

# FONTES, PROCEDIMENTOS E EFEITOS MICROECONÔMICOS DA INOVAÇÃO\*

Giovanni Dosi

Professor da Universidade de Sussex e da Universidade de Roma.

Fabio Arcangeli, Paul David, Frank Engelman, Christopher Freeman, Massimo Moggi, Richard Nelson, Luigi Orsenigo, Nathan Rosenberg, Michele Salvati, G. N. von Tunzelman, os dois pareceristas anônimos e os participantes do encontro da Comissão de Distribuição, Crescimento e Progresso Técnico (*Committee on Distribution, Growth and Technical Progress*) do Conselho Nacional de Pesquisas (CNR) italiano, realizado em Roma, em 16 de novembro de 1985, ajudaram com várias leituras dos originais. Um reconhecimento de gratidão particular vai para a instigante e paciente ajuda de Moses Abramovitz.

Este trabalho foi realizado na Unidade de Pesquisa em Política Científica (*Science Policy Research Unit – SPRU*) da Universidade de Sussex, como parte do programa de pesquisa do Centro de Pesquisa Contratada (*Designated Research Centre*), financiado pelo Conselho de Pesquisa Econômica e Social (*Economic and Social Research Council – ESRC*). O financiamento inicial da pesquisa que levou a este texto foi do Conselho Nacional de Pesquisas italiano, pelo que merece agradecimentos. A pesquisa empírica foi realizada com a assistência de Stephano Brioschi, Ilaria Fornari e Giovanni Prennushi.

## I. Introdução

Este ensaio trata dos determinantes e efeitos das atividades inovativas nas economias de mercado contemporâneas. Em termos mais gerais, agentes privados buscando lucros irão plausivelmente alocar recursos na exploração e desenvolvimento de novos produtos e de novas técnicas de produção se eles souberem da (e acreditarem na) existência de algum tipo de oportunidade científica e tecnológica ainda inexplorada; se eles esperarem que haja um mercado para os seus novos produtos e processos; e, finalmente, se eles esperarem algum benefício econômico, líquido dos custos incorridos, que derivam das inovações. Por sua vez, o sucesso de alguns agentes ao introduzirem ou imitarem novos produtos e processos muda seus custos de produção, sua competitividade no mercado e – afinal – é parte da evolução das indústrias afetadas pela inovação.

O propósito deste ensaio é analisar o processo que leva das oportunidades tecnológicas nacionais aos esforços inovativos concretos e, finalmente, a mudanças na estrutura e desempenho das indústrias.

Assim, são discutidas as fontes de oportunidades de inovação; o papel do mercado de alocar recursos na exploração dessas oportunidades e de determinar a taxa e direção dos avanços tecnológicos; as características dos processos de busca inovativa; e a natureza dos incentivos que levam os agentes privados a se comprometerem com a inovação.

---

\* Título Original: “Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation”. *Journal of Economic Literature*, vol. XXVI, n. 3 (September 1988), p. 1120-1171. Traduzido por José Ricardo Fucidji. (Foram feitas algumas correções na identificação das referências bibliográficas.)

Não é o objetivo deste texto rever todo o corpo da literatura relacionada à inovação<sup>1</sup>. Ao invés disso, a discussão está limitada a um grupo selecionado de contribuições (principalmente empíricas) e a natureza microeconômica das atividades inovativas e os efeitos da inovação sobre técnicas de produção, características dos produtos e padrões de mudança das estruturas industriais. A discussão se propõe a identificar (a) as principais características do processo de inovação; (b) os fatores que conduzem a ou impedem o desenvolvimento de novos produtos e processos de produção; e (c) os processos que determinam a seleção de inovações particulares e seus efeitos sobre as estruturas industriais.

Há duas séries principais de questões aqui: primeiro, a caracterização do processo de inovação *em geral* e, segundo, a interpretação dos fatores que respondem pelas diferenças – entre setores e firmas através do tempo – observadas nos modos de busca inovativa e nas taxas de inovação.

Tipicamente, a busca, o desenvolvimento e a adoção de novos produtos e processos em economias que não são centralmente planejadas são o resultado da interação entre (a) capacitações e estímulos gerados dentro de cada firma e de cada indústria; e (b) causas mais amplas, externas às indústrias individuais, tais como o estado da ciência em diferentes setores, as facilidades de comunicação do conhecimento, a oferta de capacitações técnicas, qualificação, engenheiros, etc; as condições que controlam a mobilidade ocupacional e geográfica e/ou a aceitação/resistência do consumidor à mudança; as condições de mercado, particularmente as que dizem respeito à concorrência interfirmas e ao crescimento da demanda; a estrutura financeira e os padrões/critérios de alocação de fundos por firmas industriais; as tendências macroeconômicas, especialmente seus efeitos sobre as mudanças de preços relativos de insumos e produtos; e as políticas públicas (*e.g.* código tributário, leis de patentes, políticas industriais, encomendas públicas). É impossível considerar cada um destes fatores em detalhe aqui, e o texto se concentra nos procedimentos, nos determinantes e nos efeitos dos esforços inovativos das empresas privadas; entretanto, a cada passo da análise tenta-se mostrar como estes fatores mais amplos afetam as oportunidades, os incentivos e as capacitações da atividade inovativa em firmas e indústrias diferentes.

A evidência empírica baseia-se em estudos de várias indústrias e tecnologias; porém, uma atenção particular é devotada aos efeitos das inovações baseadas na microeletrônica. A razão óbvia é a pervasividade\* destas tecnologias e os escopo das transformações que elas estão induzindo no sistema econômico contemporâneo.

Várias formas de inovação afetam todos os setores da atividade econômica. A presente discussão, entretanto, concentra-se na produção de bens (*in primis*, a indústria manufatureira) e enfatiza os esforços relacionados ao melhoramento das técnicas de produção e à busca de novos produtos.

Na seção II são mostradas algumas evidências estilizadas sobre alocação de recursos em pesquisa e sobre os padrões de inovação entre países e setores. A interpretação dos padrões observados começa na seção III com a análise das características do processo de busca direcionado à descoberta e ao desenvolvimento de inovações. A seção IV discute a natureza das oportunidades e do conhecimento que dá base às inovações e dos incentivos que levam agentes motivados pelo lucro a inovar e/ou imitar as inovações de outros. Argumenta-se que a interpretação do processo de inovação sugerida no texto ajuda a explicar por que os

---

<sup>1</sup> Um extenso levantamento da literatura sobre inovação e mudança tecnológica pode ser encontrado em Freeman (1982). Ver também National Science Foundation (1983). Um levantamento mais específico sobre mudança tecnológica e crescimento da produtividade é feito em Nelson (1980, 1981a). Outros levantamentos da economia da mudança tecnológica, orientados mais para a literatura teórica, incluem Nabseth e Ray (1974), Charles Kennedy e Anthony Thirlwall (1981), Jennifer Reinganum (1981a, 1981b), Paul Stoneman (1976, 1983, 1986), Richard Jensen (1982), Luc Soete e Roy Turner (1984), Geroge Ray (1984) e Ireland e Stoneman (1986).

\* Trata-se de um anglicismo (*pervasiveness*, no original). Adjetivo que denota a qualidade ou propriedade de se difundir, de se espalhar, de permear. (N.T.)

setores diferem em seus modos e taxas de inovação. Mais do que isso, as firmas no interior de cada setor também diferem em sua propensão a inovar. A seção V discute este fenômeno. Finalmente, a seção VI trata da relação entre as atividades inovativas e a dinâmica das estruturas e desempenhos industriais.

## II. Buscando inovações: os padrões gerais

Os países industriais modernos dedicam uma significativa parcela de sua renda e força de trabalho à atividade formalizada de pesquisa pura e aplicada e ao desenvolvimento tecnológico em instituições sem fins lucrativos (universidades, laboratórios governamentais, etc.) e empresas privadas. A tabela 1 oferece uma visão geral do emprego e dos gastos de P&D por país, das parcelas de pesquisa desenvolvidas por empresas e das fontes de financiamento<sup>2</sup>.

Tabela 1

Taxa de crescimento real da P&D, Emprego em P&D e Gasto em P&D por país e por fonte de financiamento

País	EUA	Japão	Alemanha Ocidental	Reino Unido	França	Itália
Taxa de Crescimento Anual dos Gastos em P&D a preços constantes (%)						
-1969-1975	-0,6	8,3	6,2	1,3	2,3	4,9
-1975-1981	4,2	7,9	4,7	3,1	4,2	4,6
-1981-1983	3,8	8,2	1,9	-0,7	4,7	4,9
P&D / PIB (1983) (%)	2,7	2,8	2,8	2,8	2,5	1,6
Emprego em P&D por mil, do total da Força de Trabalho (1983)	6,6	5,8	4,7 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	3,9	2,3
Participação do P&D financiado por empresas privadas no P&D total (1983) (%)	49,0	65,3	58,1	42,1	42,0	45,3
Participação do P&D realizado em empresas privadas no P&D total (1983) (%)	71,1	63,5	69,8	61,0	56,8	57,0
P&D militar / P&D total (1983) <sup>b</sup> (%)	27,8	0,6	----- 13,5 <sup>c</sup>			

Fontes: National Science Foundation (1986), OCDE (1986), Pari Patel e Keith Pavitt (1986) e elaborado pelo autor (em termos das participações no PIB e na Força de Trabalho).

Notas: i) os dados das linhas 4 e 8 referem-se a 1983, salvo especificação em contrário; ii) a despeito dos esforços de normalização, estimulados pela OCDE em particular, algumas discrepâncias ainda existem em termos de definições e dos vários países cobertos, iii) as linhas 4 e 5 devem ser vistas com cuidado: as diferenças são provavelmente o resultado tanto de discrepâncias estatísticas, como de diferenças de salários relativos entre os trabalhadores em pesquisa de cada país.

<sup>a</sup> 1981 (fonte do dado de P&D: National Science Foundation).

<sup>b</sup> Calculado por Patel e Pavitt (1986).

<sup>c</sup> Europa Ocidental como um todo.

