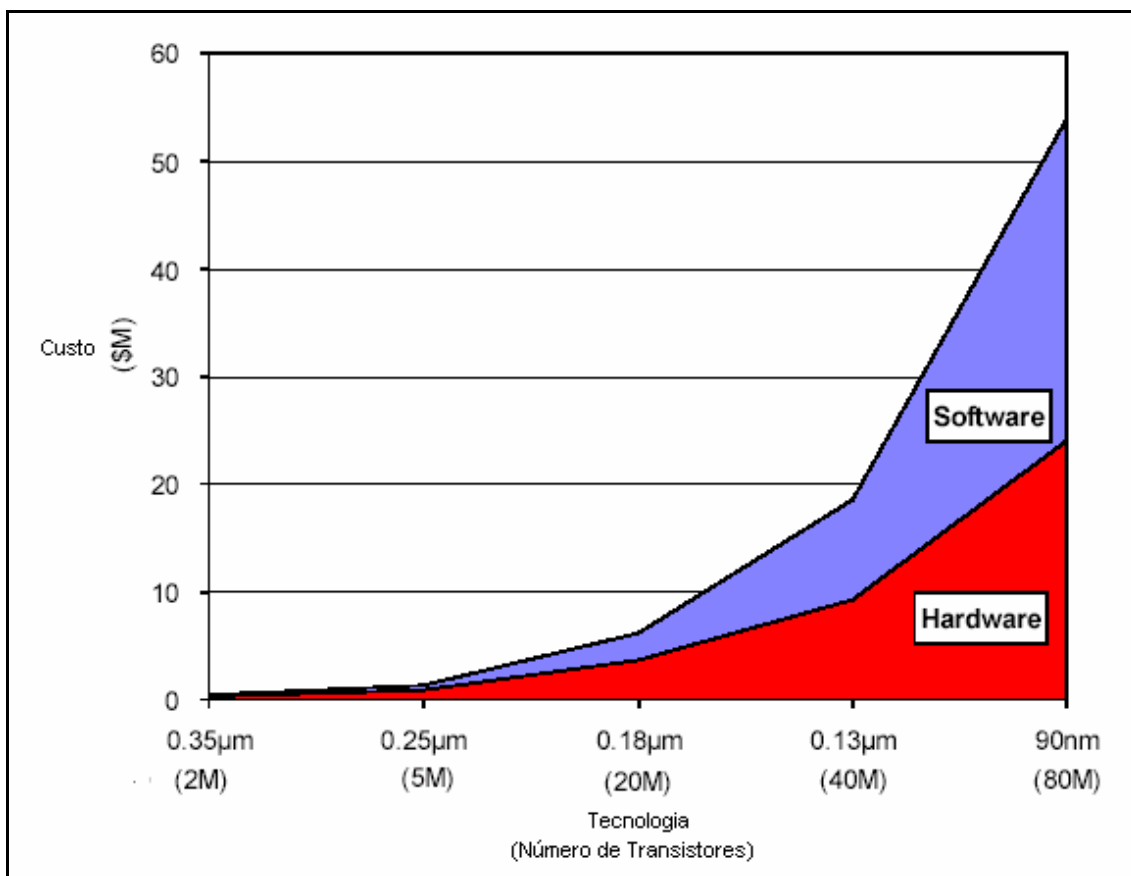


Gráfico 6 - Custo total de um circuito integrado

Fonte: IBS, Inc, 2003, p. 2.9, tradução nossa.

Segundo BS Inc<sup>21</sup>, no passado as empresas investiam em torno de 10 a 15% do faturamento em P&D. Atualmente os investimentos com P&D variam de 15% a 20%. Analisando o quadro abaixo, que mostra os investimentos de P&D realizados pelas empresas que têm ações negociadas em bolsa de valores, constatamos que no ano de 2000 a média dos investimentos foi de 13%. E nos anos seguintes esta média subiu para 18%.

<sup>21</sup> IBS Inc. *Factors for Success in the System IC Business*. 2003.

	2000		2001		2002		2003	
	Receita	P&D	Receita	P&D	Receita	P&D	Receita	P&D
<b>Actel</b>	226	16%	146	26%	134	29%	146	27%
<b>Agere System</b>	5,104	18%	3,255	0.27	2,038	30%	1,871	24%
<b>Altera</b>	1,377	13%	839	20%	712	26%	813	23%
<b>AMCC</b>	372	20%	244	64%	112	124%	88	131%
<b>AMD</b>	4,644	14%	3,892	17%	2,697	30%	3,085	27%
<b>Analog Devices</b>	3,049	15%	1,898	24%	1,782	29%	2,106	21%
<b>ATI</b>	1,290	11%	946	16%	1,077	16%	1,388	16%
<b>Atmel</b>	2,013	13%	1,472	18%	1,194	21%	1,267	20%
<b>Broadcom</b>	1,096	23%	962	46%	1,083	43%	1,508	28%
<b>Conexant</b>	2,004	22%	839	54%	625	51%	608	26%
<b>Cypress</b>	1,288	14%	819	33%	775	37%	801	30%
<b>ESS Technology</b>	303	9%	271	10%	273	10%	150	21%
<b>Fairchild</b>	1,781	5%	1,408	6%	1,412	6%	1,369	5%
<b>Infineon</b>	6,876	15%	4,386	24%	5,226	20%	5,530	18%
<b>Intel</b>	33,726	12%	26,539	14%	26,764	15%	28,533	15%
<b>Intersil</b>	713	14%	576	22%	650	20%	495	18%
<b>Lattice</b>	568	14%	295	24%	229	37%	223	39%
<b>Linear Technology</b>	887	10%	723	13%	558	15%	658	15%
<b>LSI Logic</b>	2,738	14%	1,785	28%	1,817	25%	1,640	27%
<b>Marvell</b>	144	24%	289	32%	505	29%	769	27%
<b>Maxim</b>	1,477	16%	1,203	23%	1,111	25%	1,189	23%
<b>Micron</b>	6,590	7%	2,788	18%	2,850	20%	3,208	21%
<b>National</b>	2,380	17%	1,583	28%	1,632	27%	1,673	25%
<b>NEC Electronics</b>	6,615	12%	5,160	15%	6,145	13%	6,247	15%
<b>NVIDIA</b>	735	12%	1,369	11%	1,909	12%	1,801	15%
<b>PMC Sierra</b>	695	26%	323	62%	218	63%	238	51%
<b>SanDisk</b>	602	8%	366	16%	541	12%	921	9%
<b>STMicroelectronics</b>	7,813	13%	6,357	15%	6,318	16%	6,833	17%
<b>Texas Instruments</b>	11,875	15%	8,201	20%	8,383	19%	9,419	18%
<b>TSMC</b>	5,328	3%	3,725	9%	4,654	7%	5,560	6%
<b>UMC</b>	3,183	6%	1,843	13%	1,939	10%	2,376	7%
<b>Vitesse</b>	517	20%	258	65%	159	95%	161	70%
<b>Xilinx</b>	1,559	12%	1,149	18%	1,124	19%	1,246	19%

Quadro 8 - Gastos com P&D das empresas de semicondutores com ações negociadas em bolsa de valores

Fonte: IBS Inc. 2003<sup>22</sup>. Adaptação e tradução nossa.

<sup>22</sup> IBS Inc. *Factors for Success in the System IC Business*. 2003

### 3. BUSCA DE UM MODELO DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEL

#### 3.1. MERCADO DE ALTO RISCO E ALTO RETORNO

Este ramo industrial apresenta retornos elevados quando o mercado está em expansão, e grande prejuízo quando o mercado está em retração. Vimos no gráfico 4 que a cada variação positiva de 1.6% do PIB mundial, o mercado de sistemas eletrônicos cresce 7% e o mercado de semicondutores cresce 30%. E a cada variação negativa de 1.6% do PIB mundial, o mercado de sistemas eletrônicos decresce 21% e o mercado de semicondutores decresce 45%.

O ano de 2000 foi um ano de expansão e a margem de lucro líquido média das empresas listadas no quadro abaixo foi de 22%. Entretanto no ano de 2001 o mercado foi fortemente afetado pelas conseqüências do ataque terrorista ao *World Trade Center* e pelo estouro da bolha de tecnologia<sup>23</sup>; e a margem de lucro líquido média das empresas foi de 19% de prejuízo.

---

<sup>23</sup> Expressão dada a crise do mercado de ações das empresas de tecnologia no ano de 2001.

	2000		2001		2002		2003	
	Receita	Lucro Líquido	Receita	Lucro Líquido	Receita	Lucro Líquido	Receita	Lucro Líquido
Actel	226	18%	146	-3%	134	0%	146	4%
Agere System	5,104	-3%	3,255	-153%	2,038	-78%	1,871	-14%
Altera	1,377	36%	839	-5%	712	13%	813	18%
AMCC	372	-60%	244	-1521%	112	-544%	88	-465%
AMD	4,644	21%	3,892	-2%	2,697	-48%	3,085	-14%
Analog Devices	3,049	25%	1,898	10%	1,782	8%	2,106	15%
ATI	1,290	11%	946	5%	1,077	-3%	1,388	3%
Atmel	2,013	13%	1,472	28%	1,194	-54%	1,267	-14%
Broadcom	1,096	-63%	962	-285%	1,083	207%	1,508	-80%
Conexant	2,004	-22%	839	-173%	625	-89%	608	-18%
Cypress	1,288	22%	819	-50%	775	-32%	801	-5%
ESS Technology	303	16%	271	-1%	273	14%	150	15%
Fairchild	1,781	15%	1,408	-3%	1,412	0%	1,369	9%
Infineon	6,876	17%	4,386	-24%	5,226	-14%	5,530	-9%
Intel	33,726	31%	26,539	5%	26,764	12%	28,533	16%
Intersil	713	9%	576	9%	650	0%	495	6%
Lattice	568	30%	295	-37%	229	-77%	223	-34%
Linear Technology	887	46%	723	42%	558	39%	658	40%
LSI Logic	2,738	9%	1,785	-56%	1,817	-16%	1,640	26%
Marvell	144	-163%	289	-144%	505	-14%	769	5%
Maxim	1,477	29%	1,203	18%	1,111	26%	1,189	28%
Micron	6,590	23%	2,788	-45%	2,850	34%	3,208	-40%
National	2,380	31%	1,583	-7%	1,632	-1%	1,673	-1%
NEC Electronics	6,615	5%	5,160	-8%	6,145	1%	6,247	4%
NVIDIA	735	14%	1,369	13%	1,909	5%	1,801	4%
PMC Sierra	695	11%	323	-198%	218	-30%	238	-10%
SanDisk	602	50%	366	-81%	541	7%	921	17%
STMicroelectronics	7,813	19%	6,357	4%	6,318	7%	6,833	2%
Texas Instruments	11,875	26%	8,201	-3%	8,383	-4%	9,419	10%
TSMC	5,328	39%	3,725	12%	4,654	13%	5,560	22%
UMC	3,183	48%	1,843	-5%	1,939	11%	2,376	12%
Vitesse	517	11%	258	-96%	159	-496%	161	-129%

Quadro 9 - Lucro líquido das empresas de semicondutores com ações negociadas em bolsa de valores

Fonte: IBS Inc. 2003<sup>24</sup>. Adaptação e tradução nossa.

Algumas empresas, como Broadcom, PMC-Sierra, Vitesse e AMCC, apostaram no crescimento do segmento de mercado de circuitos integrados digitais para redes de comunicação de dados. E foram buscar a tecnologia necessária para participar deste mercado através da aquisição de outras empresas. Era comum encontrar empresas comprando *start ups*, com faturamento inferior a 10 milhões de dólares, por 500 milhões de dólares e até 2 bilhões de dólares, somente para adquirir os projetos e arquiteturas de circuitos integrados digital para redes de comunicação de dados<sup>25</sup>. Estas empresas subestimaram as dificuldades deste

<sup>24</sup> IBS Inc. *Factors for Success in the System IC Business*. 2003

<sup>25</sup> IBS Inc. *Processor Trend*. 2002

mercado, e foram surpreendidos pelas conseqüências do ataque terrorista de 11 de setembro, que resultou no cancelamento de vários projetos que estavam trabalhando junto aos seus clientes<sup>26</sup>; e se frustraram na tentativa de obter uma parcela do segmento de circuitos integrados digitais para redes de comunicação de dados. E foram obrigados a absorver prejuízos enormes (Broadcom 285% de prejuízo em 2001; PMC-Sierra 198% de prejuízo em 2001; Vitesse 96%, 496% e 129% de prejuízo nos anos de 2001, 2002 e 2003; AMCC 60%, 1.521%, 544%, 456% de prejuízo nos anos de 2000, 2001, 2002 e 2003; entre outros).

Por outro lado algumas empresa apresentaram uma grande lucratividade neste mesmo cenário. Onde podemos citar a Linear Technology e a Intel que apresentaram margens de lucro líquido média superiores à 40% e 20%, respectivamente.

### **3.2. BUSCA DA LUCRATIVIDADE**

O aumento dos custos das novas tecnologias irá alterar o ambiente de negócios deste ramo industrial nos próximos anos. Haverá uma clara preocupação das empresas de semicondutores em controlar as métricas financeiras em busca de lucratividade para obter recursos para financiar os investimentos exigidos pelas novas tecnologias.

Desta forma uma empresa de semicondutores deve desenvolver um modelo de negócios que forneça uma lucratividade adequada – no mínimo 40% de margem bruta – para cobrir os custos de desenvolvimento de novos produtos e os investimentos em novas tecnologias. É esperado que os custos continuem aumentando na medida em que se aumenta a complexidade do CI e se utiliza tecnologias mais avançadas, e talvez seja necessário uma margem bruta de no mínimo 50% de margem bruta para financiar os novos produtos e futuras tecnologias. Estas empresas devem ter acesso a recursos apropriados (financeiros, técnicos e mercadológicos) para atuar de forma efetiva dentro de seus mercados, e

---

<sup>26</sup> In-Stat MDR. *Network Processors: Not just for Routers Anymore*. 2002.

aquelas que tiverem dificuldades, terão que optar por fazer parcerias para desenvolver as novas tecnologias em conjunto com outras empresas<sup>27</sup>.

A lucratividade é influenciada principalmente pelas barreiras competitivas impostas pelas patentes de Propriedade Intelectual. A tecnologia de difusão utilizada é um fator importante para competitividade, mas tem pouca influencia sobre a lucratividade. Isto explica o fato de *Vendors* de CI Analógico, que trabalham com projetos complexos nas tecnologias antigas, conseguirem maior lucratividade do que os *Vendors* de CIDigital, que trabalham com as tecnologias mais avançadas.

Outra forma de aumentar a lucratividade é através da transferência de parte da complexidade da aplicação dos sistemas eletrônicos para dentro dos circuitos integrados.

Geralmente os líderes dos segmentos de mercado conseguem obter maior lucratividade. E apresentam bons resultados mesmo nos períodos de crise. Este é o caso da Intel líder no mercado de processadores; TSMC e UMC líderes no mercado de *Foundry Vendor*; Linear Technology, Maxim e Analog Devices líderes no mercado de Analógicos de alta performance e; Altera líder no mercado de lógicas FPGA.

### 3.3. POR QUE INVESTIR E FORÇAR OBSOLESCÊNCIA?

Um fabricante de semicondutores poderia optar por esperar o máximo antes de lançar uma nova geração de produtos. Desta forma seria possível reduzir as necessidades de altos investimentos e poderia tentar maximizar o retorno sobre os investimentos realizados nas gerações anteriores. Mas esta decisão não é tão simples assim, pois na medida em que se prolonga a vida de uma geração de circuitos integrados a demanda cai acentuadamente. Se não houver evolução tecnológica, a maioria dos usuários de sistemas eletrônicos não necessitariam trocar seus aparelhos freqüentemente, e haveria uma forte queda na demanda logo após a disseminação inicial.

---

<sup>27</sup> IBS Inc. *Factor for Success in the System IC Business*. 2003.



Portanto, mesmo que os usuários não necessitem de mais performance ou *features* adicionais, as empresas têm que manter um forte ritmo de evolução tecnológica, para que os usuários troquem seus aparelhos eletrônicos.

Os clientes das empresas de semicondutores investem muito dinheiro para desenvolver novos produtos; e existe a tendência de realizar apenas pequenas melhorias incrementais para evitar os altos custos e riscos de desenvolver um novo produto. Desta forma é necessário uma grande melhora na performance do semicondutor, de pelo menos 10 vezes (20 vezes no caso de microprocessadores), para convencer os clientes em modificar suas atuais plataformas / arquiteturas.<sup>28</sup>

### 3.4. GERENCIAMENTO DOS RISCOS

Os riscos aumentam na medida em que se evolui para as tecnologias de difusão de *wafers* mais avançadas, pois nas novas tecnologias: 1) haverá uma maior complexidade de elementos; 2) aumentará os custos de desenvolvimento e; 3) reduzirá o portfólio de produtos.

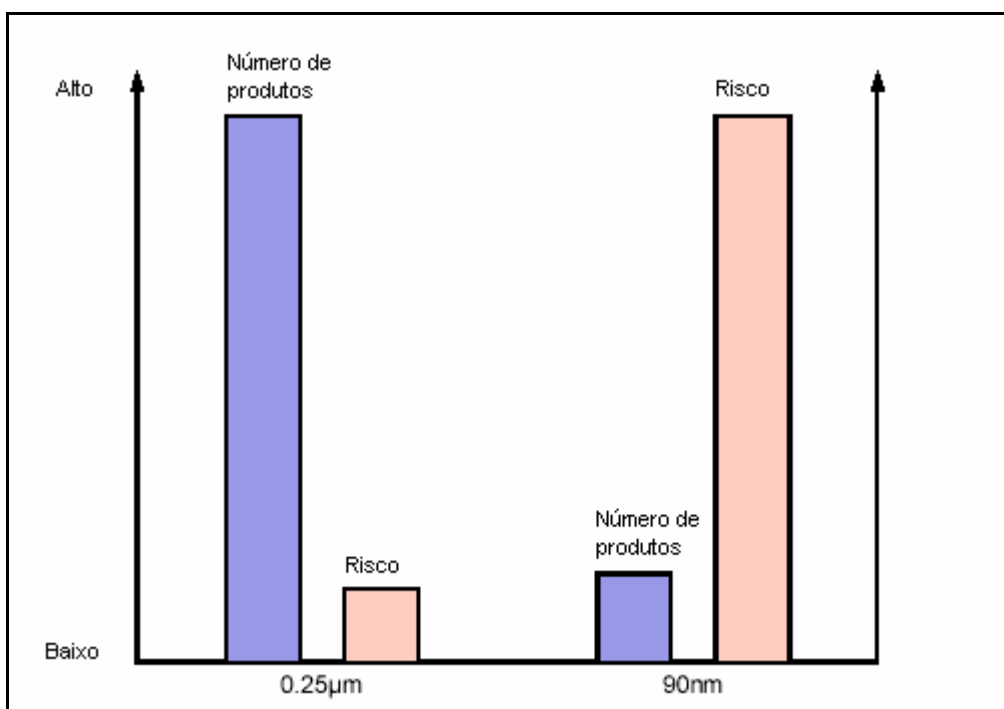


Gráfico 7 - Exemplo de risco nas tecnologias de 0,25µm e 90nm  
Fonte: IBS, Inc., 2003, p.2.15

<sup>28</sup> IBS Inc. *Processor Trend*. 2002.

O custo de desenvolvimento de CI na tecnologia de 0,25um era baixo, e não era necessário um faturamento elevado por produto para garantir o retorno sobre o investimento. Desta forma as empresas conseguem ter vários produtos em seu portfólio e diluir os riscos de um novo produto entre os vários outros produtos de seu portfólio. Entretanto na tecnologia de 90nm o custo para desenvolver um novo produto é bem mais alto, e poucos produtos conseguem obter o faturamento necessário para cobrir os investimentos, resultando na redução do portfólio de produtos. Logo os riscos aumentam significativamente nesta tecnologia, devido ao próprio aumento da complexidade da nova tecnologia, e, devido a dificuldade de diluir os riscos de um novo produto em um portfólio reduzido<sup>29</sup>.

### **3.5. PARCERIA PARA TER ACESSO ÀS NOVAS TECNOLOGIAS**

Segundo a BS Inc<sup>30</sup> somente a Intel, Samsung entre outras 3 ou 4 empresas terão capacidade financeira para realizar os investimentos necessários para ter fábricas próprias para produzir CI's na tecnologia de 45nm. O aumento dos custos das novas tecnologias fará com que poucas empresas tenham acesso as novas tecnologias. Desta forma a maioria das empresas terá que fazer parcerias para reduzir os custos de desenvolvimento e ter acesso as novas tecnologias.

Atualmente existe alguns casos de sucesso. Como por exemplo, a parceria entre a ST Microelectronics, Philips e Motorola. Ou a parceria entre LSI Logic, Agere Systems, National, Motorola e Altera. A IBM também colaborou no desenvolvimento de processos junto com a Toshiba, Sony, Infineon, Chartered e AMD. A Chartered e a IBM assinaram um acordo para desenvolvimento e manufatura das tecnologias de 90nm e 65nm, que pode ser estendido para tecnologia de 45nm.<sup>31</sup>

Os clientes consumidores de circuitos integrados estão reduzindo cada vez mais os recursos das áreas que não estão diretamente relacionadas com as

---

<sup>29</sup> IBS Inc. *Factor for Success in the System IC Business*. 2003.

<sup>30</sup> IBS Inc. *Factor for Success in the System IC Business*. 2003.

<sup>31</sup> IC Insights Inc. *Leading IC Supplier and Foundries*. 2004

atividades de marketing e P&D. A produção está sendo terceirizada para as empresas especializadas na montagem de placas, o controle de estoque e relacionamento com os fornecedores fica sob responsabilidade de empresas especializadas em logísticas de materiais, e até as atividades de vendas e pós-venda são repassadas para os distribuidores e representantes, e vários clientes estão reduzindo', inclusive, os recursos nas áreas de engenharia de desenvolvimento de novos produtos, repassando parte da responsabilidade para os fornecedores.

Este movimento é positivo para as empresa de semicondutores, pois permite incorporar funcionalidades adicionais nos circuitos integrados e trabalhar com margens de lucro maiores. Mas por outro lado resulta no aumento da complexidade e custos do processo de venda, onde se faz necessário desenvolver circuitos integrados customizados exclusivamente para atender a necessidade de apenas um cliente / aplicação. Entretanto o alto custo das novas tecnologias obriga as empresas de semicondutores a avaliar minuciosamente os riscos e as receitas potenciais dos novos produtos antes de comprometer em tais atividade<sup>32</sup> (ver gráfico a seguir).

---

<sup>32</sup> IBS Inc. *Factor for Success in the System IC Business*. 2003.

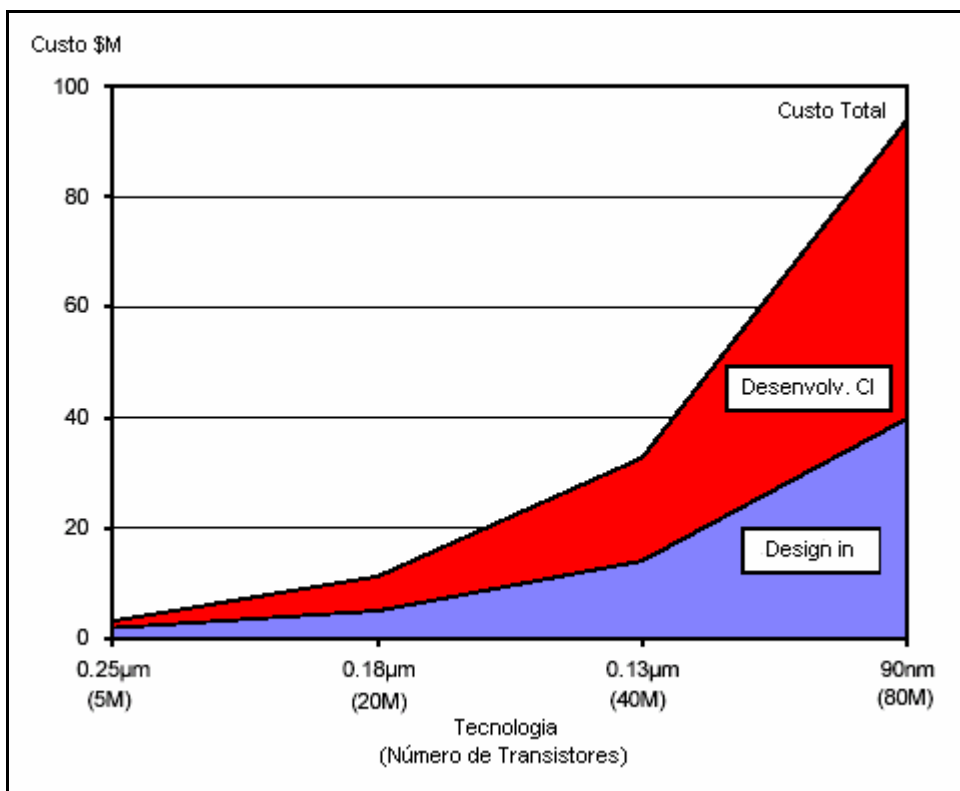


Gráfico 8 - Custo de desenvolvimento de um circuito integrado e custo do processo de design in

Fonte: IBS Inc, 2003, p.2.12, tradução nossa.

Hoje muitos *Vendors* de pequeno porte têm projetos inovadores que poderiam ter boa aceitação do mercado, mas devido ao custo total (desenvolvimento do CI + *design in*) fica muito difícil para estes *Vendors* obterem a capacidade financeira para suportar os riscos envolvendo tais investimentos. Sendo obrigado a atuar em nichos de mercado<sup>33</sup>.

<sup>33</sup> IBS Inc. *Processors Trend*. 2002.

#### 4. PRINCIPAIS TEORIAS SOBRE VANTAGEM COMPETITIVA E INVESTIMENTO INTERNACIONAL.

Neste capítulo foi feito o levantamento das principais teorias sobre vantagem competitiva e investimento internacional. Existe uma evolução nestas teorias, onde cada autor complementa as teorias anteriores com informações adicionais e pontos de vista diferentes.

##### 4.1. TEORIA DA VANTAGEM ABSOLUTA – SMITH (1776)

No livro *The Wealth of Nations*, Adam Smith (1776) analisou os processos produtivos antes e depois da Revolução Industrial. Onde constatou que antes da Revolução Industrial um trabalhador realizava todas as etapas do processo de produção sozinho e, se produzia apenas um pequeno volume, suficiente para atender suas próprias necessidades pessoais. Após à Revolução Industrial, foi introduzido o conceito de **divisão do trabalho**, e os trabalhadores tornaram-se especializados na produção de apenas uma etapa do processo produtivo. E uma fábrica necessitaria de vários trabalhadores especializados, cada um desempenhando uma função diferente. Os trabalhadores organizados conseguiam produzir um excedente de produção que era explorado pelo dono do capital.

Outro conceito importante elaborado por Adam Smith foi a vantagem absoluta. Um país teria **vantagem absoluta** caso tivesse abundância de recursos naturais e / ou de mão de obra. Desta forma as empresas que estivessem localizadas em um país que tivesse vantagem absoluta teriam condições de produzir de forma mais eficiente que os outros países e conseqüentemente seus produtos teriam maiores possibilidades de obter sucesso no mercado internacional.

Adam Smith sugeriu que, cada país deveria especializar apenas na produção de bens que era possível produzir com vantagem absoluta, pois uma nação seria capaz de exportar somente se ela fosse capaz de produzir ao menor custo do mundo.

## 4.2. TEORIA DA VANTAGEM COMPARATIVA – RICARDO (1819)

No Livro *On the Principles of Political Economy and Taxation*, David Ricardo (1819) concluiu que um país poderia possuir vantagem absoluta na produção de vários produtos. Mas, quando comparado com outros países, este país poderia ser mais eficiente na produção de alguns destes produtos e menos eficiente na produção dos outros. Desta forma este país teria o menor preço de produção apenas para os produtos que tivessem vantagem comparativa. O sucesso dos países não seria resultado das vantagens absolutas, mas sim das vantagens comparativas.

Um país conseguiria melhorar ainda mais o aproveitamento de seus recursos através da especialização da produção dos bens que tiver maior vantagem comparativa e comprar os demais produtos de outros países. Ou seja, um país poderia importar um artigo, mesmo que tivesse vantagem sobre os outros países, e, mesmo se produzisse internamente a baixo custo, caso este país tenha uma vantagem comparativa ainda maior na produção de outros artigos. Tal comércio forneceria ganho para ambos países.

Segundo esta teoria, as forças do mercado direcionariam os recursos de um país para as indústrias que tivessem maior vantagem comparativa.