<sup>2</sup> Em um esforço de padronizar as definições e a coleta de dados de gastos em pesquisa, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) propôs, no assim chamado “Manual Frascati” que “Pesquisa e Desenvolvimento Experimental compreendem o trabalho criativo realizado em bases sistemáticas de modo a aumentar o estoque de conhecimento... e o uso deste estoque de conhecimento visando novas aplicações” (OCDE, 1981, p. 25). Na definição geral, a pesquisa “pura” corresponde, em termos amplos, a atividades com o objetivo de ampliar o conhecimento, a pesquisa “aplicada” envolve a busca de “aplicações” e “desenvolvimento” diz respeito às atividades de design, implementação e construção de protótipos das próprias “novas aplicações”. Os detalhes das atividades levantadas de fato em diferentes países – em termos de gastos e emprego – não são, em sua maior parte, estritamente homogêneos e requerem algum cuidado no uso de quadros que comparam o P&D entre diferentes países. Para uma discussão mais profunda dos problemas de mensuração do P&D, ver Freeman (1982).

Quando se olha a composição dos gastos em P&D (ver na tabela 2 a evidência disponível para os EUA), cerca de um décimo é dedicado à pesquisa pura, mais de um quarto à pesquisa aplicada e o resto ao desenvolvimento. Não é surpreendente que a pesquisa pura, por seu caráter relativamente público, seja financiada pelo governo federal, por universidades e por outras instituições sem fins lucrativos, enquanto a indústria responde por metade dos custos de pesquisa aplicada e desenvolvimento; entretanto, o setor privado também destina cerca de 20% de seu gasto total de P&D à pesquisa pura.

Tabela 2  
Gastos em P&D nos Estados Unidos, por tipo e fonte de financiamento (em porcentagem)

	1960		1970		1980		1983 <sup>a</sup>	
<b>Total da P&amp;D</b>	<b>100,0</b>		<b>100,0</b>		<b>100,0</b>		<b>100,0</b>	
<b>Pesquisa básica financiada por</b>	<b>8,8</b>	<b>(100,0)</b>	<b>13,6</b>	<b>(100,0)</b>	<b>12,9</b>	<b>(100,0)</b>	<b>12,6</b>	<b>(100,0)</b>
Governo Federal	5,3	(60,2)	9,5	(69,9)	8,9	(69,0)	8,4	(66,7)
Indústria	2,5	(28,4)	2,1	(15,4)	2,0	(15,5)	2,3	(18,3)
Universidades e Faculdades <sup>b</sup>	0,5	(5,7)	1,3	(9,6)	1,3	(10,1)	1,3	(10,3)
Outras instituições sem fins lucrativos	0,5	(5,7)	0,7	(5,1)	0,7	(5,4)	0,6	(4,7)
<b>Pesquisa aplicada financiada por</b>	<b>22,4</b>	<b>(100,0)</b>	<b>21,9</b>	<b>(100,0)</b>	<b>22,4</b>	<b>(100,0)</b>	<b>23,4</b>	<b>(100,0)</b>
Governo Federal	12,5	(55,8)	11,8	(53,9)	10,5	(46,9)	10,6	(45,3)
Indústria	9,1	(40,6)	9,3	(42,4)	10,7	(47,8)	11,6	(49,6)
Universidades e Faculdades <sup>b</sup>	0,5	(2,2)	0,5	(2,3)	0,7	(3,1)	0,7	(3,0)
Outras instituições sem fins lucrativos	0,3	(1,4)	0,3	(1,4)	0,5	(2,2)	0,5	(2,1)
<b>Desenvolvimento financiado por</b>	<b>68,8</b>	<b>(100,0)</b>	<b>64,5</b>	<b>(100,0)</b>	<b>64,7</b>	<b>(100,0)</b>	<b>64,0</b>	<b>(100,0)</b>
Governo Federal	46,8	(68,0)	35,7	(55,4)	27,6	(42,7)	27,6	(43,1)
Indústria	21,8	(31,4)	28,6	(44,3)	36,8	(56,8)	36,0	(56,3)
Universidades e Faculdades <sup>b</sup>	0,2	(0,3)	0,0	(0,0)	0,1	(0,2)	0,2	(0,3)
Outras instituições sem fins lucrativos	0,2	(0,3)	0,2	(0,3)	0,2	(0,3)	0,2	(0,3)

Fonte: National Science Foundation (1986).

Notas: i) os números entre parênteses são a porcentagem de cada fonte no subtotal; ii) as subdivisões em pesquisa "pura", pesquisa "aplicada" e desenvolvimento seguem a classificação da NSF.

<sup>a</sup> Baseado em estimativas preliminares.

<sup>b</sup> A pesquisa universitária financiada pelo governo federal está incluída na fonte "governo federal".

Além disso, dentro do amplo quadro dos investimentos nacionais em P&D, são observadas diferenças marcantes na alocação de recursos à pesquisa (ver tabela 3). No que concerne às fontes destes investimentos e sua localização institucional, nas economias de mercado contemporâneas, quase a metade do investimento total em P&D é, como dito, financiada pelo setor privado e entre metade e dois terços são realizados por empresas privadas (cf. Tabela 1).

É claro que as tabelas 1 a 3 mostram apenas o comprometimento de recursos com inovação que financiam as atividades formalizadas de pesquisa, tipicamente realizadas em laboratórios de P&D; porém, em adição à P&D formalizada, e complementando-a de várias formas, um montante significativo de inovações e aperfeiçoamentos se origina das melhorias de projeto, do "learning by doing" e do "learning by using" (ver, por exemplo, Kenneth Arrow, 1962a; Rosenberg, 1982; David, 1975; Samuel Hollander, 1965; Louis Yelle, 1979). Este esforço informal está incorporado principalmente em pessoas e organizações (Richard Cyert e James March, 1961, David Teece, 1977, 1986; Keith Pavitt, 1986a) e é difícil aferir seu custo. De novo, os setores apresentam diferenças na importância relativa que dão aos quatro modos básicos de avanço tecnológico, nomeadamente (a) processos de busca

formalizados e economicamente caros, cujos custos estão mensurados nas tabelas; (b) processos informais de difusão de informações e capacitação tecnológica (*e.g.* via publicações, associações técnicas, processos de “olhar e aprender”, transferência de pessoal de uma firma a outra); (c) aquelas formas particulares de “externalidades” internalizadas em cada firma, associadas com “learning by doing” e “learning by using”; e (d) adoção de inovações desenvolvidas por outras indústrias e incorporadas no equipamento de capital e nos insumos intermediários (cf. Pavitt, 1984).

Tabela 3

Gastos em P&amp;D como porcentagem do valor adicionado por setor e por país e Razão setorial de Uso/Geração de P&amp;D

	EUA	Japão	Alemanha Ocidental	França	Reino Unido	Itália	Razão de Uso <sup>a</sup>
<b>Setores da produção industrial</b>							
Elétrica e Eletrônica	12,7	8,5	8,8	13,7	16,2	5,7	0,34
Química	6,5	7,7	5,8	7,0	6,8	5,5	
Química orgânica e inorgânica	4,3	8,0	} 8,4	} 7,6	5,3	} 6,0	0,50
Fármacos	12,1	10,0			17,8		0,17
Refinarias de petróleo	6,4	3,0	0,6	3,4	2,0	4,6	1,31
Instrumentos	20,5	(8,6) <sup>b</sup>	8,3	(5,4) <sup>b</sup>	8,5	(1,2) <sup>b</sup>	0,14
Equipamentos de escritório e computadores	21,7	7,5	} 4,2	} 2,4	10,8	} 2,7	0,11
Maquinaria industrial não-elétrica	2,5	2,9			2,5		0,17
Aeroespacial	32,6	} 7,2	30,8	} 10,0	30,9	} 6,6	0,37
Equipamentos de transporte	10,0		5,5		3,1		
Autoveículos	12,6	6,5	5,9	n.d.	4,2	n.d.	0,20
Embarcações	n.d.	7,8	1,2	n.d.	0,8	n.d.	} 0,32
Outros equipamentos	n.d.	n.d.	1,6	n.d.	0,0	n.d.	
Alimentos, bebidas e fumo	0,7	1,3	0,5	0,3	0,8	2,4	1,18
Têxtil e vestuário	2,7	1,3	0,5	0,5	0,3	0,3	1,31
Material plástico e borracha	2,5	2,8	1,9	4,4	1,1	1,8	1,12
Metais ferrosos	1,6	2,9	1,6	1,1	1,1	0,5	1,63
Metais não-ferrosos	2,4	4,3	1,8	2,4	2,1	3,2	1,06
Metalurgia	1,1	1,2	1,4	1,0	0,8	0,0	0,49
Couro, madeira e móveis	0,7	-- <sup>c</sup>	-- <sup>c</sup>	-- <sup>c</sup>	-- <sup>c</sup>	-- <sup>c</sup>	1,33
Papel e gráfica	0,7	-- <sup>c</sup>	-- <sup>c</sup>	-- <sup>c</sup>	-- <sup>c</sup>	-- <sup>c</sup>	1,31
Pedra, argila e vidro	1,9	-- <sup>c</sup>	-- <sup>c</sup>	-- <sup>c</sup>	-- <sup>c</sup>	-- <sup>c</sup>	0,86
Total da indústria manufatureira	8,1	4,9	5,4	(4,6) <sup>d</sup>	6,6	(2,9) <sup>d</sup> (1,7) <sup>e</sup>	0,42

Fontes: OCDE (1986), National Science Foundation (1986), OCDE, Industrial Structures Statistics, vários anos, e Scherer (1982); dados sobre gastos em P&D e valor adicionado foram agregados pelo autor, quando necessário, para fins de comparação.

Notas: i) as intensidades de P&D setoriais foram calculadas como a razão entre a P&D realizada e o valor adicionado; ii) deve-se ter cuidado ao comparar dados em qualquer das linhas, porque o grau de cobertura varia de país para país; por exemplo, na Itália os dados são coletados apenas para firmas com mais de 20 empregados.

<sup>a</sup> Razão entre o total de P&D utilizado e o total de P&D realizado pelo setor, como estimado por Frederic M. Scherer (1982).

<sup>b</sup> Instrumentos profissionais incluem equipamento fotográfico.

<sup>c</sup> Não estão disponíveis dados comparáveis.

<sup>d</sup> Estimativa baseada nos subsetores manufatureiros para os quais existem dados setoriais disponíveis.

<sup>e</sup> Baseado no dado agregado da OCDE para a economia italiana.

Na interpretação da evidência a respeito das atividades inovativas nas economias contemporâneas, apresenta-se, primeiro, a questão da natureza do processo que leva da percepção de uma oportunidade economicamente explorável ao seu desenvolvimento concreto. Isto é, o que as pessoas realmente fazem? Como elas realizam a busca? Por que os setores diferem em seus procedimentos de busca?