## 4.3. TEORIA DOS FATORES DE INTENSIDADE E PROPORCIONALIDADE – HECKSCHER (1933) E OHLIN (1949).

A teoria de Heckscher e Ohlin considera que se existirem apenas dois fatores de produção: por exemplo, trabalho e o capital. O **fator de intensidade** seria obtido através da comparação entre estes dois fatores de produção. Dado os produtos X e Y, onde para produzir X é necessário 4 unidades de trabalho e 1 de capital. E para produzir Y é necessário 4 unidades de trabalho e 2 de capital. Logo X, apesar de utilizar a mesma quantidade de mão-de-obra, é classificado como intensivo de mão-de-obra, e Y é classificado como intensivo de capital.

De acordo com esta teoria a tecnologia pode ser transferida entre os países e, portanto não haveria diferença de produtividade entre os países. Os fatores de produção (terra, mão-de-obra, recursos naturais e capital), por sua vez, não podem

ser transferidos entre os países, e portanto a disponibilidade e os custos dos fatores de produção de cada país seriam os fatores determinantes das vantagens competitivas. E a abundância dos fatores de produção, não trazem por si só, uma vantagem competitiva, pois uma indústria somente teria vantagem competitiva se fizer uso intensivo destes fatores abundantes.

Os países deveriam produzir e exportar somente produtos que tenham vantagem competitiva e importar os demais produtos de outros países.

Ou seja, os países com mão-de-obra abundante a barata deveriam se especializar na produção e exportação de bens intensivos em mão-de-obra. Os países que têm grande disponibilidade de matéria-prima ou terra cultivável deveriam se especializar na produção e exportação dos produtos que dependem destes recursos. E um país abundante em capital deveria se especializar na produção de bens intensivos em capital.

#### **4.4. TEORIA DA SOBREPOSIÇÃO DE PRODUTOS – LINDER (1961).**

Linder (1961) analisa a questão da competitividade e dos investimentos internacionais através das características do mercado consumidor interno de cada país. Uma empresa tem possibilidade de conhecer as preferências dos consumidores que estão no mercado interno melhor do que as preferências dos consumidores que estão nos mercados externos.

Haverá sobreposição de produtos caso dois países tenham mercados interno com preferências similares, e neste caso uma empresa terá maior facilidade de vender seus produtos para os mercados externos que tenham sobreposição de produtos. E não haverá sobreposição de produtos caso dois países tenham mercados interno com preferências diferentes, e neste caso uma empresa terá maior dificuldade de vender seus produtos para mercados externos que não tenham sobreposição de produtos.

A renda per capita tem um papel importante, pois ela determina a sofisticação dos mercados. E países com renda per capita similar têm maior probabilidade de ter

sobreposição de produtos, e em países com renda per capita diferente têm menor probabilidade de ter sobreposição de produtos.

#### 4.5. TEORIA DO CICLO DE PRODUTO – VERNON (1966)

De acordo com Vernon (1966), na medida em que um produto avança em seu ciclo de vida, as exigências por conhecimento / mão-de-obra especializada e custos dos fatores de produção / mão-de-obra de baixo custo vão se alterando.

**Estágio I: Produto Novo:** As inovações tecnológicas necessitam de grandes investimentos de capital e mão-de-obra especializada. Geralmente a empresa inovadora se beneficia do poder de monopólio, obtendo altas margens de lucro para cobrir os custos de desenvolvimento. O desenvolvimento de novos produtos e o início da produção será mais eficiente se realizado próximo aos centros de P&D onde o fluxo de informação entre os diversos elos da cadeia produtiva é facilitado. Os mercados mais desenvolvidos terão vantagem competitiva.

**Estágio II: Produto pleno:** O processo de produção torna-se mais padronizado na medida em que os volumes de produção aumentam. E a necessidade por mão-de-obra especializada diminui. Surgem competidores que forçam redução nos preços e diminui as margens de lucro. Muitas empresas optam por estabelecer centros de produção localizados em países que tenham baixo custo de mão-de-obra.

**Estágio III: Produto Maduro:** Neste estágio o processo de produção torna-se completamente padronizado e não há mais necessidade de mão-de-obra especializada. A competição é acirrada, o que forçará às empresas a procurar os países de menor custos dos fatores de produção para sediar os centros produtivos. O país sede terá superávit comercial, mas as margens de lucro serão baixas.

Esta teoria analisa as decisões de investimento de acordo com o estágio do ciclo do produto. Pois na medida em que um produto avança em seu ciclo de produto as exigências dos fatores de produção vão se alterando e as vantagens competitivas vão se deslocando de um país para outro.



#### **4.6. TEORIA DAS FONTES DE VANTAGEM COMPETITIVA NÃO TRANSFERÍVEIS – BUCKLEY E CASSON (1976), E DUNNING (1977)**

Um estudo de Buckley e Casson (1976), e posteriormente Dunning (1977) introduziu o conceito de fontes de vantagem competitiva não transferíveis.

De acordo com esta teoria, muitas empresas irão optar por manter os centros de pesquisas & desenvolvimento e os centros de produção das tecnologias mais avançadas em localidades onde possam ter o total controle sobre o fluxo de informações. Através deste controle as empresa conseguirão **internalizar** as informações e conhecimentos, que são fontes de vantagem competitiva, para que não sejam transferidas para outras empresas. Ou seja, internalizar os segredos industriais, processos internos, conhecimentos especializados, conhecimento dos empregados entre outras informações confidenciais que sejam fontes de vantagem competitiva.

As empresa não irão permitir que tais informações e conhecimentos sejam transferidos para outras empresas, pois isto poderia representar uma séria ameaça para a competitividade destas empresas.

#### **4.7. TEORIA DOS MERCADOS IMPERFEITOS – HELPMAN E KRUGMAN (1985)**

Em mercados perfeitos onde haja competição perfeita, os preços são reflexo do valor imposto pela escassez dos produtos, e todas as decisões econômicas seriam baseadas nos incentivos que os preços forneceria. O preço de equilíbrio se daria quando os benefícios marginais igualaria aos custos marginais de produção. As teorias tradicionais de comércio e investimento internacional assumem que os mercado e a competição são perfeitos, assim, o mercado consiste de um grande número de pequenas empresas obtendo apenas o lucro necessário para permanecer no mercado. Neste caso o preço de equilíbrio é igual os custo marginal de produção.

Entretanto fatores como economias de escala, barreiras de entrada (necessidade de capital ou P&D) e, as patentes fazem com que os preços de equilíbrio sejam superiores ao custo marginal de produção alterando as bases para as decisões econômicas.

Krugman considera a economia de escala como um fator importante na composição dos custos de produção e nas decisões de investimento. Uma empresa tem **economia de escala interna** quando o seu custo de produção unitário depende do volume produzido internamente. Desta forma as maiores empresas terão maior economia de escala interna, menores custos, e maior potencial de monopolizar um mercado, criando um **mercado imperfeito**. E na medida em que uma empresa cresce para atingir economia de escala interna, ela acaba absorvendo uma grande quantidade de recursos disponíveis no país e limita a disponibilidade dos recursos para as outras indústrias. Desta forma um país não seria capaz fornecer recursos para produção de todos os produtos, sendo necessário especializar na produção de somente alguns produtos, e os outros países teriam oportunidade de produzir os produtos que foram abandonados.

Uma empresa tem **economia de escala externa** quando o volume de produção interno não é o fator determinante do custo unitário de produção. O custo de produção unitário depende do volume produzido por todas as empresas que fazem parte do mercado produtor de uma determinada região ou país. Um país pode dominar o mercado mundial de um determinado produto, não devido ao volume de produção de uma empresa em particular, mas devido a várias pequenas empresas que criam um mercado produtor extremamente competitivo, que as empresas sediadas em outros países não conseguem superar.

#### **4.8. VANTAGEM COMPETITIVA DAS NAÇÕES – PORTER (1990)**

Segundo Porter as empresas e economias florescem devido às pressões e desafios. Não em consequência de um ambiente tranquilo ou de incentivos externos que elimine a necessidade de melhorar constantemente. A rivalidade interna, o agrupamento, e a concentração geográfica são vitais para o aprimoramento dos

fatores porque multiplicam os centros de iniciativa, atraem massa crítica de atenção e esforço e estimulam os investimentos de instituições públicas.

Na medida em que a competição passou a usar mais intensivamente os conhecimentos, a influência do ambiente nacional tornou-se vital, e o Governo tem um importante papel na criação e aperfeiçoamento dos fatores, quer seja recursos humanos habilitados, conhecimentos científicos ou infra-estrutura. A indústria de um país estará em desvantagem se o governo não enfrentar essas responsabilidades com eficiência. É importante ter em mente que os mecanismos governamentais de criação de fatores, por si só, raramente são fonte de vantagem competitiva. Pois os esforços diretos do governo se fazem em áreas generalizadas, enquanto os fatores mais significativos para a vantagem competitiva são especializados e avançados.

Segundo o modelo “diamante” – determinante da vantagem nacional - os países tem êxito devido a 4 atributos: 1) Condições de fatores de produção: a posição do país nos fatores de produção, como trabalho especializado ou infra-estrutura. Para uma nação é muito mais importante melhorar continuamente os fatores de produção do que as suas condições iniciais; 2) condição de demanda: a natureza e as características de competição que as empresas enfrentam nestes mercados são os fatores mais importante; 3) Indústrias correlatas e de apoio: uma empresa que opera em um ambiente próximo aos fornecedores e industriais relacionados terá vantagem competitiva devido a facilidade de relacionamento entre as empresas para trabalharem em conjunto e a melhoria da comunicação e; 4) estratégia, estrutura e rivalidade das empresas: as condições que, no país, governam a maneira pela qual as empresas são criadas, organizadas, dirigidas, e a natureza da rivalidade interna.

#### **4.9. OUTROS**

Schumpeter (1950) afirmava que as empresas que tiverem sucesso na inovação de produtos e / ou processos produtivos, serão recompensados por uma vantagem temporária sobre seus concorrentes, que resultará em um poder de monopólio temporário sobre o que foi desenvolvido. Este poder de monopólio

possibilitará as empresas inovadoras a conquistar uma significativa participação de *market share* e usufruir lucros maiores.

von Hippel (1988) complementa o argumento de Schumpeter, afirmando que os retornos de uma inovação bem sucedida pode vir na forma de redução de custos, aumento dos preços, e / ou aumento das vendas durante o período que tiver poder de monopólio. Através da exploração de vários ramos industriais, Hippel constatou que na maioria dos casos são os usuários dos produtos, não os fabricantes, que identificam as necessidades e encontram soluções através da inovação. Esta constatação contradiz o conceito convencional que a maioria das inovações vêm das empresas. Este conceito convencional somente ocorre, pois os usuários inovadores não têm motivos para fazer propaganda de seu feito junto a outros consumidores, geralmente são as empresas produtoras que iniciam as atividades de propaganda.

Segundo Czinkota; Ronkaines e Moffett (2000) as decisões de investimento para montar os centros de produção não é focada exclusivamente nos menores custos dos fatores de produção ou nos maiores mercados consumidores. Uma empresa pode estar: 1) Procurando vantagens: tais como proximidade com recursos naturais; benefícios oferecidos pelos governantes; proximidade com as localidades que tenham cadeia produtiva estabelecida; segurança em países com estabilidade política e econômica; proximidade com os maiores e mais sofisticados mercados, entre outros fatores e; 2) explorando imperfeições: tais como restrições no acesso de mercado impostas por barreiras alfandegárias; ou a imobilidade de fatores como mão-de-obra, cadeias produtivas; entre outros.

## 5. AS OPORTUNIDADES PARA O BRASIL

O objetivo deste capítulo é analisar quais são as chances que o Brasil tem para atrair investimentos em *design houses* e fábricas de difusão de *wafers* para o desenvolvimento e a produção de circuitos integrados.

Esta questão tem um alto grau de complexidade e, apesar de permitir análise por diferentes pontos de vista, será analisada pelo ponto de vista das teorias de vantagem competitiva e investimento internacional levantadas no Capítulo 4.

O levantamento das características da indústria de semicondutores, feito no Capítulo 2, permitiu a identificação dos principais fatores determinantes de vantagem competitiva deste ramo industrial: mão-de-obra qualificada; conhecimentos científicos; mercado interno, disponibilidade de capital e cadeia produtiva. Além dos incentivos governamentais e dos problemas existentes no Brasil que podem influenciar nas decisões de investimento.

### **Mercado consumidor interno:**

Nas conversas que tive com profissionais de áreas relacionadas e nos artigos publicados sobre este assunto, constatei uma certa confusão sobre os fatores determinantes da vantagem competitiva. A maioria dos profissionais consideram que a maior vantagem nacional é o tamanho do mercado consumidor interno<sup>34</sup>. Entretanto de acordo com Ricardo (1819), para um país ter vantagem comparativa não basta ter um grande mercado consumidor interno em termos absolutos; é necessário que este mercado seja significativo quando comparado com os demais países. Ou seja, o Brasil possui um grande mercado consumidor interno em valores absolutos, mas ele é muito pequeno quando comparado com outros mercados mundiais, tais como a China, os Estados Unidos, o Japão e a Europa. Desta forma este mercado não representaria uma vantagem comparativa para uma empresa que tivesse operações dentro do território brasileiro.

---

<sup>34</sup> Ver quadro 5 – Principais aplicações dos semicondutores

A teoria da sobreposição de produto (LINDER, 1961) complementa as implicações da teoria da Vantagem Comparativa de Ricardo em relação à importância do mercado consumidor de semicondutor. No Brasil estas aplicações atendem a necessidade de uma camada da população de maior poder aquisitivo, que tem comportamento bastante similar aos mercados dos Estados Unidos, Japão, Europa e Ásia-Pacífico. O que resulta em uma sobreposição de produtos entre estes mercados. E de acordo com a teoria de Linder, os fabricantes que tiverem operações nos Estados Unidos, Japão, Europa e Ásia-Pacífico terão facilidade de servir ao mercado brasileiro para estas aplicações sem a necessidade de ter uma operação no Brasil. Desta forma existirá a motivação para uma empresa de semicondutores estabelecer suas operações próximo aos maiores e mais sofisticados mercados – dos Estados Unidos, Japão, Europa e Ásia-Pacífico – e utilizar os mesmos produtos para servir o Brasil.