Segundo, deve-se levar em conta as direções da mudança tecnológica. Em que medida os padrões observados representam reações aos sinais de mercado? Há outros fatores que influenciam os padrões de mudança tecnológica?

Terceiro, deve-se explicar por que os setores diferem em seu comprometimento de recursos com atividades de busca e nas taxas em que geram novos produtos e processos de produção. Em suma, denomina-se “propensão a inovar” ao resultado empírico das duas séries de fenômenos e tenta-se explicitar os seus determinantes. A seção seguinte trata estas questões.

### III. Inovação: as características do processo de busca

Nos últimos vinte anos, várias análises foram feitas sobre o processo de inovação, preocupadas com a relação entre insumos e produtos das atividades inovativas (i.e., a relação entre os recursos destinados à busca inovativa e as taxas de geração de inovações, quando mensuradas) e com a natureza do próprio processo de inovação. Esta seção focaliza em primeiro lugar a segunda questão.

Tais análises, que podem ser classificadas sob a designação ampla de “estudos de inovação”, incluem os de Zvi Griliches (1957, 1979, 1984), Willam Albernathy e James Utterback (1975, 1978), Gehard Mensch (1975), E. W. Constant (1980), David (1975), Freeman (1982, 1986), Burton Klein (1977), Michael Baker (1979), Christian Le Bas (1981), Richard Nelson e Sidney Winter (1977, 1982) Rosenberg (1976, 1982), Devendra Sahal (1979, 1982, 1985), Pavitt (1979, 1984), Eric von Hippel (1979, 1982) e Dosi (1982, 1984), Momogliano e Dosi (1983). Os objetivos destes estudos são diferentes e, assim, suas contribuições são muito heterogêneas. No entanto, a maior parte deles aponta algumas características comuns da inovação que, neste texto, são consideradas de crucial importância para a economia da mudança tecnológica.

#### A. Inovação como solução de problemas: paradigmas tecnológicos

Em termos muito gerais, a inovação tecnológica envolve a *solução de problemas* – por exemplo, a transformação de calor em movimento, moldar materiais de determinada maneira, produzir componentes com certas propriedades – satisfazendo, ao mesmo tempo, certos requerimentos de custo e comerciabilidade. Os problemas são tipicamente “mal estruturados”, de modo que a informação disponível (*e.g.* os limites de velocidade de corte de certa máquina, as razões físicas pelas quais ela quebra a altas velocidades) não fornece por si uma solução ao problema (discussões relevantes dessa classe de problemas estão em Hebert Simon, 1973, 1979; e Nelson e Winter, 1982; ver também Massimo Egidi, 1986 e Dosi e Egidi, 1987). Em outras palavras, a solução inovativa de um certo problema envolve “descoberta” e “criação”, uma vez que não se pode derivar da informação disponível sobre o problema nenhum algoritmo geral que gera sua solução “automaticamente” (mais sobre isso em Dosi e Egidi, 1987). A “solução” de problemas tecnológicos certamente envolve o uso de informação retirada de experiências anteriores e do conhecimento formal (*e.g.* das ciências naturais); entretanto, ela também envolve capacitações específicas e *não codificadas* por parte dos inventores. Seguindo Nelson e Winter (1982) e Winter (1984), usa-se o termo *base de conhecimento* para os insumos informacionais, conhecimentos e capacitações nos quais os inventores se baseiam quando procuram soluções inovativas. Uma primeira caracterização que pode ser feita das diferentes tecnologias é em termos dos graus de “caráter público” e universalidade da base de conhecimento *versus* tacitividade e especificidade (Winter, 1984). Seguindo Michael Polanyi (1967), *tacitividade* se refere àqueles elementos do conhecimento, como *insight*, etc. que os indivíduos possuem e que são mal definidos, não codificados, não

publicados, que eles mesmos não podem expressar plenamente, e que diferem de pessoa a pessoa, mas que podem, em medida significativa, ser partilhados por colaboradores e colegas que tenham a experiência em comum. Inversamente, os insumos científicos são tipicamente universais e públicos. Nelson (1986) cita os resultados do questionário de Yale, mostrando que em 30 setores (em 130) a pesquisa universitária – especialmente na química, engenharia de materiais e metalurgia – é considerada muito importante para a inovatividade setorial; no caso das biotecnologias, Chesnais (1986) analisa um complexo mosaico de parcerias entre universidade e indústria. Em vários setores da química também, a base de conhecimento está diretamente ligada ao conhecimento científico sobre as propriedades físico-químicas de moléculas orgânicas complexas.

Contudo, mesmo nestas atividades muito baseadas em ciência e, mais ainda, em outras tecnologias, o conhecimento público é complementado por formas de conhecimento mais específicas e tácitas, geradas no interior das unidades inovativas (para as evidências, ver Freeman, 1982; SPRU, 1972; J. Langrish, 1972; Michael Gibbons e Ron Johnston, 1974; e Pavitt, 1984). Por exemplo, na engenharia mecânica (*e.g.* máquinas-ferramenta), uma parte importante da base de conhecimento consiste em conhecimento tácito sobre o desempenho das gerações anteriores de máquinas, suas condições normais de uso, os requisitos produtivos dos usuários, entre outras coisas. No caso da microeletrônica, se encontram três grandes e complementares formas de conhecimento, a saber (a) avanços na física em estados sólidos (*e.g.* as propriedades elétricas dos semicondutores ao nível de micron/submicron); (b) conhecimento relacionado à construção de manufaturas de semicondutores e testagem de equipamentos; e (c) lógica de programação. Em relação às aplicações da microeletrônica, incorporada nos equipamentos e componentes, as formas fundamentais de conhecimento consistem em (a) arquitetura de sistemas e engenharia de sistemas; (b) lógica de programação (abarcando da lógica incorporada no equipamento dos computadores ao próprio programa aplicativo); (c) interfaces entre o processamento de informações e os processos químicos ou mecânicos aos quais ele é aplicado (*e.g.* as interfaces entre um controle eletrônico e os movimentos mecânicos de uma máquina-ferramenta ou os fluxos em uma planta química); e (d) dispositivos interativos (*e.g.* sensores).

O ponto crucial é que esta variedade na base de conhecimento (específica à tecnologia e ao setor) da busca inovativa implica também diferentes graus de *tacitividade* do conhecimento subjacente ao sucesso inovativo e, como se discutirá abaixo, também ajuda a explicar as diferenças entre setores na organização típica das atividades de pesquisa. Qualquer que seja a base de conhecimento sobre a qual a inovação se apóia, cada atividade de solução de problemas implica desenvolvimento e refinamento de “modelos” e procedimentos específicos.

Em outro lugar (Dosi 1982, 1984) foi sugerido que há uma ampla similaridade, em termos de definição e procedimentos, entre *ciência* e *tecnologia*. Mais precisamente, assim como a moderna filosofia da ciência sugere a existência de paradigmas científicos (ou programas de pesquisa científicos), também há *paradigmas tecnológicos*. Os paradigmas científicos e tecnológicos incorporam, ambos, uma *visão geral*, uma definição dos problemas relevantes, um padrão de pesquisa. Um “paradigma tecnológico” define contextualmente as necessidades que se propõe a satisfazer, os princípios científicos utilizados na tarefa, a tecnologia material a ser usada. Em outras palavras, um paradigma tecnológico pode ser definido como um “padrão” de solução de problemas tecno-econômicos selecionados, baseado em princípios altamente selecionados derivados das ciências naturais, juntamente com regras específicas que buscam adquirir conhecimento novo e salvaguardá-lo, quando possível, da difusão rápida aos concorrentes. Exemplos de tais paradigmas tecnológicos incluem o motor a combustão interna, a química sintética baseada em petróleo e os semicondutores. Um exame mais atento dos padrões de mudança tecnológica, contudo, sugere

a existência de “paradigmas” com diversos níveis de generalidade, em vários setores industriais.

Um paradigma tecnológico é um *exemplar* – um artefato bem desenvolvido e melhorado (como um carro, um circuito integrado, um torno, cada um dos quais com suas características tecno-econômicas particulares) e uma *série de heurísticas* (e.g. Para onde vamos daqui? Onde deveríamos buscar? Em qual tipo de conhecimento a busca deveria estar baseada?).

Estes aspectos da mudança tecnológica que se relacionam ao melhoramento de algum dos atributos de desempenho típico dos exemplares (e.g. motores a combustão interna de veículos de quatro rodas, aviões a jato) sublinham a idéia de Sahal de “sinalizadores tecnológicos” (*technological guideposts*) (Sahal, 1981, 1985), sendo um poste de sinalização o artefato cujas características tecno-econômicas são progressivamente melhoradas. Artefatos básicos (tais como um carro) também são funcionalmente especificados (e.g. os atributos locomotores do carro) em relação a algum uso no sistema socio-econômico (um carro é usado nas atividades humanas de mobilidade familiar e também nas atividades de produção no mercado). (Para uma tentativa de mapear as características dos paradigmas tecnológicos e os usos socio-econômicos ou “necessidades”, ver Paolo Saviotti e J. Stanley Metcalfe, 1984). A este respeito, os paradigmas tecnológicos definem “lotes” de características de várias mercadorias. Se, seguindo Kelvin Lancaster (1971), os últimos são definidos em termos da combinação de atributos hedonísticos, os paradigmas tecnológicos restringem as combinações efetivas, em um espaço de características nocionais, a um certo número de lotes prototípicos.

Todavia, o desenvolvimento e aprimoramento destes “exemplares” básicos também envolvem o desenvolvimento de competências e “regras” específicas. Rosenberg (1976) ressalta a importância de “dispositivos de focalização” (*focusing devices*), i.e., problemas típicos, oportunidades e alvos que tendem a focalizar o processo de busca em direções particulares.

É claro que os procedimentos, competências e heurísticas envolvidos no processo de busca são, em graus variáveis, específicos a cada tecnologia. Em outras palavras, cada paradigma tecnológico envolve uma “tecnologia da mudança tecnológica”<sup>3</sup> específica. Por exemplo, em alguns setores (tais como química orgânica), esses procedimentos relacionam-se à habilidade de combinar conhecimento científico básico com o desenvolvimento de novas moléculas que apresentem as características requeridas. Assim, frequentemente a busca se dá em torno dos componentes existentes, auxiliada pelo conhecimento científico da relação entre estruturas físicas e propriedades químicas, pela experiência prévia e pelo acaso. Em outros setores (tais como dispositivos microeletrônicos) os métodos de busca inovativa envolvem os avanços científicos na área de fluxos elétricos de submicron em semicondutores, o desenvolvimento de equipamentos mais sofisticados capazes de gravar os chips no nível desejado de miniaturização e os avanços na lógica de programação a serem incorporados aos chips. Na engenharia mecânica o processo de busca é geralmente “focalizado” pelos *trade-offs* envolvidos no uso de máquinas (e.g. entre velocidade, flexibilidade para diferentes usos e precisão no corte). As habilidades requeridas neste processo de busca normalmente também envolvem experiências não escritas e relativamente tácitas no design e uso de equipamentos mecânicos e, mais recentemente, na interface entre controles eletrônicos e movimentos mecânicos. Ainda em outros setores (e.g. o elo final dos setores têxtil, do vestuário, artigos de couro e calçados) as “habilidades de busca” fundamentais são as capacitações de entender, antecipar e influenciar as tendências nos gostos e na moda.

Ocorre muito freqüentemente que os modelos prototípicos de solução de problemas, as regras de busca e os alvos focalizar, e ainda as crenças sobre “o que o mercado quer” se

---

<sup>3</sup> Este foi o título de uma importante conferência coordenada por Richard Nelson no Royal College of Arts, Londres, julho de 1985. Ver também Nelson (1981b).



tornam a visão compartilhada pela comunidade de engenharia. Um paradigma também é explorado economicamente e reproduzido através do tempo pelo desenvolvimento de instituições, que treinam os que serão praticantes do método no melhoramento dos exemplares básicos; e os julgamentos dos pares também se baseia no sucesso alcançado no refinamento e uso destes métodos (a este respeito, a história de Noble sobre o desenvolvimento das Escolas de Engenharia americanas e sua relação com a indústria e a história de Hughes sobre eletrificação são ilustrações vívidas do processo institucional que acompanha o estabelecimento de “paradigmas tecnológicos”; ver David Noble, 1987 e Thomas Hughes, 1982).

### ***B. Paradigmas tecnológicas e padrões de inovação: trajetórias tecnológicas***

Uma implicação da forma paradigmática de conhecimento tecnológico é que as atividades inovativas são fortemente *seletivas*, *focalizadas* em direções muito precisas e *cumulativas* na aquisição de capacitações para a solução de problemas. Isto também vale para padrões relativamente ordenados de inovação que se tende a observar em nível de tecnologias isoladas, como mostrado por vários estudos de “previsão tecnológica” (para uma ampla revisão e discussão da literatura, Joseph Martino, 1976). Define-se *trajetória tecnológica* (Nelson e Winter, 1977; Sahal, 1981; Dosi, 1982; Theodore Gordon e Thomás Munson, 1981; Saviotti e Metcalfe, 1984) como as atividades do processo tecnológico que ocorrem dentro de *trade-offs* econômicos e tecnológicos definidos por um paradigma.

Assim, por exemplo, o progresso tecnológico na tecnologia de aeronaves seguiu duas trajetórias precisas (uma civil e uma militar) caracterizadas por aperfeiçoamentos log-lineares nos *trade-offs* entre potência e peso bruto de empuxo; velocidade de voo, carregamento da asa e amplitude de voo (Sahal, 1985 e uma comunicação oral de Paolo Saviotti sobre uma pesquisa em andamento na Universidade de Manchester). Na microeletrônica, a mudança tecnológica é representada com precisão por uma trajetória exponencial de aperfeiçoamentos na relação entre a densidade de chips eletrônicos, a velocidade de processamento e o custo por bit de informação (Dosi, 1984). Mais geralmente, há crescente evidência de que “avenidas de inovação” específicas são uma característica generalizada dos padrões observados de mudança tecnológica (Sahal, 1985). É claro que não há uma razão econômica *a priori* do por quê se deve observar aglomerações de características tecnológicas limitadas em qualquer ponto do tempo e trajetórias ordenadas ao longo do tempo. De fato, dados consumidores com preferências diferentes e usuários de equipamentos com diferentes requerimentos técnicos, se a tecnologia tivesse os atributos maleáveis da informação e se a busca inovativa fosse um processo puramente aleatório, dever-se-ia observar algum tipo de “curvas de indiferença tecnológica” em qualquer ponto do tempo e, ao longo do tempo, uma busca aleatória em todo o espaço  $n$ -dimensional de características. É óbvio que “quão diferentes” são os consumidores e os usuários de bens, de tipos de equipamentos e de componentes intermediários é uma questão empírica. No entanto, diferenças relativamente amplas (dada a alta dimensionalidade do espaço de características e requerimentos técnicos demandados pelos consumidores e usuários de mercadorias) não podem ser descartadas nem pelo empiricismo dos estudos de caso nem por argumentos teóricos gerais. Mais do que isso, para qualquer distribuição de características em qualquer período arbitrário  $t$ , deve-se esperar que o crescimento da renda e da divisão do trabalho entre as diferentes atividades produtivas amplie a diversidade das micro-demandas. Mesmo se as tecnologias fossem simplesmente peças de informação (ou recipientes) que pudessem ser adicionadas, convexamente combinadas, etc., também se tenderia a observar uma variedade crescentemente dispersa de combinações técnicas e de desempenho nos produtos e insumos de produção existentes. Ao longo do tempo isso levaria à exploração de todas as características do espaço de produtos finais, de máquinas-ferramenta,

de componentes, etc. Contudo, a evidência levantada sugere que se observam “explorações” limitadas a algumas subséries muito pequenas do espaço nocional de características. É precisamente a natureza cumulativa do conhecimento tecnológico que explica a natureza relativamente ordenada dos padrões observados de mudança tecnológica.

Os engenheiros normalmente tentam melhorar as características desejáveis específicas a um certo produto, ferramenta ou dispositivo, levando em conta os *trade-offs* entre estas características. Quanto a isso, a evidência histórica sugere fortemente que um grande impulso à inovação deriva de *desequilíbrios* entre as dimensões técnicas que caracterizam uma “trajetória” (ou “avenida”), *e.g.* entre a rapidez de corte e a resistência das ferramentas no caso das máquinas-ferramenta, ou entre a velocidade da lançadeira e a velocidade de rotação dos fusos, no caso dos teares do século XVIII. Para uma discussão dos vários exemplos deste processo de solução de *desequilíbrios* técnicos, que Hughes (1987) chama de “saliências adversas” e “problemas críticos”, ver Rosenberg (1976, especialmente o cap. 6). Os argumentos que estendem o escopo dos “*desequilíbrios*” para as relações entre a mudança tecnológica e os papéis sociais e comportamentos dos diferentes grupos de trabalhadores estão em Lazonick (1979, 1987) e von Tunzelmann (1978, 1982). Outros exemplos podem ser encontrados em David Landes (1969).

Inversamente, uma mudança no paradigma geralmente implica uma mudança nas trajetórias: junto com as diferentes bases de conhecimento e os diferentes protótipos de artefatos, as dimensões tecno-econômicas da inovação também variam. Algumas características podem se tornar mais fáceis de se obter, podem surgir novas características desejáveis, enquanto outras podem perder relevância. Da mesma forma, a visão dos futuros avanços tecnológicos por parte dos engenheiros muda, ligada à mudança de ênfase nos *trade-offs* que caracterizam os novos artefatos. Assim, por exemplo, a trajetória tecnológica em componentes elétricos ativos baseados em válvulas termostáticas tem, como dimensões fundamentais, os parâmetros de perda de calor, a miniaturização e a confiabilidade ao longo do tempo. Com o aparecimento dos componentes em estado sólido, a perda de calor se tornou menos relevante, enquanto a miniaturização aumentou enormemente em importância e também as taxas às quais o progresso poderia ser alcançado dispararam. De modo mais geral, tem-se sugerido que grandes aglomerados de paradigmas tecnológicos prevalescentes (*e.g.* aqueles relacionados à petroquímica sintética, à produção eletromecânica ou, mais recentemente, à microeletrônica) envolvem a utilização intensa de algum insumo crucial abundantemente disponível a baixo custo (energia nos primeiros dois exemplos e processamento de informações no último; Carlota Perez, 1985, 1987).

### ***C. Tecnologia: informação livremente disponível ou conhecimento específico?***<sup>4</sup>

A visão de tecnologia aqui apresentada é muito diferente do conceito de tecnologia como informação que é geralmente aplicável e fácil de reproduzir e reutilizar (Arrow, 1962b), no qual as firmas podem produzir e usar inovações empregando livremente um “estoque” ou “reservatório” geral de conhecimento tecnológico. Implica que as firmas produzem as coisas de maneiras que são tecnologicamente diferenciadas dos produtos e métodos de outras firmas e que elas produzem inovações baseadas geralmente em tecnologia interna, ainda que com algumas contribuições de outras firmas, e em conhecimento público. Em tais circunstâncias, o processo de busca das firmas industriais por aprimorar sua tecnologia *não é* caracterizado por firmas levantando todo o estoque de conhecimento tecnológico nocional antes de fazerem suas escolhas tecnológicas (ver Nelson e Winter, 1982). Pelo contrário, dada essa natureza altamente diferenciada, as firmas buscam melhorar e diversificar sua tecnologia pesquisando em áreas que lhes capacitam a usar e construir sobre sua base tecnológica existente e também

<sup>4</sup> Este trecho está parcialmente baseado em Dosi, Pavitt e Soete (1988), que por sua vez deriva de Pavitt (1984d).

sobre seus mercados existentes, seus canais de distribuição, etc. (Teece, 1982, 1986). Em outras palavras, os processos de busca tecnológica em cada firma são cumulativos também. O que a firma pode esperar fazer tecnologicamente no futuro é estreitamente delimitado pelo que ela foi capaz de fazer no passado.