De acordo com as teorias de Ricardo e Linder, as empresas de semicondutores não teriam vantagem competitiva em estar próximo do mercado brasileiro. A vantagem competitiva existe apenas em alguns nichos de mercado, que apesar de não terem a mesma dimensão dos principais mercados consumidores de semicondutores em termos absolutos, têm um volume que é representativo mundialmente. São aplicações como automação industrial, agro-pecuária, segurança, transporte, governo, entre outros (como será visto no decorrer deste capítulo). O perfil dos fabricantes de circuitos discretos no Brasil corrobora com esta afirmação<sup>35</sup>.

### **Mão-de-obra qualificada:**

O Programa Nacional de Microeletrônica desenvolvido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (ver APÊNDICE B) sugere a interligação dos cursos de engenharia, física e computação de 17 universidades brasileiras para a formação de profissionais para atuar na atividade de desenho de circuitos integrados. Estes profissionais servirão de atrativo para as empresas multinacionais que queiram

---

<sup>35</sup> Aegis Semicondutores e Semikron atuam no mercado de bens de capital e a Heliodinâmica tem atuação junto ao governo

estabelecer operações no Brasil para aproveitar o baixo custo dos fatores de produção e realizar as atividades de menor complexidade dentro do processo de desenho de novos circuitos integrados.

O avanço dos meios de telecomunicação e as novas ferramentas de gerenciamento de banco de dados e de projetos possibilitaram a divisão do processo de desenho de um novo circuito integrado em várias partes, que podem ser realizadas simultaneamente em diferentes centros de desenvolvimento ao redor do mundo. As atividades de menor complexidade estão sendo transferidas para os centros localizados em países que tenham mão-de-obra qualificada e baixo custo dos fatores de produção e as atividades de maior complexidade continuam sendo realizadas nas localidades que tenham facilidade de interação com os clientes, mão-de-obra altamente especializada e proximidade com as cadeias produtivas. Desta forma os recursos de engenharia mais especializados estão sendo otimizados para trabalhar no desenvolvimento de arquiteturas *system level* asseguram o aumento da competitividade através da customização e diferenciação de produtos, e permite às empresas de semicondutores cobrar *price premium*.

Segundo IBS Inc<sup>36</sup>, as empresas de semicondutores estão estabelecendo centros de desenho de circuitos integrados na China e Índia para reduzir os custos de desenvolvimento. Por exemplo, o desenho de um circuito integrado que custaria 20 milhões de dólares em regiões tradicionais pode ser reduzido em mais de 50% se desenvolvido em regiões que tenham baixo custo dos fatores de produção.

O Brasil não é o país de menor custo dos fatores de produção, mas existem benefícios indiretos para uma *design house* que estiver atuando no território local. Estes benefícios são mais atrativos para empresas que fazem parte de conglomerados de empresas eletrônicas que atuam nas áreas de semicondutores e bens finais (como será visto no decorrer deste capítulo).

---

<sup>36</sup> IBS Inc. *Factor for Success in the System IC Business*. 2003

### **Cadeia produtiva de semicondutores:**

O programa nacional de microeletrônica desenvolvido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia também prevê a criação de dois centros<sup>37</sup> no Brasil para o desenvolvimento de uma cadeia de produção de semicondutores através de atividades de pesquisa & desenvolvimento e produção de circuitos integrados. Entretanto o início de operação será difícil, pois os primeiros desbravadores irão: 1) enfrentar a resistência dos clientes em relação à tecnologia brasileira; 2) estabelecer os primeiros contatos com os fornecedores para iniciar a construção de uma cadeia produtiva no Brasil; 3) trabalhar com tecnologias antigas que são pouco competitivas em termos de custo e performance e; 3) ter dificuldade de acesso à propriedade intelectual protegida por patentes ou segredo industrial.

### **Disponibilidade de capital:**

A disponibilidade de capital através de um mercado de capitais eficiente e altamente sofisticado é um fator importante nas decisões de investimentos. Veja o exemplo da NEC Corporation que estabeleceu fábricas na Europa para aumentar sua capacidade de produção – longe da matriz japonesa – devido ao fato da Europa ter mecanismo de financiamento de dívidas conversíveis, e tal mecanismo não era disponível no Japão (PORTER, 1990).

A importância da disponibilidade de capital de risco aumenta em países que têm histórico recente de instabilidade política e econômica, pois através do capital de risco as empresas de semicondutores teriam condições de minimizar os prejuízos caso ocorra problemas na economia destes países.

Hoje o Brasil tem carência de um mercado de capitais de risco (investidores locais, fundos de investimento, bolsa de valores, *venture capital*, *private equity*, entre outros). Na ausência destes mecanismo o governo deveria realizar investimentos de recursos próprios, em conjunto com a iniciativa privada, em operações estratégicas para o país.

---

<sup>37</sup> O Rio Grande do Sul seria o centro de produção e apoio para os processos na tecnologia de 0,60µm CMOS, e São Paulo seria o centro de apoio para projetos na tecnologia de 0,80µm CMOS.



### **Incentivos governamentais:**

A teoria do investimento internacional (CZINKOTA; RONKAINESS; MOFFETT, 2000) diz que as decisões de investimento não são focadas exclusivamente nos menores custos dos fatores de produção; na proximidade com os maiores mercados consumidores ou na proximidade com os centros de P&D. Uma empresa pode estar procurando vantagens oferecidas pelos Governos.

Existe um grupo de incentivos largamente utilizado por vários governos (ver quadro 10), que são baseados em: 1) renúncia fiscal<sup>38</sup>; 2) imposição de restrições alfandegárias<sup>39</sup> e 3) redução dos custos dos fatores de produção<sup>40</sup>. Estes incentivos podem trazer resultados no curto prazo, mas não criam vantagem competitiva para os países. Veja o que aconteceu na China onde o governo protegeu o mercado interno através de restrições alfandegárias e utilizou incentivos baseados na isenção de impostos para promover o desenvolvimento da indústria de semicondutores chinesa. A proteção e os incentivos aumentaram o interesse de investidores, resultando em um grande número de novos empreendimentos no território chinês. Gerando resultados positivos na cadeia produtiva de circuitos discretos e no processo de encapsulamento de circuitos integrados que utilizam tecnologia mais simples e amplamente disseminada. Entretanto nos processos de difusão de *wafers* e desenho de circuitos integrados, os resultados foram fracos, pois tais incentivos não conseguiram atrair investimentos nas tecnologias mais modernas e a maioria dos empreendimentos não resultaram em empresas competitivas mundialmente<sup>41</sup>.

O quadro a seguir descreve os principais incentivos oferecidos pelos Governos para o desenvolvimento de uma indústria de semicondutores nacional.

---

<sup>38</sup> Redução de impostos como IPI, ICMS, PIS + COFINS e Imposto de Renda.

<sup>39</sup> Imposição de alíquotas de imposto de importação para produtos que não são fabricados no Brasil ou obrigatoriedade aos fabricantes de sistemas eletrônicos utilizarem componentes fabricados no Brasil.

<sup>40</sup> Empréstimos em longo prazo com baixas taxas de juros; doações de terrenos e instalações fabris; redução de impostos na importação de máquinas, equipamentos e matéria prima.

<sup>41</sup> Isupply Corporation. *China Chips Away at the Semiconductor Packaging Industry*.

<b>PAÍS</b>	<b>INCENTIVOS</b>
<b>Índia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fundo Governamental de Custeio e Investimento de Capital;</li> <li>✓ Isenção de Imposto sobre venda por até 5 anos;</li> <li>✓ Isenção de imposto sobre importação para máquinas e equipamentos.</li> </ul>
<b>Israel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fundo Governamental de Custeio;</li> <li>✓ Doações para Pesquisa e Desenvolvimento;</li> <li>✓ Investimento do governo em ativo fixo;</li> <li>✓ Isenção de taxas e impostos por um período de 10 anos;</li> <li>✓ Doações para pequenos negócios.</li> </ul>
<b>Alemanha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fundo Governamental de Custeio;</li> <li>✓ Empréstimos Subsidiados;</li> <li>✓ Treinamento por conta do Governo;</li> <li>✓ Redução de Imposto de Renda;</li> <li>✓ Depreciação Acelerada dos Ativos Fixos;</li> <li>✓ Governo assume responsabilidade da seleção e contratação inicial.</li> </ul>
<b>Taiwan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Investimento em capital nas indústrias;</li> <li>✓ Governo criou diversos institutos de pesquisa para desenvolvimento de tecnologia de ponta;</li> <li>✓ Incentivo para atrair talentos. Ex.: engenheiros que fossem trabalhar com semicondutor estavam dispensados do serviço militar.</li> </ul>
<b>Japão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Governo licencia tecnologia estrangeira para ser usado pelas empresas</li> <li>✓ Disponibiliza capital de baixo custo e de fácil acesso</li> <li>✓ Controlou competição interna, limitou investimentos estrangeiros e obrigou transferência de tecnologia entre as empresas</li> <li>✓ Criou demanda interna para os projetos nacionais</li> </ul>
<b>Outros <sup>(1)</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Isenções de Imposto de Renda;</li> <li>✓ Doações em dinheiro, terrenos, energia, etc.</li> <li>✓ Apoio financeiro à tecnologia e ao treinamento;</li> <li>✓ Empréstimos a juros subsidiados.</li> </ul>

(1) Reino Unido, Coreia, Cingapura, Malásia e Filipinas.

Quadro 10 - Exemplo de incentivos oferecidos por alguns países

Fonte: Preparado pelo autor<sup>42</sup>

<sup>42</sup> Dados coletados do Núcleo de Pesquisa da Escola Politécnica (2002) e Borrus et. al.(1992)

Os incentivos governamentais que não geram vantagem competitiva são importantes apenas para suportar as políticas governamentais de substituição das importações, superávit comercial e geração de emprego. Mas não fortalecem as empresas e a cadeia produtiva. Existe grande possibilidade destes incentivos atrair apenas operações pouco competitivas, pois os incentivos criam um cenário artificial e resulta em um ambiente não competitivo, onde muitas empresas ficam sempre na espera de incentivos para subsidiar suas atividades. E tão logo os incentivos acabem estas empresas optam por transferir suas atividades para outras regiões – da mesma forma que ocorreu no Brasil com o fim da reserva de mercado em 1990<sup>43</sup>. Esta constatação é suportada pela teoria da vantagem competitiva das nações, onde Porter (1990) cita que as empresas e economias florescem devido às pressões e desafios, e não em consequência de um ambiente tranqüilo, ou incentivos governamentais que eliminam a necessidade de melhorar. A competitividade das nações depende da capacidade de inovação e atualização das empresas, que ocorre devido à pressão e ao desafio imposto pela competição interna.

Os incentivos governamentais mais eficientes são aqueles que melhoram as externalidades positivas e promovem o adensamento da cadeia produtiva. Seja por meios diretos, como investir na construção de laboratórios e centros de pesquisas, ou por meios indiretos, como conceder desconto de impostos para empresas que estiverem contribuindo para o adensamento da cadeia produtiva brasileira. A Lei de Informática<sup>44</sup> é o principal incentivo criado pelo governo para atuar no adensamento da cadeia produtiva do complexo eletrônico brasileiro. Várias empresas<sup>45</sup> foram atraídas pelos seus benefícios. Entretanto existe grande dificuldade para que os benefícios da Lei de Informática sejam destinados às atividades de semicondutores,

---

<sup>43</sup> No início de 1990 houveram mudanças nos procedimentos do DEPIN, e na política de comércio exterior que reduziu as restrições alfandegárias para a entrada de circuitos integrado no país. E todas as empresas de controle estrangeiro se retiraram do país.

<sup>44</sup> Lei de Informática (leis 8.248/91, 10.176/02 e 11.077/04) – Fabricantes de produtos eletrônicos beneficiados com redução do Imposto sobre Produtos Industrializados só ganham incentivo se investirem 5% do faturamento em atividades de pesquisa e desenvolvimento. Orçamento da União para o ano de 2005 estima em quase R\$1,4 bilhão a renúncia fiscal decorrente dos incentivos da lei. (Jornal Valor Econômico, 10/02/2005, pag A2).

<sup>45</sup> Os principais fabricantes de telecomunicações e informática têm operações no Brasil: Nokia, Samsung, Motorola, Siemens, IBM, HP, LG, Kyocera, Alcatel, Sony-Ericsson, Dell, entre outros

pois as empresas que recebem estes benefícios têm a liberdade de escolher as áreas de destino dos investimentos, e geralmente estes benefício estão sendo direcionados para a nacionalização dos componentes mecânicos e desenvolvimento de software.

Apenas um pequeno grupo de empresas têm condições de aproveitar os benefícios da Lei de Informática para estabelecer operações de semicondutores no Brasil. São as empresas que fazem parte de conglomerados empresariais que têm atuação nas áreas de semicondutores e bens finais<sup>46</sup>. Esta integração vertical resulta em uma situação fiscal favorável à operação brasileira de manufatura dos bens finais no caso de uma operação de semicondutores local.

Atualmente a Freescale (empresa originada da separação da divisão de semicondutores da Motorola) montou um grupo de aproximadamente 150 engenheiros de projeto para realizar atividades de desenho de circuitos integrados. no centro de desenvolvimento da Motorola na cidade de Jaguariúna/SP.

### **Problemas do Brasil que podem influenciar nas decisões de investimento:**

As teorias de vantagem competitiva e investimento internacional da revisão bibliográfica não abordam aspectos como instabilidade política, burocracia, entre outros para verificar a competitividade entre os países. Geralmente tais aspectos são consideradas como condições necessárias. Entretanto o Brasil ainda é um país em desenvolvimento, e apresenta grande carência em infra-estrutura e estabilidade macroeconômica para suportar alguns ramos industriais.

Priscilla Murphy<sup>47</sup> entrevistou várias empresas brasileiras e internacionais e levantou os principais problemas que influenciam nas decisões de investimentos destas empresas. Segue abaixo a análise dos principais itens relevantes para o ramo industrial de semicondutores.

---

<sup>46</sup> Por exemplo: Motorola, Samsung e Philips.