A distinção entre *tecnologia* e *informação* – sendo a última apenas um subconjunto da primeira – tem consequências analíticas importantes para a teoria da produção. Para ilustrar esta distinção, façamos uma analogia científica (note-se também que *ciência* é algo mais próximo da informação e que o *ethos* da comunidade científica é divulgar os resultados, enquanto na tecnologia gerada privadamente o *ethos* é escondê-la e apropriar-se dela; ver Partha Dasgupta e Paul David, 1985). Certamente, uma boa parte da “ciência” pode ser incorporada na “informação”. Há periódicos de circulação livre, manuais e cursos universitários que disseminam esta informação. Além disso, há condições de mercado para acessá-la, por exemplo, há um mercado para manuais e condições econômicas de acesso à educação superior (e.g. o valor da assinatura dos periódicos, a disponibilidade ou escassez de bolsas para alunos que não podem se sustentar); entretanto, em qualquer sentido próprio do termo, obter um PhD não é simplesmente adquirir informação, e é ainda menos verdade dizer-se que há um mercado para PhDs. Nesta analogia, “informação” está vis-à-vis com as capacitações de inovação tecnológica, assim como uma assinatura da *American Economic Review* está vis-à-vis com o alcance do Prêmio Nobel de Economia: em ambos os casos existe um elemento irreduzível que não é informação e que não pode ser comprado e vendido; pelo contrário, depende de habilidades e qualificações que são aumentadas cumulativamente. Em toda tecnologia há um elemento de conhecimento *tácito* e *específico* e que *não pode* ser escrito na forma de um manual de instruções, e que portanto não pode ser inteiramente difundido, nem em forma de informação pública nem privada (ver Polanyi, 1967 e a discussão desta mesma questão em Nelson e Winter, 1982)<sup>5</sup>. É claro que isso não quer dizer que tais qualificações e formas de conhecimento tácito são inteiramente imóveis: as pessoas podem se mudar de uma firma para outra, ou podem começar seu próprio negócio (e muitas vezes ofertar bens e conhecimento aos competidores de sua firma original), os processos de aprendizado de uma firma podem ser imitados por outras firmas, entre outras coisas. Mas ainda é verdade, entretanto, que as atividades inovativas apresentam – em vários graus – características cumulativas, locais e específicas à firma em que ocorrem. Esta afirmação é sustentada por diversos estudos empíricos.

Um dos resultados da literatura é que a *informação* sobre o que as firmas estão fazendo difunde-se muito rapidamente (Edwin Mansfield, 1961, 1985); contudo, a habilidade de produzir ou replicar os resultados inovativos é muito mais rígida. As inovações bem-sucedidas estão mais relacionadas à série existente de qualificações tecnológicas e de mercado das firmas, do que as inovações mal-sucedidas (Robert Cooper, 1983; Modesto Maidique, 1983); elas tendem a ocorrer em áreas de produto próximas ao mercado corrente da firma; as atividades que as firmas realizam aumentam os custos de aprendizado iniciais, que são recuperados depois como consequência dos melhoramentos cumulativos no desempenho do produto e de aplicações de mercado mais amplas (John Enos, 1962; David, 1975; David e

---

<sup>5</sup> Egidi (1986) desenvolveu uma analogia entre “tecnologia” e estruturas lingüísticas: assim como a semântica e a sintaxe das linguagens naturais formam o que se diz e como se diz, assim também a tecnologia envolve uma cadeia coerente de rotinas (“... primeiro pegue uma peça de ferro e o martelo, depois faça isso e aquilo, depois coloque o ferro sobre a bigorna...” etc.). Por sua vez, essas rotinas envolvem habilidades que não podem ser deduzidas nem da natureza dos insumos (a peça de ferro, o martelo, a bigorna, etc.) nem da seqüência de operações. Este também é obviamente o caso da produção lingüística: o conhecimento do Oxford Dictionary (a semântica) e da gramática inglesa (a sintaxe) limita e define o que pode ser dito mas não é de modo algum suficiente para gerar a capacidade de escrever *Hamlet*. Numa perspectiva diferente, mudanças na tecnologia como um processo criativo de geração de novas qualificações são discutidas em Mario Amendola (1983) e Amendola e Jean-Luc Gaffard (1986).

Olsen, 1984, 1986; Rosenberg, 1976, 1982; Sahal, 1981; Morris Teubal, 1982; Paul Gardiner, 1984; Roy Rothwell e Gardiner, 1984).

Uma vez reconhecida a natureza cumulativa e específica à firma da tecnologia, seu desenvolvimento ao longo do tempo deixa de ser aleatório, e fica limitado a zonas muito relacionadas em termos tecnológicos e econômicos (*e.g.* mercados relacionados e redes de distribuição) às atividades existentes. Se estas zonas puderem ser identificadas, medidas e explicadas, também será possível prever os prováveis padrões futuros de atividades tecnológicas nas firmas, nas indústrias e nos países (ver David, 1975; Sahal, 1981, 1985; Pavitt, 1984; Dosi, Pavitt e Luc Soete, 1988).

Cada paradigma tecnológico, como se sugere aqui, incorpora uma combinação específica de determinantes exógenos da inovação (*e.g.* os avanços universitários na ciência pura) e determinantes que são endógenos ao processo de concorrência e de acumulação tecnológica de firmas e indústrias particulares. Mais do que isso, cada paradigma envolve *modos de busca, bases de conhecimento e combinações entre as formas de conhecimento tecnológico públicas e privadas*, que são muito específicos.

Dadas estas características da tecnologia e da inovação tecnológica, como são organizados os processos de busca? Quem são os agentes que as realizam? Como eles se relacionam com o resto do sistema econômico?

#### ***D. Como as organizações constroem bases de conhecimento***

A crescente complexidade das tecnologias e das atividades de pesquisa neste século têm militado em favor de organizações formais (laboratórios de P&D de grandes empresas, laboratórios de institutos governamentais e universidades) em lugar de inovadores individuais, por serem ambientes mais condúveis à produção de inovações. Isto também é mostrado pelo crescimento tendencial na parcela de patentes corporativas em relação a patentes individuais registradas nos EUA e em outras economias ocidentais.

David Mowery (1980, 1983) fez uma reconstituição do crescimento das atividades de pesquisa e desenvolvimento na indústria norte-americana a partir do início deste século. Notavelmente, ele descobriu que a P&D realizada pela indústria – que cresce a uma taxa muito mais elevada que o produto ou o emprego industriais – também tende a ser internalizada às empresas manufatureiras. Em outras palavras, ao contrário da hipótese de Stigler (George Stigler, 1956), o crescimento da P&D industrial não levou a um processo comparável de divisão do trabalho definida pelo mercado, nem à emergência de “fornecedores de inovação” especializados. P&D interna é a forma dominante de organização para a busca tecnológica das corporações (sobre este ponto, ver também Leonard Reich, 1985; Rosenberg, 1985; e Nelson, 1986). Como Richard Nelson afirma: “o laboratório de P&D industrial moderno, ligado no interior da firma aos departamentos de produção e frequentemente ao de marketing, tem um número de vantagens sobre a dependência de laboratórios de pesquisa e desenvolvimento externos, particularmente quando certos aspectos das tecnologias relevantes são idiossincráticos e tácitos, e a P&D precisa ser moldada a estas idiossincrasias e a estratégias particulares da firma. Em adição à vantagem geral da integração em tais circunstâncias, como enfatizada por Oliver Williamson (1985), aqui, como Mowery destacou, a integração tem a vantagem adicional de propiciar um melhor fluxo de informação do laboratório de P&D para aqueles que têm de implementar a nova tecnologia, e dos últimos para o primeiro. Ela também serve para limitar o vazamento de informação entre organizações” (Nelson, 1986, p. 10). É claro que frequentemente também se observa transferências de inovação e competências técnicas via mercado – tais como o licenciamento e os contratos de consultoria; entretanto “o modo predominante de pesquisa industrial no setor privado, ao menos nos EUA, são as organizações integradas de pesquisa, parte de uma

empresa de negócios que se engaja numa outra atividade verticalmente relacionada a pesquisa e desenvolvimento, tais como manufatura, marketing, distribuição, vendas e serviços” (Teece, 1986, p. 1). Além disso, mesmo quando o licenciamento e outras formas de transferência de tecnologia interfirmas ocorrem, elas não aparecem como um substituto do tipo “tudo ou nada” para a busca interna: é preciso ter uma substancial capacidade interna para reconhecer, avaliar, negociar e finalmente adaptar a tecnologia potencialmente disponibilizada por outros (Dosi, 1988).

A análise de Williamson (1975, 1985) dos custos de transação envolvendo assimétricas informacionais, problemas de monitoramento e possibilidades de comportamento oportunista é claramente parte da interpretação deste fenômeno: as transações de mercado envolvendo atividades de busca geralmente implicam (a) especificações incompletas de contratos, dada a incerteza sobre os resultados da pesquisa; (b) falta de proteção adequada da informação privada; (c) possibilidade de fenômenos de *lock-in* com os fornecedores de pesquisa, que podem posteriormente obter ganhos com tais vantagens assimétricas; (d) incentivos muito fracos a desempenhos de baixo custo; (e) custos de monitoramento (sobre todos estes pontos, ver Teece, 1988).

Em adição (e complemento) a estes fatores relacionados às transações, a discussão anterior da natureza da tecnologia e da busca inovativa sugere outra série de fatores, relacionados às características do conhecimento e da solução de problemas. De fato, a heurística de “como fazer as coisas” e “como melhorá-las” está frequentemente incorporada em rotinas organizacionais, as quais, mediante a prática, a repetição e melhoramentos mais ou menos incrementais, tornam certas firmas “boas” para explorar certas oportunidades tecnológicas e traduzi-las em produtos comercializáveis específicos. Em tais casos, há um montante significativo de indivisibilidades organizacionais, porque o aprendizado organizacional pode não ser aditivo ao aprendizado dos indivíduos ou grupos que compõem a organização: de fato, Adam Smith foi o primeiro a enfatizar a dicotomia entre o “aprendizado sistêmico” (e.g. os efeitos benéficos da divisão do trabalho para a eficiência econômica) por um lado, e a brutalização degradante causada por tarefas repetitivas e alienantes para alguns grupos de trabalhadores, por outro lado. Processos intra-firma de especialização e divisão do trabalho são bons exemplos dessa possibilidade. Pode muito bem decrescer o escopo do conhecimento ou das competências que se requer que os indivíduos ou grupos apliquem na produção ou na busca inovativa (neste sentido, requer-se que eles “esqueçam”) enquanto, ao mesmo tempo, os mesmos indivíduos e grupos se tornam ligados por rotinas e aumentam a eficiência organizacional (por qualquer critério que esta última seja avaliada). Por exemplo, a emergência da fábrica moderna também implicou “desqualificação” de categorias particulares de artesãos; as habilidades de vários grupos de artesãos trabalhadores se tornaram redundantes, as habilidades de *fazer* máquinas particulares se tornaram crescentemente separadas das habilidades envolvidas em *usá-las*; a introdução de técnicas eletromecânicas de produção em massa automatizada em grandes plantas reduziu ainda mais o conhecimento requerido de porções significativas da força de trabalho. Entretanto, estes mesmos processos estiveram associados a grandes aumentos nas habilidades de organizações empresariais (cada vez mais complexas) em aprender, i.e., em “estocar” e desenvolver internamente, procedimentos para a eficiência crescente na produção.

A exploração das características das competências organizacionais com referência específica à pesquisa de inovações está ainda em um estágio muito incipiente (ver Pavitt, 1986a; Teece, 1986, 1988; Winter, 1987a, 1987b; Neil Kay, 1979, 1982); entretanto, em minha visão, existe aí um ingrediente fundamental (junto com os custos de transação e os fatores de monitoramento enfatizados por Williamson, 1985) da explicação tanto da integração da pesquisa em unidades de produção e comercialização quanto, mais geralmente, das *fronteiras das firmas* nas economias de mercado contemporâneas. Mais precisamente,

Teece (1986), Pavitt, Mike Robson e Joe Townsend (1987), formularam independentemente a hipótese de que tais fronteiras são definidas pelo escopo de suas “competências nucleares”, isto é, falando livremente, pelo escopo “daquilo em que são boas” e pela relevância deste conhecimento específico para as atividades de inovação, produção e comercialização de certa mercadoria. Isto – como é sugerido – afeta também o escopo da diversificação e da integração vertical eficientes de qualquer firma (ver mais sobre isso em Dosi, Teece e Winter, 1987).

Rotinas organizacionais e procedimentos de mais alto nível para alterá-las em resposta a mudanças ambientais e/ou falhas de desempenho incorporam uma tensão contínua entre os esforços para melhorar as capacitações para fazer as coisas *existentes*, monitorar os contratos *existentes*, alocar os recursos *dados*, por um lado, e o desenvolvimento de capacitações para fazer coisas novas ou para fazer coisas velhas de novas maneiras. Esta tensão é complicada pela natureza intrinsecamente incerta das atividades inovativas, a despeito de sua crescente internalização nas firmas. O resultado técnico (e mais do que isso, comercial) das atividades de pesquisa dificilmente pode ser conhecido *ex ante* (para a evidência empírica sobre projetos de pesquisa individuais, ver Mansfield, 1968 e Mansfield *et al.*, 1971, 1977). Em geral, a incerteza associada às atividades inovativas é muito mais forte que aquela com a qual os modelos econômicos comumente tratam. Ela envolve não apenas a falta de conhecimento dos custos e resultados precisos das diferentes alternativas, mas também, freqüentemente, a falta de conhecimento de quais são as alternativas (ver Freeman, 1982; Nelson, 1981a; Nelson e Winter, 1982). De fato, deve-se distinguir entre (a) a noção de incerteza familiar à análise econômica, definida em termos de informação imperfeita sobre a ocorrência de uma *lista de eventos conhecida*; e (b) o que poderíamos chamar de *incerteza forte*, onde a lista de eventos é desconhecida e não se sabe nem as conseqüências de qualquer ação particular para qualquer dado evento (ver mais em Dosi e Egidi, 1987). Eu sugiro que, em geral, a busca inovativa é caracterizada por incerteza forte. Isto se aplica, principalmente, àquelas fases da mudança tecnológica que podem ser chamadas de *pre-paradigmáticas*. Durante estes períodos altamente exploratórios, defronta-se com uma dupla incerteza: com respeito aos resultados práticos da busca inovativa e sobre quais princípios científicos e tecnológicos e procedimentos de solução de problemas o avanço tecnológico pode se basear. Quando um paradigma tecnológico se estabelece ele traz consigo uma redução da incerteza, no sentido de que ele focaliza as direções da busca e cria as bases da formação mais segura de expectativas tecnológicas e de mercado. (Neste sentido, as trajetórias tecnológicas não são apenas a descrição *ex post* dos padrões de mudança técnica, mas também, como mencionado, a base da heurística sobre “para onde vamos a partir daqui?”) Entretanto, mesmo no caso da busca tecnológica “normal” (em oposição à exploração “extraordinária”, associada com a busca de novos paradigmas) a incerteza forte está presente. Mesmo quando a base de conhecimento fundamental sobre as direções esperadas do avanço é muito bem conhecida, ainda é o caso para se engajar em pesquisa exploratória, desenvolvimento e concepção (*design*) antes de saber qual será o resultado (quais serão as propriedades de um novo composto químico, qual a aparência de um projeto [*design*] concreto, etc.), quanto algum resultado administrável custará ou mesmo se resultados úteis emergirão (Mansfield *et al.*, 1977).

Como resultado, as firmas tendem a operar com rotinas relativamente gerais e independentes dos eventos (com regras do tipo “... gastar x% das vendas em P&D...”, “distribuir a atividade de pesquisa em pesquisa básica, projetos arriscados e inovações incrementais, de acordo com percentuais rotineiros...” e algumas vezes com meta-regras do tipo “na presença de altas taxas de juros ou de baixos lucros, cortar a pesquisa básica, etc.). Este resultado é corroborado por ampla evidência na literatura de gestão e também por testes econométricos recentes e mais rigorosos; ver Griliches e Ariel Pakes (1986) os quais mostram que “o padrão de investimento em P&D numa firma é essencialmente um passeio aleatório com uma variância relativamente baixa dos erros” (pp. 10-11). Neste sentido, a hipótese de

Schumpeter sobre a rotinização da inovação (Joseph Schumpeter, 1942) e a persistência da incerteza relacionada à inovação não estão em conflito, antes bem podem ser complementares. Como sugerido pelo Schumpeter “maduro”, pode-se supor que a pesquisa conduzida por corporações de grande porte tornou-se a forma predominante de organização da inovação porque ela é mais eficiente na exploração e na internalização dos aspectos cumulativos e tácitos do conhecimento tecnológico (Mowery, 1980; Pavitt, 1986). Além disso, as empresas tendem a adotar políticas estáveis (regras) porque se defrontam com ambientes complexos e imprevisíveis onde não podem prever os estados futuros do mundo, nem mesmo “mapear” eventos nocionais em termos de ações e resultados (Dosi e Orsenigo, 1988; Heiner, 1983, 1988). A busca internalizada nas empresas explora a comulatividade e a complexidade do conhecimento tecnológico. Adotando regras estáveis, as firmas tentam reduzir a incerteza da busca inovativa, sem contudo eliminá-la.

Internalização e rotinização em face da incerteza e da complexidade do processo inovativo também apontam para a importância de arranjos institucionais particulares para o sucesso de tentativas de inovação individuais. Este foi o resultado do Projeto SAPPHO (cf. SPRU, 1972 e Rothwell *et al.*, 1974), provavelmente a pesquisa mais ampla das fontes de sucesso ou fracasso de inovações comerciais: acordos institucionais, seja internos à firma – tais como a natureza dos arranjos organizacionais entre o pessoal técnico e o pessoal de vendas, ou a autoridade hierárquica dentro da firma inovadora –, seja entre a firma e o ambiente externo – tais como bons canais de comunicação com os usuários, com a universidade, etc. –, mostraram-se muito importantes. Além disso, têm sido argumentado (Pavitt, 1986; Robert Wilson, Peter Ashton e P. Thomas Egan, 1984) que, para dados incentivos e oportunidades inovativas, as várias formas de organização interna da empresa (forma de U *versus* forma de M, centralizada *versus* descentralizada, etc.) afetam a inovação e o sucesso comercial positiva ou negativamente, de acordo com a natureza de cada paradigma tecnológico e seu estágio de desenvolvimento.

Em geral, cada arranjo organizacional de uma firma incorpora procedimentos para alocar recursos em atividades particulares (no nosso caso, atividades inovativas) e para o uso eficiente desses recursos na busca por novos produtos, novos processos e novos procedimentos para melhorar as rotinas existentes; entretanto, a natureza específica desses procedimentos difere entre firmas e entre setores. Por exemplo, o grau típico de comprometimento de recursos varia entre indústrias, assim como as taxas nas quais ocorre o aprendizado. Agora me ocupo da interpretação desses fenômenos.

#### **IV. Oportunidades, incentivos e os padrões intersetoriais de inovação**

Claramente, o comprometimento de recursos de agentes motivados pelo lucro deve envolver tanto a percepção de algum tipo de oportunidade quanto uma série de incentivos concretos. As diferenças intersetoriais observadas no investimento em inovação são o resultado de diferenças nas estruturas de incentivos, de diferenças nas oportunidades, ou de ambos? Jacob Schmookler, em seu trabalho clássico, argumentou que a serendipidade\* e a universalidade da ciência moderna geram uma ampla e *setorialmente indiferenciada* gama de oportunidades que são exploradas em graus diferenciados por cada atividade econômica, de acordo com incentivos econômicos diferentes e, em particular, com padrões diferentes de

---

\* Termo equivalente a descobrimento acidental, ou "atirar no que se vê e acertar no que não se vê". Baseia-se no conto "Os Três Príncipes de Serendip" (1754), de H. Warpole, que saíram pelo mundo em busca de alguma coisa; não descobriram exatamente o que procuravam, mas encontraram muitas outras coisas, possivelmente mais úteis do que as que buscavam. Segundo o *Dicionário Etimológico Michaelis*, o termo passou a ser usado na década de 1950 por um certo Cannon, o qual indicou que serendipidade, ou serendipismo, é uma das principais virtudes da pesquisa, e que a mente preparada deve estar alerta para a sua ocorrência (N.T.).

crescimento da demanda (Schmookler, 1966). (De fato, ele não estava tão preocupado com os investimentos em inovação como com os produtos da inovação, que mensurou pelas patentes. Entretanto, o mesmo argumento se aplica: para oportunidades idênticas, a elasticidade dos produtos da inovação com relação aos insumos de P&D deve ser a mesma.) A tese de Schmookler tem sido criticada em bases tanto teóricas como empíricas (ver Rosemberg, 1976, cap. 15; e Freeman, 1982). A análise do processo de inovação, a seguir, dá suporte a tais críticas e ajuda a tornar claros os méritos e limites da hipótese de Schmookler.

### ***A. Oportunidades tecnológicas: ciência endógena e aprendizado específico***

Nesta seção discuto primeiro o papel das oportunidades para inovação relacionadas à ciência e, depois, a importância das outras fontes de oportunidades.