<sup>47</sup> Priscilla Murphy. Empresas Americanas Planejam Aumentar Investimentos no País. *Jornal o Estado de São Paulo*. 20/02/05

- a) **Instabilidade política:** o retorno dos investimentos em semicondutores ocorrem em longo prazo. É necessário que as políticas públicas permaneçam constantes. No Brasil existe o risco de um novo presidente eleito modificar as políticas públicas do mandato anterior;
- b) **Instabilidade econômica e risco de desvalorização da moeda:** a economia brasileira ainda é bastante frágil, e crises em outros países podem causar grande instabilidade econômica no Brasil;
- c) **Custo da Burocracia:** a atividade de semicondutor necessita de grande fluxo de importação e exportação de cargas. Burocracia neste processo reduz a competitividade internacional. Além das freqüentes greves nos portos, aeroportos e da receita federal que paralisa todo o comércio exterior;
- d) **Excesso de impostos:** A carga tributária do Brasil é elevada, e se faz necessário uma reforma tributária para reduzir a carga de impostos dos produtos para aumentar a competitividade internacional;
- e) **Dificuldade do governo controlar o contrabando e proteger a propriedade intelectual:** a dificuldade de o governo controlar este tipo de competição desleal desestimula os investimentos ;
- f) **Altas taxas de juros e custo do capital:** o governo oferece uma linha de crédito de juros baixos através do BNDES, mas ainda é necessário considerar os riscos de um país em desenvolvimento na composição do custo do capital;
- g) **Influência da OMC:** O Brasil necessita seguir as regras de comércio internacional estabelecidas pela OMC, isto reduz a possibilidade de incentivos que o Brasil pode oferecer.

### **Análise dos segmentos**

Para facilitar a análise das possibilidades do Brasil receber investimentos em semicondutores, foi escolhido segmentar esta indústria de acordo com as

tecnologias de espessura da pastilha de silício<sup>48 49</sup>. Esta segmentação auxilia na identificação das diferenças dos principais fatores determinantes de vantagem competitiva deste ramo industrial<sup>50</sup>. O comportamento de cada segmento será explicado com o auxílio da teoria do ciclo de produto de Vernon (1966).

- a) As tecnologias de 90nm, 0,13 $\mu$ m, 0,35 $\mu$ m com especialidades e 0,50 $\mu$ m com especialidades estão no primeiro estágio do ciclo do produto (Tecnologia Nova) e necessitam de mão-de-obra especializada; proximidade com os laboratórios; instituições de ensino; centros de pesquisa; fornecedores entre outras externalidades positivas. Estas tecnologias necessitam de investimento na melhoria do processo produtivo para conseguir elevar a produtividade e o aproveitamento da área útil da pastilha de silício. Tais atividades serão mais eficientes próximo aos centros de P&D onde o fluxo de informação entre os diversos elos da cadeia produtiva será facilitado (Ver quadro a seguir).

---

<sup>48</sup> Ver Quadro 2 – Tecnologias de espessura de pastilhas de silício

<sup>49</sup> As tecnologias de 30nm, 45nm e 65nm foram excluídas por ainda não serem comercialmente viáveis

<sup>50</sup> Mão-de-obra qualificada, conhecimentos científicos, mercado consumidor interno, disponibilidade de capital e incentivos governamentais. Conforme visto no início do capítulo.

	<b>COMENTÁRIOS</b>	<b>POSICIONAMENTO BRASIL</b>
<b>Mercado Interno</b>	Proximidade com os principais clientes melhora possibilidade de sucesso no processo de <i>design-in</i>	Os principais consumidores de semicondutores não têm operações de desenvolvimento de produtos no Brasil.
<b>Mão-de-obra qualificada</b>	Produtos ainda necessitam de grande investimento em pesquisa para melhorar o aproveitamento da área útil da pastilha do silício	O programa nacional de microeletrônica do Ministério da Ciência e Tecnologia está capacitando profissionais para atuar em atividades de desenho de circuitos integrados.  Não existe profissionais para atuar no processo de difusão de <i>wafers</i>
<b>Conhecimentos científicos</b>	Inovação e melhoria constante são fatores fundamentais	Não apresenta desenvolvimento nesta área.
<b>Disponibilidade de capital</b>	Os investimentos em fábrica de difusão de <i>wafers</i> são elevados	Carência de um mercado de capitais evoluído.
<b>Cadeia produtiva</b>	Proximidade com os laboratórios, institutos de pesquisa e fornecedores agiliza o processo de desenvolvimento tecnológico	Não apresenta uma cadeia produtiva completa
<b>Incentivos governamentais</b>	Incentivos são importantes apenas para melhorar as condições de outros fatores	Os incentivos do Brasil não melhora as condições dos fatores

Quadro 11 - Posicionamento do Brasil em relação às Tecnologias Novas

Fonte: Elaborado pelo autor

- b) As tecnologias de 0,15 $\mu$ m, 0,18 $\mu$ m, 0,25 $\mu$ m, 0,35 $\mu$ m e 0,50 $\mu$ m estão no segundo estágio do ciclo de produto (Tecnologia Plena). Estas tecnologias atingiram nível de aproveitamento do *wafers* satisfatório. O processo produtivo torna-se mais padronizado permitindo sua reprodução em outras localidades sem perda de produtividade. É necessário mão-de-obra com menor grau de especialização e também será necessário menor interação com os clientes no processo de desenvolvimento de novos produtos.

	<b>COMENTÁRIOS</b>	<b>POSICIONAMENTO BRASIL</b>
<b>Mercado Interno</b>	Os produtos tornam-se mais padronizados e reduz a necessidade de estar próximo aos principais clientes	Os principais consumidores de semicondutores não têm operações de desenvolvimento de produtos no Brasil.
<b>Mão-de-obra qualificada</b>	<p>O processo produtivo torna-se mais padronizado e pode ser reproduzido em outras localidades sem a necessidade de mão-de-obra especializada</p> <p>O processo de desenho de CI pode ser dividido em atividades de menor complexidade e repassada para regiões de baixo custos dos fatores de produção.</p>	O programa nacional de microeletrônica do Ministério da Ciência e Tecnologia está capacitando profissionais para atuar em atividades de desenho de circuitos integrados.
<b>Conhecimentos científicos</b>	Inovações ocorrem com menor frequência, e os conhecimentos científicos servem apenas como barreira de entrada.	<p>Não apresenta desenvolvimento nesta área.</p> <p>Existe a possibilidade de licenciamento.</p>
<b>Disponibilidade de capital</b>	Os investimentos em fábricas ainda continuam elevados. É muito importante a existência um mercado de capitais eficiente e sofisticado.	<p>Carência de um mercado de capitais evoluído.</p> <p>Existe linhas de crédito com juros baixos e pagamento de longo prazo.</p>
<b>Cadeia produtiva</b>	O processo produtivo torna-se mais padronizado e pode ser reproduzido em outras localidades sem a necessidade de uma cadeia produtiva completa	Não possui uma cadeia produtiva completa.
<b>Incentivos governamentais</b>	Com a redução da importância dos outros fatores, as empresas buscam outros tipos de benefícios.	Atuais incentivos são pouco efetivos para atrair investimentos.

Quadro 12 - Posicionamento do Brasil em relação às Tecnologias Plenas  
 Fonte: Eleborado pelo autor



- c) As tecnologias anteriores à  $0,50\mu\text{m}$  estão no terceiro estágio do ciclo de produto (Tecnologia Madura). O processo produtivo torna-se totalmente padronizado. As exigências por mão-de-obra especializada reduzem e não é necessário estar próximo dos centros de P&D. Os investimentos serão realizados nas localidades que tiverem os menores custos dos fatores de produção e oferecerem os maiores incentivos governamentais. O Brasil tem vantagem competitiva em relação aos países desenvolvidos, mas não em relação a países em desenvolvimento como a China e a Índia

	<b>COMENTÁRIOS</b>	<b>POSICIONAMENTO BRASIL</b>
<b>Mercado Interno</b>	Estas tecnologias são pouco competitivas em termos de preço e performance. Atuação em nicho é recomendada	O Brasil tem potenciais nichos de mercados.
<b>Mão-de-obra qualificada</b>	A exigência por mão-de-obra especializada diminui. Necessário apenas profissionais que tenham os conhecimentos fundamentais sobre o processos de semicondutores.	O programa nacional de microeletrônica do Ministério da Ciência e Tecnologia está capacitando profissionais para atuar em atividades de desenho de circuitos integrados. Há previsão de centros formação de profissionais especializados nas áreas de produção, processo e projetos.
<b>Conhecimentos científicos</b>	Tecnologia torna se totalmente padronizada	O programa nacional de microeletrônica prevê o início do empreendedorismo para formação de conhecimento científico.
<b>Disponibilidade de capital</b>	A necessidade de capital reduz, mas ainda é alto para pequenos empreendedores	Carência de um mercado de capitais evoluído.
<b>Cadeia produtiva</b>	O processo produtivo torna-se padronizado e pode ser reproduzido em outras localidades sem a necessidade de uma cadeia produtiva completa	Um dos objetivos do programa nacional de microeletrônica é a formação de uma cadeia de semicondutores completa.
<b>Incentivos governamentais</b>	Pouco interesse comercial em explorar tais tecnologias. Benefícios governamentais são importantes.	O papel do governo é fundamental Necessário adequar incentivos para o empreendedorismo

Quadro 13 - Posicionamento do Brasil em relação às Tecnologias Maduras  
Fonte: Eleborado pelo autor

De acordo com esta segmentação o Brasil teria oportunidade de atrair investimentos de tecnologias que estão nos estágio II (Tecnologia plena) e no

estágio III (Tecnologia madura). E existem poucas possibilidades de atrair investimentos que estão no estágio I (Tecnologias novas). Veja o quadro a seguir.

<b>CICLO DO PRODUTO</b>	<b>TECNOLOGIA</b>	<b>POSSIBILIDADE</b>
Estágio I Tecnologia Nova	90nm, 0,13 $\mu$ m, 0,35 $\mu$ m(especial) e 0,50 $\mu$ m(especial)	Muito difícil atrair investimentos
Estágio II Tecnologia Plena	0,15 $\mu$ m, 0,18 $\mu$ m, 0,25 $\mu$ m, 0,35 $\mu$ m e 0,50 $\mu$ m	É possível, com algumas restrições
Estágio III Tecnologia Madura	Anteriores à 0,50 $\mu$ m	Maior facilidade de atrair investimentos

Quadro 14 - Possibilidades do Brasil em relação às tecnologias

Fonte: preparado pelo autor

É importante ter em mente que o ramo industrial de semicondutores apresenta uma constante evolução tecnológica, o que altera a classificação das tecnologias em relação ao ciclo de produtos. Muito provavelmente no prazo de 1 a 2 anos a tecnologia de 0,13 $\mu$ m passará do estágio de tecnologia nova, para o estágio de tecnologia plena. Também existirão inovações tecnológicas que aumentarão a performance de algumas tecnologias, fazendo-as retornar ao estágio de tecnologia nova<sup>51</sup>. Na medida em que as tecnologias avançam em seu ciclo de produto, as exigências por conhecimento e custo dos fatores de produção vão se alterando, e desta forma as vantagens comparativas vão se deslocando entre os países (VERNON, 1966).

### **Análise das possibilidades**

Hoje as condições do Brasil em termos de mão-de-obra qualificada, conhecimentos científicos, mercado interno e cadeia produtiva não oferecem

<sup>51</sup> Maxim, Analog Devices, National Semiconductors e Linear Technology conseguem desenvolver produtos inovadores e de alta performance a partir de especialidades sobre as tecnologias tradicionais (IC INSIGHTS, 2004).

vantagem competitiva para a indústria de semicondutores – pois esta indústria é movimentada principalmente pela inovação tecnológica.

Além disso, de acordo com a teoria das fontes de vantagem competitiva não transferíveis (BUCKLEY e CASSON, 1976; DUNNING, 1977), as empresas de semicondutores irão optar por internalizar as informações e conhecimentos que são fonte de vantagem competitiva para que não sejam transferidas para outras empresas, pois isto poderia representar uma séria ameaça para a competitividade destas empresas. Desta forma irão manter os centros de pesquisa & desenvolvimento e os centros de produção das tecnologias mais avançadas em localidades onde possam ter total controle sobre o fluxo de informações.

Desta forma as possibilidades do Brasil se restringem apenas em 1) atrair investimentos isolados das tecnologias plenas (0,15 $\mu$ m, 0,18 $\mu$ m, 0,25 $\mu$ m, 0,35 $\mu$ m e 0,50 $\mu$ m) que são transferidos constantemente entre os países, 2) atrair investimentos nas atividades de desenho de circuitos integrados que procuram localidades que tenham baixo custo dos fatores de produção e 3) utilizar tecnologias antigas para iniciar a construção de uma cadeia produtiva no Brasil através do empreendedorismo.

### **Fábricas de difusão nas tecnologias de 0,15 $\mu$ m, 0,18 $\mu$ m, 0,25 $\mu$ m, 0,35 $\mu$ m e 0,50 $\mu$ m**

A tecnologias de 0,15 $\mu$ m, 0,18 $\mu$ m, 0,25 $\mu$ m, 0,35 $\mu$ m e 0,50 $\mu$ m estão sendo gradativamente substituídas pelas tecnologias de 0,13 $\mu$ m e em breve pelas de 90nm. E existe a tendência das instalações próximas dos principais centros de P&D serem alocadas para o desenvolvimento das tecnologias de 0,13 $\mu$ m e 90nm, e os equipamentos das tecnologias de 0,15 $\mu$ m, 0,18 $\mu$ m, 0,25 $\mu$ m, 0,35 $\mu$ m e 0,50 $\mu$ m serem transferidos para outras localidades.

O Brasil teria possibilidade de aproveitar este movimento para atrair uma fábrica de difusão de *wafers* para o território nacional, pois o Brasil, apesar de não ter vantagem competitiva, apresenta um equilíbrio em vários fatores que influenciam

nas decisões de investimento: mercado interno, custo dos fatores de produção e mão-de-obra qualificada.

Analisando o Quadro 12 constatamos que existe uma padronização do processo produtivo destas tecnologias, que permite a sua reprodução em outras localidades sem a perda de produtividade (a teoria dos fatores de intensidade (HECKSCHER, 1933 e OHLIN, 1949) diz que a tecnologia pode ser transferida entre os países, e portanto não haveria diferença de produtividade entre os países). Esta padronização (no processo e no produto) reduz as necessidades de mão-de-obra especializada, interação com os consumidores, conhecimentos científicos e, proximidade com uma cadeia produtiva.

Desta forma a questão principal é a disponibilidade e o custo do capital através de um mercado de capitais para investimentos de alto risco (investidores locais, *private equity*, *venture capital*, bolsa de valores, fundos de investimentos, entre outros), para dividir junto com as empresas de semicondutores as possíveis perdas caso ocorra problemas na economia brasileira.

A questão do mercado de capitais para investimento de alto risco não seria tão relevante se o mercado consumidor interno fosse suficiente para absorver toda a produção de uma fábrica de difusão de *wafers*. Pois na ausência deste mercado, as fábricas dependem do mercado externo, e uma operação brasileira pode perder a competitividade internacional e resultar em grande perda, caso ocorra problemas de instabilidade política e econômica.