O conhecimento científico desempenha um papel importante na abertura de novas possibilidades de grandes avanços tecnológicos. Neste século, a emergência de novos paradigmas tecnológicos de vulto frequentemente dependeu e esteve diretamente relacionada a vultosas revoluções científicas; ver, por exemplo, a origem da química sintética (John Beer, 1959; Freeman, 1982), do transistor (Nelson, 1962; H. S. Kleiman, 1977; Dosi, 1984) e da bioengenharia (Orsenigo, 1988). Certamente, na civilização ocidental há uma longa história de elos entre a ciência e a tecnologia, sugerindo, no mínimo, efeitos cruzados, desde Leonardo Da Vinci e Galileu. O que é novo e crescentemente importante neste século é que a geração e utilização de parte do conhecimento científico é interna ao (e muitas vezes uma condição necessária do) desenvolvimento de novos paradigmas tecnológicos. Até o final do século XIX, as inovações tecnológicas eram normalmente introduzidas por artesãos imaginosos; por exemplo, os motores foram desenvolvidos por inventores práticos muito antes dos trabalhos de Carnot sobre termodinâmica. Neste século, no que se refere a inovações importantes, elas se movem mais próximas do “arquetipo do transistor”, no qual a descoberta de certas propriedades da mecânica quântica dos semicondutores, que gerou um Prêmio Nobel de Física, e o desenvolvimento tecnológico do primeiro dispositivo microeletrônico foram a mesma coisa (Nelson, 1962; Ernest Braun e Stuart MacDonald, 1978; Dosi, 1984).

À primeira vista, o crescente papel dos insumos científicos pode ser visto como evidência da importância de fatores exógenos ao processo concorrencial entre atores economicamente motivados. Esta é uma verdade, contudo sujeita a duas qualificações.

Primeira, o elo entre ciência e tecnologia tem o sentido da última para a primeira, também. Tem sido notado, por exemplo, que o desenvolvimento de instrumentos científicos exerce um grande impacto no progresso científico subsequente. Entretanto, em geral o escopo, o prazo e os canais de influência do avanço tecnológico sobre a ciência têm uma natureza diferente da influência mais direta das descobertas científicas sobre as oportunidades tecnológicas. Uma discussão detalhada está além dos limites deste texto. (Sobre estes assuntos, ver John Bernal, 1939; Rosenberg, 1982; e Derek de Solla Price, 1984.) Segunda, os avanços científicos têm um papel *importante e direto*, especialmente nas primeiras fases do desenvolvimento de novos paradigmas tecnológicos. Frequentemente é o caso, também, que o estabelecimento de um novo paradigma tecnológico importante envolve também a solução de um problema de natureza teórica, e/ou o desenvolvimento de dispositivos, compostos, moléculas e assim por diante, que são desafiadores para os cientistas (o transistor, o polipropileno e a engenharia genética são exemplos óbvios).

Neste sentido, o progresso do conhecimento científico geral cria uma gama mais ampla de paradigmas tecnológicos potenciais. Em outro trabalho (Dosi, 1984) analisei os mecanismos através dos quais só alguns destes paradigmas são realmente desenvolvidos, economicamente aplicados e, frequentemente, se tornam dominantes. É suficiente dizer aqui que este processo de seleção depende (a) da natureza e dos interesses das “instituições que



fazem a ponte” (Freeman, 1982) entre a pesquisa pura e as aplicações econômicas (estas instituições, que podem ser estabelecimentos privados, como os Laboratórios Bell, ou organizações públicas, são instrumentais ao aplicarem os avanços teóricos ao desenvolvimento de dispositivos práticos, mesmo na condição de incentivos econômicos remotos ou inexistentes; (b) muito freqüentemente, especialmente neste século, de fatores estritamente institucionais, tais como agências públicas de fomento (e.g. militares); (c) do mecanismo de tentativa e erro na exploração de novas tecnologias, normalmente associado ao empreendedorismo “schumpeteriano” (Joshua Ronen, 1983); (d) dos mecanismos de seleção via mercado e/ou dos requisitos tecno-econômicos dos primeiros usuários (e.g. as especificações técnicas da NASA e do Pentágono nos primeiros dias dos circuitos integrados, os requisitos da FDA no caso da bio-engenharia e as necessidades técnicas da Marinha americana no caso dos reatores nucleares).

Uma vez estabelecido o paradigma tecnológico, os objetivos e a heurística da busca tecnológica normalmente tendem a divergir dos da pesquisa científica. Isto se deve parcialmente ao *ethos* das comunidades científica e técnica. (Por exemplo, o desenvolvimento do primeiro transistor tinha um interesse científico profundo; um transistor “melhor” deve ter gerado grande interesse para o engenheiro, mas pouco para o cientista.) Entretanto, atividades científicas particulares (especialmente de natureza aplicada) normalmente se tornam parte da busca tecnológica no curso de “trajetórias” definidas por um paradigma particular. Em outras palavras, parte da atividade científica é “endogenizada” em atividades de busca e acumulação tecnológica de firmas motivadas pelo lucro (considere-se, por exemplo, a pesquisa científica aplicada das empresas químicas e farmacêuticas; para uma análise da relação entre pesquisa “endógena” e “exógena” neste caso, ver Chesnais, 1986 e Orsenigo, 1988).

Tudo isso tem a ver com as oportunidades de atividades inovativas relacionadas à ciência; contudo, como já foi mencionado, mesmo em tecnologias que derivam diretamente de avanços científicos, a base de conhecimento subjacente à busca inovativa também inclui formas específicas de conhecimento tecnológico. Isso se aplica *a fortiori* às tecnologias menos diretamente derivadas da ciência. Estas considerações têm implicações importantes para as oportunidades tecnológicas.

Primeiro, a especificidade, a cumulatividade e a tacitividade de parte do conhecimento tecnológico implicam que tanto as oportunidades percebidas de inovação quanto as capacitações para persegui-las são em boa medida, *locais* e específicas às firmas. Segundo, deve-se esperar que a oportunidade para avanços tecnológicos em qualquer atividade econômica (e, conseqüentemente também a “produtividade inovativa” – se pudermos mensurá-la – de um dólar de investimento em P&D) seja específica e restringida pelas características de cada paradigma tecnológico e por seu estágio de maturação. Além disso, as oportunidades inovativas de cada setor econômico são influenciadas pelo grau em que ele depende da base de conhecimento e dos avanços tecnológicos de seus clientes e fornecedores. A especificidade setorial das oportunidades tecnológicas entre indústrias e entre firmas é consistente também com os resultados das estimativas econométricas de Scherer das taxas de inovação – mensuradas pelas patentes registradas – nos quais 42,5% da variância é explicada por um componente interindustrial: Frederick Scherer sugere que boa parte desta variância pode estar relacionada a diferenças interindustriais de oportunidade (por suposição, à falta de qualquer medida quantitativa para isso; Scherer, 1986, cap. 9); outras análises confirmam tais especificidades setoriais (e.g. Pakes e Mark Schankerman, 1984).

Em muitos aspectos, a idéia de que as oportunidades tecnológicas são restritas ao paradigma também é consistente com a evidência histórica e com as hipóteses interpretativas propostas anteriormente por Simon Kuznets (1930) e Arthur Burns (1934) sobre um “retardo secular” no crescimento do produto e da produtividade, por produto e por indústria, que decorre – na terminologia sugerida aqui – da exaustão gradual de oportunidades tecnológicas

no curso de trajetórias particulares.

Os novos paradigmas remodelam os padrões de oportunidades de progresso técnico em termos do *escopo* das potenciais inovações e da *facilidade* com a qual elas são realizadas. Além disso, eles irradiam seus efeitos bem além de seu setor de origem e geram novas fontes de oportunidade, via fluxos de insumos e produtos e outras complementaridades tecnológicas, para atividades que, de outro modo, estariam estagnadas. A emergência de novos paradigmas e a difusão de seus efeitos por toda a economia são provavelmente as principais razões pelas quais não assistimos, nas economias modernas, à aproximação de um “estado estacionário”. Mais precisamente, tende-se a observar dois amplos fenômenos que se reforçam. Primeiro, novos paradigmas tecnológicos continuamente trazem novas oportunidades para o desenvolvimento de produtos e para incrementos de produtividade. Segundo, uma característica mais uniforme das trajetórias tecnológicas observadas é seu amplo escopo para mecanização, especialização e divisão do trabalho, dentro e entre as plantas e indústrias (Nelson e Winter, 1977). Ao contrário das expectativas pessimistas dos economistas clássicos e mesmo de algumas formalizações contemporâneas de problemas de alocação de recursos em mercados descentralizados, os retornos decrescentes não emergiram historicamente, mesmo naquelas atividades que envolvem um fator dado e “natural”, tais como a agricultura e a mineração: a mecanização, os pesticidas e fertilizantes químicos, novas gerações de plantas e animais e técnicas aperfeiçoadas de extração mineral e purificação impediram a “escassez” de se tornar a característica funcional predominante dessas atividades. *A fortiori*, isso se aplica às indústrias manufatureiras. Similarmente, os novos paradigmas tecnológicos, direta ou indiretamente – via seus efeitos sobre os paradigmas “velhos” – geralmente impedem o surgimento de retornos decrescentes no *processo de busca* por inovações. Considere-se os efeitos da biotecnologia na eficiência da busca por novos remédios ou os efeitos dos controles eletrônicos e dos computadores na indústria produtora de máquinas.

Os estudos contemporâneos de pesquisa e progresso tecnológico de fato sustentam a hipótese de que (a) em qualquer ponto do tempo, as oportunidades tecnológicas variam de acordo com os setores e os graus de desenvolvimento dos vários paradigmas tecnológicos sob os quais operam; e (b) esta é uma importante parte da explicação de por que o comprometimento com o investimento em inovação varia entre setores. (Estas hipóteses foram sustentadas em bases teóricas e empíricas por Michael Gort e Richard Wall, 1986 e Martin Baily e A. K. Chakrabarti, 1985.) Outra razão – complementar – para as diferenças intersectoriais em investimentos de P&D está relacionada aos diferentes *modos de busca de inovação*, que estão presentes em cada paradigma. Por exemplo, em algumas tecnologias (*e.g.* eletrônica, química orgânica, fármacos, aeroespacial) a inovação envolve pesquisa de laboratório e um complexo de desenvolvimento e teste de protótipos. Em outras tecnologias (*e.g.* em vários tipos de máquinas nanoelétricas), a inovação é muito mais “informal”, normalmente associada a melhoramentos incrementais nos projetos e, como tal, nunca é registrada ou mesmo percebida como o resultado de um “investimento” em P&D.