Na ausência deste mercado de capitais, o governo brasileiro deveria ser mais atuante e realizar investimentos de recursos próprios, em conjunto com as empresas de semicondutores, na construção de fábricas de semicondutores no país.

## **Design houses para desenho de CI**

Tradicionalmente as atividades de desenho de CI requisitavam grande interação com os clientes, mão-de-obra altamente especializada e, proximidade com uma cadeia produtiva evoluída. Entretanto com o avanço dos meios de telecomunicação e as novas ferramentas de gerenciamento de banco de dados e de

projetos possibilitaram a divisão do processo de desenho de um circuito integrado em várias partes, que podem ser realizadas simultaneamente em diferentes centros de desenvolvimento ao redor do mundo.

As atividades de menor complexidade estão sendo transferidas para os centros localizados em países que tenham mão-de-obra qualificada e baixo custo dos fatores de produção, e as atividades de maior complexidade continuam sendo realizadas nas localidades que tenham facilidade de interação com os clientes, mão-de-obra altamente especializada e, próximo às cadeias produtivas evoluídas. Desta forma os recursos de engenharia mais especializados estão sendo otimizados para trabalhar no desenvolvimento de arquiteturas *system level* que asseguram o aumento da competitividade através da customização e diferenciação de produtos e permite às empresas de semicondutores cobrar *price premium*.

Atualmente o Brasil não fornece vantagem competitiva para realização das atividades mais complexas quando comparado com os centros mais evoluídos, e também não oferece vantagem para as atividades menos complexas quando comparado com as regiões de menor custo dos fatores de produção.

Entretanto existem benefícios fornecidos pelo programa nacional de microeletrônica e pela Lei de Informática que podem aumentar a atratividade do Brasil para receber investimentos em design houses.

O programa nacional de microeletrônica, desenvolvido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia<sup>52</sup> tem uma proposta interessante em relação à formação de profissionais para trabalhar com desenho de CI, onde seria interligado os cursos de engenharia, física, e computação de 17 universidades (UFRGS, UFSC, USP, Unicamp, Unesp, ITA, UFRJ, UFMG, EFEI, UnB, UFBa, UFPe, UFPb, UFRN, UFSM, UFPel e PUCRS) através de uma rede de comunicação para troca de experiência e realização de treinamento.

O programa prevê um grande esforço para aumentar a formação de mestres, doutores e profissionais especializados em projetos de CI que servirão de atrativo

---

<sup>52</sup> MCT-SPI. *Programa Nacional de Microeletrônica – Design. Atração, Fixação e Crescimento de Empresas de Projeto de Componentes Microeletrônicos no Brasil*. Disponível em [www.mct.gov.br/Temas/info/Palestras/ProgMicro.htm](http://www.mct.gov.br/Temas/info/Palestras/ProgMicro.htm). Acesso em 24/01/05

para empresas que queiram estabelecer atividades de projetos de CI no Brasil. Adicionalmente serão concedidos benefícios, como treinamento, financiamento, apoio técnico, bolsa de pesquisa do CNPq e incentivos da Lei da Informática, para as empresas que participarem deste programa.

Adicionalmente ao programa nacional de microeletrônica, temos os incentivos fornecidos pela Lei de Informática, mas como vimos anteriormente, existe grande dificuldade para que os benefícios da Lei de Informática sejam destinados às atividades de semicondutores, e apenas um pequeno grupo de empresas têm condições de aproveitar os benefícios da Lei de Informática para estabelecer operações de semicondutores no Brasil. São as empresas que fazem parte de conglomerados empresariais que têm atuação nas áreas de semicondutores e bens finais<sup>53</sup>. Esta integração vertical resulta em uma situação fiscal favorável à operação brasileira de manufatura de bens finais no caso de uma operação de semicondutor local. Atualmente a Freescale (empresa originada da separação da divisão de semicondutores da Motorola) montou um grupo de aproximadamente 150 engenheiros de projeto para realizar atividades de desenho de circuitos integrados no centro de desenvolvimento da Motorola na cidade de Jaguariúna/SP.

Além dos incentivos governamentais e dos benefícios fiscais indiretos na cadeia produtiva de bens finais, o Brasil tem pouca vantagem competitiva para atrair investimentos em design house

### **Investimentos em atividades de desenho e produção de circuitos integrados nas tecnologias anteriores a 0,50um**

O programa nacional de microeletrônica desenvolvido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia prevê a preparação de profissionais que estejam dispostos ao empreendedorismo. Para isto o programa prevê dois estados suporte: o Rio Grande do Sul seria o centro de produção e apoio para processos em 0,60µm CMOS, e São Paulo seria o centro de apoio a projetos em 0,80µm CMOS - Hoje existe uma grande disponibilidade de equipamentos das tecnologias antigas que são oferecidas a baixo

---

<sup>53</sup> Por exemplo: Motorola, Samsung e Philips.

custo, pois os equipamentos das tecnologias antigas estão sendo substituídos por equipamentos mais modernos devido ao fato de existir pouco interesse das principais empresas de semicondutores em continuar explorando estas tecnologias antigas por serem pouco competitivas em termos de custo e performance<sup>54</sup>.

Entretanto apesar do apoio do governo, o início de uma operação de semicondutores no Brasil será muito difícil, pois os primeiros desbravadores irão: 1) enfrentar a resistência dos clientes em relação à tecnologia brasileira; 2) estabelecer os primeiros contatos com os fornecedores para iniciar a construção de uma cadeia produtiva no Brasil; 3) trabalhar com tecnologias antigas que são pouco competitivas em termos de custo e performance e; 3) ter dificuldade de acesso à propriedade intelectual protegida por patentes ou segredo industrial.

Para evitar a concorrência de produtos que utilizam tecnologias mais competitivas, os empreendedores deverão atuar em pequenas oportunidades que não sejam atrativas para os principais *IC Vendors*, localizadas em nichos de mercado. As principais vantagens da estratégia de nicho são o baixo investimento inicial e a maior fidelidade dos clientes. E a maior desvantagem é a falta de competitividade para atuarem em aplicações de grande volume.

Existe um grande dilema para o início do empreendedorismo no Brasil. Hoje os equipamentos do centro de produção do Rio Grande do Sul estão parados pois não existem empreendedores / clientes. Mas por outro lado os investidores não têm motivação para arriscar no empreendedorismo em atividades de semicondutores por não ter equipamentos em funcionamento no Brasil.

Logo é necessária atuação do governo brasileiro para resolver este impasse e gerar demanda para os desenvolvimentos realizados no território brasileiro. Veja o caso da China, onde o governo investe nas operações de difusão de *wafers* no território chinês para possibilitar o adensamento da cadeia de produção<sup>55</sup>.

Também será necessário repensar os incentivos governamentais, pois hoje os principais incentivos governamentais são direcionados às grandes empresas e

---

<sup>54</sup> A Freescale doou para o governo brasileiro equipamentos para equiparar um laboratório de difusão de semicondutores utilizando a tecnologia de 0,60µm.

<sup>55</sup> IBS Inc. *Foundry Market Trends and Strategic Implications*. 2003.



aos mercados de telecomunicações e informática e não trazem benefícios ou incentivos para os nichos de mercado em utilizar componentes ou tecnologia desenvolvida no Brasil.

Segue abaixo alguns exemplos de potenciais nichos de mercado que se beneficiariam de uma operação de produção de local CI's em pequena escala no Brasil.

- a) Equipamentos de segurança: Hoje existe a procura por vários tipos de aparelhos para proteção do patrimônio e da segurança das pessoas: alarmes de carro, portão elétrico, câmeras de vídeo, cercas elétricas, etiquetas eletrônicas, monitoramento e rastreamento de cargas via satélite, sistemas de gravação de imagem, entre outros. A criatividade dos assaltantes faz com que a indústria de segurança do Brasil seja uma das mais evoluídas;
- b) Transporte: a extensão do território brasileiro e a necessidade de movimentação de grande quantidade de carga tornam o Brasil um grande consumidor de veículos de transporte e aplicações logísticas para os meios aéreo, marítimo e terrestre;
- c) Governo e empresas estatais: As empresas estatais também deveriam ser utilizadas neste processo, pois existe a possibilidade de desenvolver circuitos integrados para aplicações específicas de perfuração de petróleo (Petrobrás), monitoração da qualidade das águas (Sabesp), previsão do tempo, aplicações para educação, entre outros. Veja o exemplo do governo japonês que criou a demanda inicial para os primeiros aparelhos de fax estabelecendo que todos os departamentos públicos japoneses deveriam utilizar o sistema de fax para trocar documentos (BORRUS et al, 1992);
- d) Equipamentos para monitoração e controle de animais: A pecuária brasileira encontra entre as mais fortes do mundo. Visando atender a este mercado, está emergindo no Brasil uma aplicação de monitoração e controle de animais, onde se grava todas as informações importantes do animal em um CI conectado ao um sistema central através de comunicação sem fio. Esta aplicação permite melhorar os processos de criação, engorda, controle de

doenças e alimentação. Aumentando ainda mais a competitividade deste ecossistema;

- e) Máquinas agrícolas: colheitadeiras, tratores, plantadeiras, selecionador de grãos entre outros equipamentos. Hoje estes equipamentos utilizam circuitos integrados de outras aplicações que são adaptados para atender as necessidades destas máquinas.

O importante da estratégia de empreendedorismo, não é o retorno financeiro das atividades de semicondutores, é resolver o impasse inicial e dar impulso para formação de uma cadeia de semicondutores completa, englobando atividades de projeto, fabricação e consumo de semicondutores no Brasil.

O adensamento da cadeia produtiva de semicondutores e a formação de profissionais especializados tornariam o Brasil mais atraente para receber outros tipos de investimentos em semicondutores.

As atividades com as tecnologias antigas não conseguirão gerar o lucro necessário para permitir que os empreendedores consigam investir em fábrica de tecnologias mais modernas. Mas existe a possibilidade futura destes empreendedores migrarem os projetos bem sucedidos para tecnologias mais modernas e utilizar os serviços de *Foundry Vendors* localizados em outros países para fabricação dos circuitos integrados projetados no Brasil.

O acesso a tecnologias mais modernas tornaria os projetos brasileiros mais competitivos, aumentando o tamanho do mercado acessível, e possibilitaria um segundo passo no processo de desenvolvimento da indústria de semicondutores brasileira, que seria criação de empresas *Fabless* competitivas mundialmente com capacidade de gerar lucros para suportar os investimentos necessários em P&D para acompanhar a evolução tecnológica.

## 6. CONCLUSÃO

A indústria de semicondutores é bastante jovem e vem crescendo a uma surpreendente taxa de crescimento ao longo de várias décadas, com a expectativa destas taxas de crescimento se manterem elevadas ainda por vários anos. Este cenário de crescimento positivo motivou vários países a fornecerem incentivos para tentar atrair investimentos de empresas de semicondutores em seus países. Historicamente o mercado mundial de semicondutores cresce 19 vezes acima das taxas de crescimento do PIB mundial em tempos de expansão. Entretanto, é preciso ter em mente que estas operações são de altíssimo risco, e o mercado de semicondutores decresce 28 vezes em relação ao PIB mundial em tempos de recessão.

A evolução tecnológica é o motor propulsor deste crescimento. Novas tecnologias permitem fabricar semicondutores de melhor performance a um custo relativamente menor, e aumentam as chances de obter sucesso junto aos clientes. Entretanto os custos de desenvolvimento aumentam na medida em que a tecnologia evolui, resultando em uma clara preocupação em controlar as métricas financeiras em busca de lucratividade, e obter os recursos necessários para financiar os investimentos exigidos pelas novas tecnologias. Hoje a indústria de semicondutores exige um modelo de negócio que forneça no mínimo 40% de margem bruta para cobrir os custos de desenvolvimento dos novos produtos e tecnologias. É esperado que os custos das novas tecnologias continuem aumentando e futuramente seja necessário no mínimo 50% de margem bruta.

Poucas empresas terão disponibilidade financeira para realizar os investimentos necessários para acompanhar a evolução da tecnologia, e muitas terão que fazer parcerias para ter acesso nas novas tecnologias ou então adotar a abordagem estratégica de empresas *fabless*, concentrando os investimentos apenas nas áreas de desenvolvimento de novos produtos e utilizando serviços externos para difusão de *wafers*.

Os riscos também aumentam junto com a evolução tecnológica, pois, além do aumento dos custos e da complexidade dos projetos, poucos produtos conseguirão atingir os volumes de produção necessários para cobrir o próprio custo

de desenvolvimento. E com um portfólio de produtos reduzido, as empresas terão dificuldades de diluir os prejuízos de um produto que não atinja o sucesso esperado. O comportamento dos clientes também contribui para aumentar os riscos, pois a tendência de fusões e aquisições estão concentrando os mercados em poucos clientes com maior poder de barganha.

As empresas de semicondutores poderiam tentar maximizar o retorno sobre os investimentos realizados nas tecnologias antigas antes de iniciar o desenvolvimento de uma nova geração de produtos. Entretanto, se não houver uma constante melhora da performance e/ou redução dos custos, que somente é proporcionada pela evolução tecnológica, a maioria dos usuários de sistemas eletrônicos não teria motivação para trocar seus aparelhos eletrônicos; e na medida em que se prolonga a vida de uma geração de circuitos integrados a sua demanda cai. Portanto, mesmo que muitos usuários não necessitem de maior *performance* ou *features* adicionais e haja um aumento dos custos e dos riscos para se trabalhar com as novas tecnologias, as empresas de semicondutores irão manter o mesmo ritmo de evolução tecnológica para motivar a troca dos equipamentos eletrônicos.

Uma estratégia para aumentar a lucratividade é agregar mais valor através de 1) transferência de parte da complexidade da aplicação dos produtos finais para dentro dos circuitos integrados, 2) diferenciação por meio da customização dos circuitos integrados para atender à necessidade exclusiva de um único cliente, 3) melhoria do processo produtivo de tecnologias tradicionais para produzir circuitos integrados de alta performance, sem ter a necessidade de utilizar as tecnologias avançadas de difusão de *wafers*<sup>56</sup>, 4) liderança dos segmentos de mercado onde atua e, 5) redução dos custos de desenvolvimento através de parcerias.

O levantamento das características da indústria de semicondutores feito no Capítulo 2 nos ajudou a identificar os principais componentes deste ramo industrial: mão-de-obra qualificada; conhecimentos científicos; mercado interno, disponibilidade de capital e, cadeia produtiva. Além destes, há ainda incentivos governamentais e os típicos problemas existentes no Brasil que podem influenciar nas decisões de investimento.

---

<sup>56</sup> Esta abordagem é adotada pelas empresas Maxim, Analog Devices e Linear Technology que atuam no segmento de CI Analógico de Alta Performance e obtém margem bruta superior a 60%.

Nas discussões que participei durante a elaboração deste trabalho, constatei muita confusão sobre as vantagens resultantes do mercado consumidor interno e sobre o papel do governo. Também encontrei muita descrença da maioria dos profissionais sobre as chances de sucesso do Brasil em atrair investimentos nas áreas de semicondutores. Tal descrença não é justificada, pois hoje o Brasil tem três empresas atuando na fabricação de circuitos discretos, uma no processo de encapsulamento e uma *design house* com atividades de desenho de circuitos integrados, mostrando que é viável o Brasil sediar operações de semicondutores.

A maioria dos profissionais consideram que a maior vantagem nacional é o tamanho do mercado consumidor interno. Entretanto, de acordo com Ricardo (1819), para um país ter vantagem comparativa não basta ter um grande mercado consumidor interno em termos absolutos; é necessário que este mercado seja significativo quando comparado com os demais países. Ou seja, o Brasil possui um grande mercado consumidor interno em valores absolutos, mas ele é muito pequeno quando comparado com outros mercados mundiais. Este argumento é complementado com a teoria da sobreposição de produto, onde Linder (1961) demonstra que fabricantes localizado em mercados similares ao mercado brasileiro, terão facilidade de servir ao mercado brasileiro sem a necessidade de ter operações no Brasil.

Também existe confusão em relação ao papel do governo e a efetividade dos incentivos. O incentivos governamentais baseados simplesmente na renúncia fiscal e na imposição de restrições alfandegárias não criam vantagem competitiva para as empresas e não trazem resultados em longo prazo. Geralmente estes incentivos criam um cenário artificial do qual resulta um ambiente não competitivo, onde muitas empresas contam com os incentivos para subsidiar suas atividades. E tão logo os incentivos acabem, estas empresas optam por transferir suas atividades para outras regiões. Estes incentivos são importantes apenas para suportar as políticas governamentais de substituição das importações, superávit comercial e geração de emprego. Mas não fortalecem as empresas por não fornecerem motivação para as empresas buscarem inovação e atualização (PORTER, 1990).

A Lei de Informática é o principal incentivo criado pelo governo para atuar no adensamento da cadeia produtiva do complexo eletrônico brasileiro. Ela poderia

criar externalidades positivas para o ramo industrial de semicondutores, entretanto hoje existe uma dificuldade para que os benefícios da Lei de Informática sejam destinadas para as atividades de semicondutores: o semicondutor é o último elo da cadeia produtiva – e o mais complexo para se desenvolver. Desta forma os benefícios estão sendo direcionados para a nacionalização de componentes mecânicos e desenvolvimento de software. Existe apenas um pequeno grupo de empresas de semicondutores que se beneficiam da Lei da Informática.

As teorias de vantagem competitiva e investimento internacional realizadas no Capítulo 4 não abordam aspectos como instabilidade política, burocracia, entre outros, para verificar a competitividade entre os países. Geralmente tais aspectos são consideradas como condições necessárias. Entretanto o Brasil ainda é um país em desenvolvimento e apresenta grande carência em infra-estrutura e estabilidade macroeconômica para suportar alguns ramos industriais. Problemas como instabilidade política; instabilidade econômica e desvalorização da moeda têm um papel fundamental nas decisões de investimento. Entretanto um mercado de capitais eficiente e altamente sofisticado consegue atenuar os impactos negativos caso ocorram crises internas e externas.

Para facilitar a análise das possibilidades do Brasil receber investimentos em semicondutores, foi escolhido segmentar esta indústria de acordo com as tecnologias de espessura da pastilha de silício: Estágio I - Tecnologias novas (90nm, 0,13 $\mu$ m, 0,35 $\mu$ m com especialidades e 0,50 $\mu$ m com especialidades); estágio II - Tecnologias plenas (0,15 $\mu$ m, 0,18 $\mu$ m, 0,25 $\mu$ m, 0,35 $\mu$ m e 0,50 $\mu$ m); estágio III - Tecnologias maduras (acima de 0,50 $\mu$ m). O comportamento de cada segmento foi analisado com o auxílio da teoria do ciclo de produto de Vernon (1966). Os quadros 11, 12 e 13 resumem o posicionamento do Brasil em relação aos principais fatores determinantes de vantagem competitiva para cada um dos segmentos.

Concluimos que as atuais condições do Brasil em termos de mão-de-obra qualificada, conhecimentos científicos, mercado interno e cadeia produtiva não oferecem vantagem competitiva para a indústria de semicondutores. Além disso, de acordo com a teoria das fontes de vantagem competitiva não transferíveis (BUCKLEY e CASSON, 1976; DUNNING, 1977), muitas empresas de semicondutores irão optar por internalizar as informações e conhecimentos, que são

fontes de vantagem competitiva, nas localidades onde possam ter maior controle sobre o fluxo de informações.

Desta forma, as possibilidades do Brasil se restringem apenas em 1) atrair investimentos isolados das tecnologias tradicionais que são transferidos constantemente entre os países, 2) atrair investimento nas atividades de desenho de CI que procuram localidades que tenham baixo custo dos fatores de produção e, 3) utilizar processos antigos para a formação de uma cadeia produtiva através do empreendedorismo.

O processo produtivo das tecnologias plenas (0,15 $\mu$ m, 0,18 $\mu$ m, 0,25 $\mu$ m, 0,35 $\mu$ m e 0,50 $\mu$ m) tornam-se mais padronizados, o que reduz as necessidades de mão-de-obra especializada, interação com os consumidores, conhecimentos científicos e, proximidade com a cadeia produtiva. E neste caso a teoria dos fatores de intensidade (HECKSCHER, 1933 e OHLIN, 1949) nos ajuda a compreender a importância de um mercado de capitais eficiente e sofisticado para atrair investimentos em fábricas de difusão de *wafers*. Na ausência deste mercado de capitais, caberia ao governo brasileiro realizar investimentos de recursos próprios, em conjunto com as empresas de semicondutores, na construção de fábricas de semicondutores no país.

O Brasil também tem condições de atrair investimentos em *design houses* que fazem projeto de CI, pois avanço dos meios de comunicação e as novas ferramentas de gerenciamento de banco de dados e projetos possibilitam a divisão do processo de desenho de um CI em várias partes que podem ser realizadas simultaneamente em diferentes centros de desenvolvimento ao redor do mundo. As atividades de menor complexidade estão sendo transferidas para os centros localizados em países que tenham baixo custo dos fatores de produção, e as atividades de maior complexidade continuam sendo realizadas nas localidades que tenham facilidade de interação com os clientes, mão-de-obra altamente especializada e, próximo as cadeias produtivas evoluídas. O Ministério da Ciência e Tecnologia desenvolveu um programa para formação de profissionais especializados em projetos de circuitos integrados. Estes profissionais podem servir de atrativo para as empresas multinacionais que queiram estabelecer operações de desenho de circuitos integrado no Brasil. Este programa foi fundamental para

suportar a iniciativa da Freescale em montar um grupo de desenvolvimento de circuitos integrados no Brasil.

O programa também prepara profissionais para serem empreendedores. Utilizando tecnologias antigas estes empreendedores podem desenvolver produtos para atender às necessidades de pequenos nichos de mercado, tais como equipamentos de segurança, transporte, governo, monitoração e controle de animais, máquinas agrícolas, entre outros. A estratégia de nicho de mercado é importante para evitar a concorrência de produtos mais competitivos que utilizam tecnologias mais modernas.

O papel do governo será fundamental para o início das atividades de empreendedorismo no Brasil, pois os primeiros desbravadores irão 1) enfrentar a resistência dos clientes em relação à tecnologia brasileira; 2) estabelecer os primeiros contatos com os fornecedores para iniciar a construção de uma cadeia produtiva no Brasil; 3) trabalhar com tecnologias antigas que são pouco competitivas em termos de custo e performance e; 3) ter dificuldade de acesso à propriedade intelectual protegida por patentes ou segredo industrial.

Também será necessário repensar os incentivos governamentais, pois os principais incentivos são direcionados às grandes empresas e não motivam as empresas atuando em nichos de mercado a utilizar componentes e tecnologia desenvolvidos no Brasil.

O principal objetivo da estratégia de atuar em nichos de mercados não é o retorno financeiro gerado pelas atividades de semicondutores. É o de resolver o impasse inicial e dar impulso para uma atividade de semicondutores no Brasil, o que possibilitaria o adensamento da cadeia produtiva de semicondutores e a formação de profissionais especializados que tornariam o Brasil mais atraente para receber outros tipos investimentos em semicondutores.

Provavelmente as atividades com as tecnologias antigas não conseguirão gerar o lucro necessário para permitir que os empreendedores consigam investir em fábrica de tecnologias mais modernas, mas no futuro, estes empreendedores podem migrar seus projetos para tecnologias mais modernas para torná-los mais competitivos. E dar início a um segundo passo no processo de desenvolvimento da



indústria de semicondutores brasileira, que seria criação de empresas *fabless* competitivas mundialmente com capacidade de gerar lucros para suportar os investimentos necessários em P&D para acompanhar a evolução tecnológica.

Cabe aqui apontar as limitações do trabalho e apresentar sugestões de estudos futuros. O objetivo deste trabalho foi o de entender as vantagens competitivas e as possibilidades do Brasil receber investimentos em semicondutores. Portanto, o trabalho foi limitado ao levantamento das possibilidades, sem uma análise mais aprofundada de cada uma delas. Foi levantada a importância que o empreendedorismo pode ter na formação de uma cadeia produtiva de semicondutores no Brasil, e foram apontadas as chances futuras para se estabelecer uma operação com margens de lucros necessárias para acompanhar a evolução tecnológica. Portanto seria interessante complementar este achado com uma análise da questão do empreendedorismo neste ramo.

Também foi levantada a importância de um mercado de capitais eficiente e sofisticado para investimentos de alto risco. Entretanto, não foram discutidos os mecanismos de funcionamento deste mercado. Talvez seja necessária uma análise mais profunda sobre a influência que um mercado de capitais eficiente e sofisticado pode ter sobre a competitividade das empresas e das nações no ramo de semicondutores.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- AMATO NETO, João. *Relatório Setorial Final*. 2004. Disponível em [www.finep.gov.br](http://www.finep.gov.br). Acesso em 24/01/05
- BRANDER, James A. *Rationales for Strategic Trade and Industrial Policy*, Strategic Trade Policy and the New International Economics, edited by Paul R. Krugman, MIT Press, Cambridge, 1992
- BORRUS, M.; TYSON, L.; ZYSMAN, J., *Creating Advantagem: How government policies shape international trade in the semiconductor industry*. Strategic Trade Policy and New International Economics, Edited by Paul Krugman, MIT Press Cambridge, 1992
- BUCKLEY P. J. and CASSON M. *The Future of the Multinational Enterprise*. London: Macmillan, 1976.
- CAMARA AMERICANA DO COMÉRCIO – COMITÉ DE TECNOLOGIA. *Atração de investimentos para o setor de semicondutores no Brasil – recomendações iniciais*. 2004.
- CZINKOTA, M. R.; RONKAINEN, I. A. e MOFFETT, M. H., *International Business: update 2000*, Forth Worth: Dryden, 2000.
- DATABENSN. *January Montly*. 2004
- DUNNING, John H. Trade Location of Economy Activity and the MNE: A Search for an Eclectic Approach. In *The International Allocation of Economic Activity*, edited by Bertil Ohlin, Per-Ove Hesselborn, and Per Magnus Wijkman. New York: Homes and Meir, 1977.
- ECONOMIST INTELLIGENT UNIT LIMITED. *Business in China*. 2002
- ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA DO BRASIL PUBLICAÇÕES LTDA. *Enciclopédia Barsa*. Rio de Janeiro – São Paulo, 1990
- GRANDE ENCICLOPÉDIA LAROUSSE CULTURAL. Nova Cultura, 1998.
- HECKSCHER, Eli. The effect of Foreign Trade on Distribution of Income. In *Readings in International Trade*, edited by Howard S. Ellis and Lloyd A. Metzler: Philadelphia: The Blakiston Company, 1949.
- HELPMAN, and KRUGMAN. *Market Structure and Foreign Trade*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1985.
- HIPPEL, Eric von. *The sources of innovation*. New York: Oxford University Press, 1988
- IBS INC. *Factors for Success in the System IC Business*. 2003
- IBS INC. *Foundry Market Trends and Strategic Implication*. 2003.
- IBS INC. *Processor Trends*. 2002.
- IC INSIGHTS INC. *ASIC and SOC Market Overview*. 2004
- IC INSIGHTS INC. *Global IC Industry Outlook and Cycles*. 2004
- IC INSIGHTS INC. *Leading IC Suppliers and Foundries*. 2004
- IC INSIGHTS INC. *Market Summary by Device Type*. 2004
- IC INSIGHTS INC. *Technology Trends*. 2004
- IN-STAT MDR. *Network processors: Not just for Routers Anymore*. 2002
- ISUPPLY CORP. *China's fabless firms race beyond foundation stage*. 2003.
- ISUPPLY CORP. *China Chips Away at the Semiconductor Packaging Industry*.
- JORNAL O ESTADO DE SÃO PAULO, 20/02/2005
- JORNAL VALOR ECONÔMICO, 10/02/2005, pag A2
- LINDER, Sttafan Burenstam. *An Essay on Trade and Transformation*. New York: John Wiley & Sons, 1961.
- MICROSOFT PRESS. *Dicionário de Informática*. Editora Campus, 1993

- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Programa Nacional de Microeletrônica – *Design, Atração, Fixação e Crescimento de Empresas de Projeto de Componentes Microeletrônicos no Brasil*. Disponível em [www.mct.gov.br/Temas/info/Palestras/ProgMicro.htm](http://www.mct.gov.br/Temas/info/Palestras/ProgMicro.htm). Acesso em 24/01/05
- NÚCLEO DE PESQUISA DE PARCERIA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP e BOOZ ALLEN. *Análise das Condições de Desenvolvimento da Indústria Brasileira de Semicondutores*. São Paulo, 2002.
- OHLIN, Bertil. *Interregional and International Trade*. Boston: Harvard University Press, 1933.
- PORTER, Michael. *The Competitive Advantage of Nations*. *Harvard Business Review*. 1990
- RICARDO, David. *The Principles of Political Economy and Taxation*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 1981
- SCHUMPETER, Joseph A., *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper&Row, 1950.
- SEMICO RESEARCH CORP. *Foundry Forecast: Growth with Challenges MA102-1-02*. 2002
- SEMICO RESEARCH CORP. *Foundry Wafer Pricing MA103-3-02*. 2002
- SMITH, Adam. *The Wealth of Nations*. New York: The Modern Library, 1937.
- STRATEGIC MARKETING ASSOCIATES. *The Quarterly Spot Report on Semiconductors Fab Project*. 2002
- VERNON, Raymond. *International Investment and International Trade in the Product Cycle*. *Quarterly Journal of Economics* (1966).

## APÊNDICE A – O BRASIL TINHA FÁBRICAS NO PASSADO. O QUE HOUVE?

Nos anos 80 o Brasil tinha mais de 20 empresas que atuavam na fabricação de semicondutores. Hoje existem apenas 4 empresas produzindo algum tipo de semicondutor no Brasil, mas nenhuma delas atua na fabricação de circuitos integrados.

A imposição da reserva de mercado nos anos 80 obrigou aos fabricantes de semicondutor buscar produção local para evitar as altas tarifas de imposto para produtos importados. Em uma primeira análise, parecia que a reserva de mercado e a política de substituição de importações estava funcionando. De acordo com o gráfico abaixo, em 1989 o Brasil tinha mais da metade do consumo de semicondutores atendido por fabricantes locais.



Gráfico 9 - Consumo de semicondutores no Brasil (Nacional vs Importado)  
Fonte: Núcleo de Parceria da Escola Politécnica, 2002

Entretanto após a abertura do mercado no início da década de 90, vários fabricantes encerraram as operações brasileiras, e o que parecia que era um modelo de sucesso, se mostrou um fracasso. O Brasil pouco evoluiu tecnologicamente na época de reserva de mercado, havia poucos incentivos para os fabricantes brasileiros modernizar seus produtos e processos.

Segundo o Núcleo de Pesquisa da Escola Politécnica e Booz Allen, em 2002 os semicondutores nacionais representam menos de 5% do consumo total, com apenas 4 fabricantes de semicondutores locais, mas nenhum deles atuando nos processos de desenho ou fabricação de circuitos integrados.

**Fabricantes Locais de Semicondutores**

<b>Empresa</b>	<b>Atuação</b>
Itaucom	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Placas de Circuito Impresso</li> <li>▶ Memórias SDRAM — apenas etapas de <i>back-end</i></li> <li>▶ Montagem de kits de placas-mãe</li> </ul>
Aegis Semicondutores	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Semicondutores de Potência (discretos)</li> <li>▶ Aplicação: Bens de Capital</li> <li>▶ Processo desde a fabricação da lâmina de silício (foundry)</li> <li>▶ Exporta produtos</li> </ul>
Heliodinâmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Sistemas fotovoltaicos - Célula solar (discretos)</li> <li>▶ Principal cliente é o governo</li> <li>▶ Processo desde a fabricação da lâmina de silício</li> </ul>
Semikron (subsidiária alemã)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Semicondutores de potência (discretos)</li> <li>▶ Aplicação: Bens de Capital</li> <li>▶ Processo desde a fabricação da lâmina de silício</li> </ul>

Gráfico 10 - Fabricantes locais de semicondutores  
Fonte: Núcleo de parceria da Escola Politécnica, 2002

## APÊNDICE B – PROGRAMA NACIONAL DE MICROELETRÔNICA

Programa Nacional de Microeletrônica – Design, Atração, Fixação e Crescimento de Empresas de Projeto de Componentes Microeletrônicos no Brasil<sup>57</sup>. Desenvolvido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia – Secretaria de Política de Informática tem o objetivo de analisar as condições necessárias para atrair, fixar e promover o crescimento de *design houses* de projetos de circuitos integrados no Brasil.

Este programa traz uma proposta interessante em relação a formação de profissionais para trabalhar com desenho de circuitos integrados. Interligando os cursos de engenharia, física, e computação de 17 universidades (UFRGS, UFSC, USP, Unicamp, Unesp, ITA, UFRJ, UFMG, EFEI, UnB, UFBa, UFPe, UFPb, UFRN, UFSM, UFPel e PUCRS) através de uma rede de comunicação para troca de experiência e realização de treinamento.

Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia, o Brasil tem 4 instituições que possuem instalações completas de fabricação de componentes em tecnologia de silício (UFRGS – IF, Unicamp – CCS, USP – Poli, UFPe – IF) e outros 4 centros não universitários (ITI, LNILS, INPE e Instituto Eldorado). O Rio Grande do Sul seria o centro de produção e apoio para processo de 0,60µm CMOS e também centro de formação de professores. São Paulo seria o centro de apoio a projetos em 0,80µm CMOS e centro de formação de professores. A parceria privada é um componente fundamental neste programa, pois os equipamentos dos centros de São Paulo e Rio Grande do Sul foram cedidos pela Freescale.

O programa prevê que será necessário grande esforço para aumentar a formação de mestres, doutores e profissionais especializados em projetos de Circuitos integrados, que servirão de atrativo para empresas e empreendedores que queiram estabelecer *design house* de projetos de circuitos integrados no Brasil. Serão concedido alguns benefícios – como treinamento, financiamento, apoio técnico, bolsa de pesquisa do CNPq e incentivos da Lei da Informática – para as empresas que participarem deste programa.

---

<sup>57</sup> MCT-SPI. *Programa Nacional de Microeletrônica – Design. Atração, Fixação e Crescimento de Empresas de Projeto de Componentes Microeletrônicos no Brasil*. Disponível em [www.mct.gov.br/Temas/info/Palestras/ProgMicro.htm](http://www.mct.gov.br/Temas/info/Palestras/ProgMicro.htm). Acesso em 24/01/05

## APÊNDICE C – EMPRESAS FABLESS

Existe tendência do mercado das empresas *Fabless* apresentar taxa de crescimento superior a taxa de crescimento do mercado total de semicondutores.

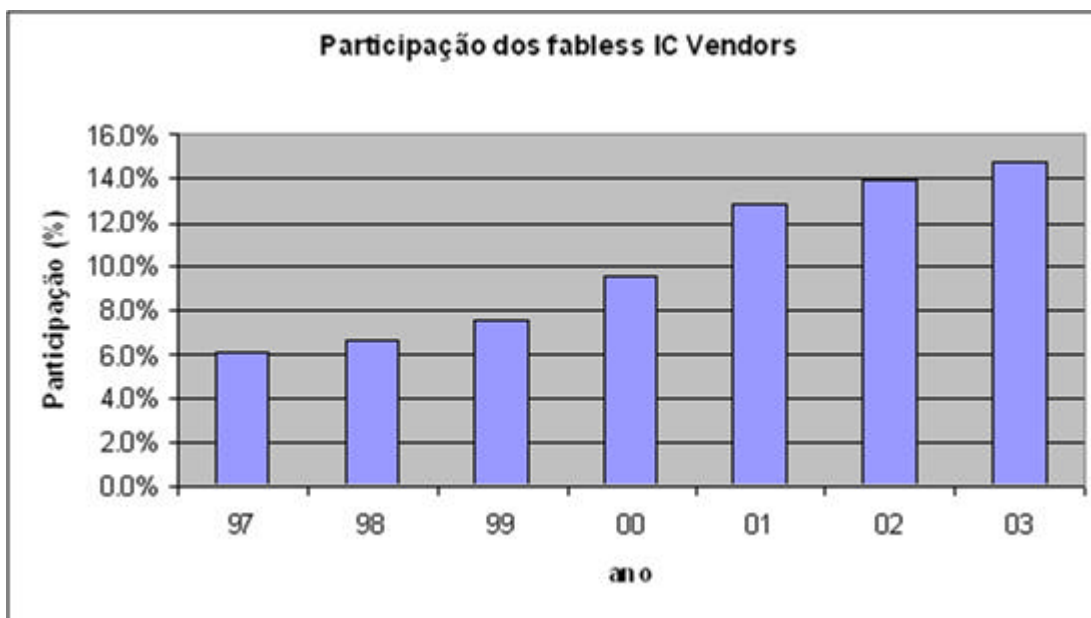


Gráfico 11 - Participação das empresas *fabless*  
 Fonte: IC Insights, 2004<sup>58</sup>, tradução e adaptação nossa

Muitas empresas *Fabless* têm vida curta. Pois um grande número de empresas *Fabless* são compradas por outras empresas, juntas com outras empresas ou não conseguem se manter no negócio por vários anos. Por exemplo: Level One Communications foi comprada pela Intel; LSI comprou a SEEQ e C-cube; NeoMagic, Cirrus Logic, S3, 3DFX são empresas *Fabless* que estão fora dos negócios<sup>59</sup>.

Esta característica pode ser explicada pois as empresas *Fabless* geralmente focam em produtos e segmentos de mercado que necessitam de contínua inovação tecnológica. São aplicações de alta tecnologia que necessitam de *upgrades* e melhorias contínuas, tais como os sistemas de informação e comunicação de dados. Desta forma muitas empresas *Fabless* são compradas por outras empresa pelo fato

<sup>58</sup> IC Insights Inc, *Leading IC Suppliers and Foundries*, 2004

<sup>59</sup> Semco Research Corp. *Foundry Forecast: Growth With Challenges*. 2002

de deter o domínio de novas tecnologias e muitas empresas *Fabless* encerram as atividades por não conseguir acompanhar o avanço tecnológico. Desta forma sempre surgem novas empresas *Fabless* que vão substituindo aquelas que não conseguem acompanhar o ritmo de inovação.

Principais empresas *Fabless*: Qualcomm – U\$2bi; Nvidia – U\$2bi; Broadcom – U\$1,6bi; Xilinx – U\$1,3bi; Media Tek – U\$1,2bi – ATI – U\$1,1bi; entre outras



## APÊNDICE D – FOUNDRY VENDORS

Também existe tendência do mercado das *Foundry Vendors* apresentar taxa de crescimento superior a taxa de crescimento do mercado total de semicondutores. Muitas empresas de semicondutores terão que recorrer aos serviços das *Foundry Vendors* por não ter capacidade financeira para acompanhar as crescentes necessidade de investimentos em pesquisa & desenvolvimento das novas tecnologias de difusão<sup>60</sup>.

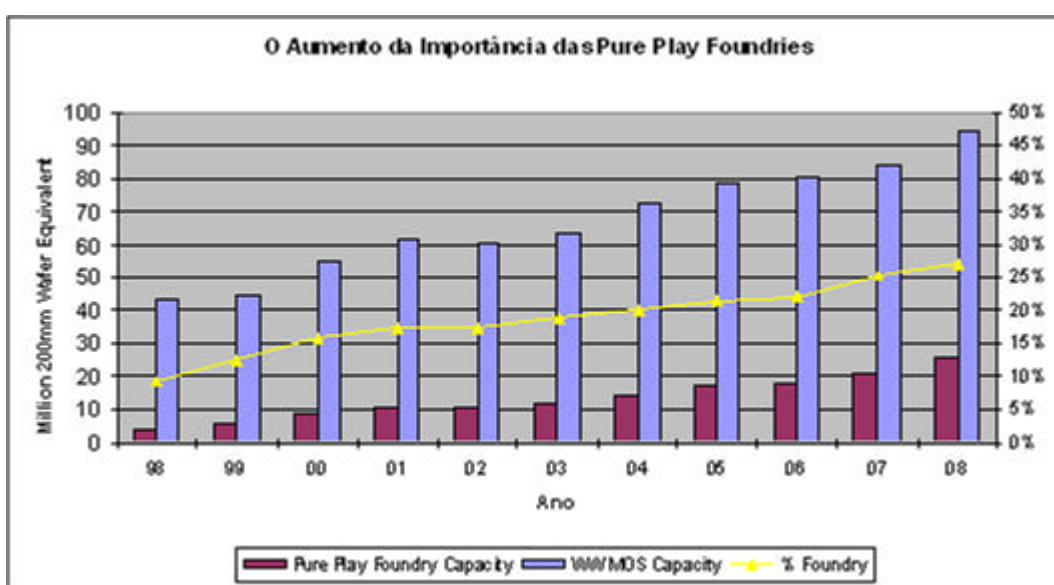


Gráfico 12 - Mercado do segmento de serviços de *Foundry*  
 Fonte: IC Insights Inc<sup>61</sup>, 2004, tradução e adaptação nossa

Atraído pelo aumento do mercado surgiram vários novos entrantes como por exemplo: 1st Silicon, Silterra, SMIC, Grace, Powerchip, Tower, X-Fab e Hua Hong NEC. O aumento da concorrência resultou em um grande avanço das tecnologias oferecidas pelas *Foundry Vendors*, mas ficou muito mais difícil para os participantes deste mercado obterem lucratividade suficiente para financiar os investimentos necessários em novas tecnologias, e é esperado que haja uma redução no número participantes neste mercado.

<sup>60</sup> IBS Inc. *Factor for Success in the System IC Business*. 2003.

<sup>61</sup> IC Insights Inc, *Leading IC Suppliers and Foundries*, 2004

Segundo IC Insights Inc<sup>62</sup> hoje existem mais de 20 *Foundry Vendors*, e é previsto que 4 ou 6 empresas dominem o mercado até 2010. Segundo a IBS Inc<sup>63</sup>, a maioria dos *Foundry Vendors* sobreviventes estarão localizadas na região da Ásia-Pacífico, pois esta região têm uma cadeia produtiva ao redor da indústria de difusão de semicondutores com forte base na criação de novos conhecimentos científicos (laboratórios, institutos de ensino, centros de pesquisa, fornecedores e profissionais especializados), que aliada ao grande número de investidores que procuram o mercado de capitais desta região para investimentos de alto risco / alto retorno, fornecem os recursos necessários para as empresas da região realizarem os investimentos necessários para manter a competitividade no mercado de *Foundry Vendor*.

Principais *Foundry Vendors*: TSMC; UMC; Chartered, 1st Silicon, Silterra, SMIC, Grace, IBM, Powerchip, Tower, X-Fab e Hua Hong NEC.

---

<sup>62</sup> IC Insights, Inc. *Leading IC Suppliers and Foundries*. 2004

<sup>63</sup> IBS Inc. *Foundry Market Trends and Strategic Implications*. Volume 12, 2003.