Conforme argumentado por Rosenberg (1976, pp. 277-279), oportunidades científicas e tecnológicas diferenciadas determinam estruturas de custo diferentes ao avanço tecnológico (por exemplo, o custo de %x de melhoramento nos *trade-offs* implícitos em uma trajetória tecnológica particular). A distribuição setorial das oportunidades tecnológicas também está longe de ser homogênea (Scherer, 1982, republicado em 1986; Pavitt, 1984; Louise Dulude, 1983). O aparecimento de novos paradigmas está desigualmente distribuído entre os setores, como o estão (a) o grau de dificuldades técnicas ao avanço da eficiência de produção e do desempenho do produto; e (b) a competência tecnológica para inovar, incorporada em pessoas e firmas. Esta distribuição de oportunidades e competências, por outro lado, não é aleatória, mas depende (a) da natureza das atividades de produção setoriais; (b) de sua distância tecnológica do “núcleo revolucionário” onde se originam os novos paradigmas; e (c) da base

de conhecimento que sustenta a inovação em qualquer setor. Com respeito aos efeitos do nível e da variação da demanda sobre as taxas setoriais de inovação (a hipótese de tecnologia “puxada pela demanda”, de Schmookler, cuja discussão introduziu esta seção), toda a discussão anterior não está necessariamente em conflito com a hipótese segundo a qual, *tudo o mais sendo constante*, o tamanho e a taxa de crescimento do mercado exercem uma influência positiva sobre a propensão a inovar. Entretanto, a cláusula *ceteris paribus* é de fato crucial, pois – como foi argumentado nesta seção – as oportunidades tecnológicas podem variar amplamente entre os setores e também ao longo da história de tecnologias individuais.

Dado qualquer nível nocional de oportunidades à inovação, a inclinação para comprometer recursos com sua descoberta e desenvolvimento dependerá, é claro, dos incentivos que agentes motivados pelo lucro percebem em termos de retornos econômicos esperados. Consideremos a natureza desses incentivos.

### **B. Apropriabilidade de inovações tecnológicas**

Como sugerido pelas tradições clássica e – mais ainda – schumpeteriana, graus variados de apropriação privada dos benefícios da inovação são tanto o incentivo como o resultado do processo inovativo. Dizendo de outra forma, cada tecnologia incorpora uma combinação específica dos aspectos de bem público e das características de bem privado (i.e., economicamente apropriável) (ver Arrow, 1962b; Nelson, 1984; e, para uma análise empírica, Richard Levin *et al.* 1984 e Chesnais, 1986). Denomina-se *apropriabilidade* à propriedade dos conhecimentos tecnológicos e dos artefatos técnicos, do mercado e do ambiente legal que viabilizam as inovações e as protegem, em graus variados, como ativos geradores de renda, das imitações dos concorrentes.

As condições de apropriabilidade diferem entre indústrias e entre tecnologias. Levin *et al.* (1984) estudaram o grau variável de significância empírica, como dispositivos de apropriabilidade, de (a) patentes, (b) segredos, (c) *lead time*\*, (d) custos e tempo requerido para a duplicação, (e) efeitos da curva de aprendizado, (f) esforço de venda e serviços superiores. A estes dispositivos, deve-se acrescentar as formas mais óbvias de apropriação de eficiência técnica diferencial relacionada às economias de escala. Em uma síntese extrema, Levin *et al.* (1984) apontam que “os *lead times* e vantagens na curva de aprendizado, combinados com esforços de marketing complementares parecem ser os principais mecanismos para apropriar os retornos das inovações de produto” (p. 33). Curvas de aprendizado, segredos e *lead times* também são os principais mecanismos de apropriação das inovações de processo. As patentes sempre aparecem como um mecanismo *complementar* que, no entanto, não parece ser o principal, com algumas exceções (por exemplo, produtos químicos e farmacêuticos). Além disso, comparando-se a proteção de produtos e processos, tende-se a observar que *lead times* e curvas de aprendizado são formas relativamente mais efetivas para proteger as inovações de processo, enquanto as patentes são uma melhor proteção para as inovações de produto. Finalmente, parece haver uma variância interindustrial muito significativa na importância das formas de proteger inovações e no grau geral de apropriabilidade. Cerca de três quartos das indústrias incluídas no estudo de Levin e seus colegas registram a existência de no mínimo uma forma efetiva de proteger a inovação de processo e mais de 90% das indústrias registraram o mesmo em relação à inovação de produto (Levin *et al.* 1984, p. 20)<sup>6</sup>.

\* Isto é, o tempo decorrido entre a concepção da inovação e sua introdução no mercado (N.T).

<sup>6</sup> Para uma discussão detalhada dos mecanismos de apropriabilidade, ver também Christopher Taylor e Aubrey Silberston (1973), von Hippel (1978, 1980, 1982) e Terje Christian Buer (1982). Os custos da inovação em relação aos da imitação – que são claramente uma boa *proxy* da apropriabilidade – são estudados por Levin *et al.* (1984) e Edwin Mansfield (1984). Um estudo detalhado em nível das empresas sobre as estratégias de patenteamento é apresentado em Sally Wyatt e Gille Bertin (1985).

Tome-se, por exemplo, o caso da microeletrônica. Aqui deve-se distinguir entre os padrões de apropriabilidade das tecnologias “nucleares” (semicondutores, computadores, telecomunicações, controles industriais) e das tecnologias nas quais estas são aplicadas (máquinas-ferramenta, bens duráveis de consumo, automóveis). Nas primeiras, a apropriabilidade é uma função da P&D cumulativa (Franco Momigliano, 1985); dos *lead times*; muito frequentemente, das economias de escala na produção (por exemplo, em semicondutores e computadores) e na P&D (os patamares mínimos são algumas vezes muito altos, como em telecomunicações); das redes de marketing e de serviços (em computadores de grande porte). Em contraste, nos setores em que a microeletrônica é introduzida como parte dos processos e produtos, o padrão de apropriabilidade continua a corresponder amplamente às “tradicionais” características específicas aos setores (ver abaixo uma taxionomia mais detalhada). Uma fonte adicional de apropriabilidade, entretanto, se relaciona com a capacidade de internalizar e/ou explorar eficientemente as interfaces e sinergias entre a microeletrônica e os processos aplicativos. Por exemplo, a capacidade de dominar as inovações tanto no equipamento eletrônico quanto na concepção da maquinaria mecânica. De fato, esta última fonte é um exemplo de um fenômeno mais geral, discutido por Teece (1986), pelo qual o controle de tecnologias complementares se torna um ativo gerador de renda específico à firma.

Em geral, deve-se notar que a natureza parcialmente tácita do conhecimento inovativo e suas características de apropriabilidade privada parcial tornam as imitações, tanto quanto as inovações, um processo criativo, que envolve busca, a qual por sua vez não é distinta da busca por desenvolvimento “novo”, que é economicamente custosa – algumas vezes ainda mais custosa que a inovação original (para evidências do custo da imitação relativo ao da inovação, ver Anthony Romeo, 1981; Mansfield, Mark Schwartz e Samuel Wagner, 1981; Mansfield, 1984 e Levin *et al.* 1984). Isto se aplica tanto para as inovações patenteadas quanto para as não-patenteadas.

### ***C. As forças motrizes da mudança tecnológica***

Argumentei que as oportunidades – que derivam parcialmente de avanços científicos “exógenos” e parcialmente de conhecimentos acumulados endogenamente pelas firmas – e as condições de apropriabilidade respondem pelos diversos graus de comprometimento das empresas privadas com a inovação. É importante comentar que o que foi dito não implica que os mecanismos indutores determinados pelo mercado sejam irrelevantes para a propensão à busca por novos produtos e novas técnicas. Os níveis e mudanças na demanda (tamanho e taxa de crescimento do mercado, as elasticidades-renda dos vários produtos) e os níveis e mudanças nos preços relativos, particularmente a razão preço do trabalho/preço das máquinas<sup>7</sup>, e também o preço da energia, são fatores influentes. De fato, eles são capazes de ser tornarem fundamentais, influenciando: (a) a taxa e a direção do progresso técnico, particularmente dentro das fronteiras definidas pela natureza de cada paradigma tecnológico; e (b) a seleção de paradigmas potenciais a serem explorados e, assim, o seu eventual aparecimento e dominância. Meu ponto geral, contudo, é que os padrões setoriais de mudança técnica observados são o resultado da interação de vários tipos de induções de mercado, por um lado, e de combinações de oportunidades e apropriabilidades, por outro lado.

Para ilustrar estes pontos, tome-se, primeiro, o caso dos automóveis. Durante a década de 1970 houve uma clara indução à produção de carros poupadores de energia. Além disso, as condições gerais de demanda pareciam ser favoráveis (um mercado muito grande, embora não crescesse muito rápido nos países avançados). Finalmente, as condições de apropriabilidade pareciam favoráveis (relativamente poucos produtores com redes de distribuição extensas,

<sup>7</sup> Ver a respeito Palo Sylos-Labini (1984).

negociando um produto complexo que não é facilmente copiável). Entretanto, apesar dessas condições favoráveis, e deixando de lado uma mudança significativa na composição do produto e da demanda (de carros grandes para menores), o avanço na poupança de energia foi modesto: as oportunidades técnicas na trajetória do motor de combustão interna foram, certamente, o grande fator limitador. (A poupança de energia nos carros americanos foi, na verdade, substancial, mas isso se deveu ao fato de que os produtos americanos estavam atrás das melhores práticas já atingidas pelos produtores europeus e japoneses.)

De modo oposto, pode-se citar exemplos de comprometimento relativamente baixo com pesquisa e inovação, a despeito de oportunidades científicas e tecnológicas significativas, devido à falta de condições satisfatórias de apropriabilidade. Em exemplo é parte da pesquisa agrícola (até o advento da bioengenharia) (Nelson, 1986). Nela, a estrutura atomística da produção não oferece qualquer incentivo à pesquisa na variedade de sementes, e assim por diante, para agricultores individuais e a falta de condições de apropriabilidade impede a pesquisa empresarial. Assim, a pesquisa nessas áreas é baseada em financiamento público (e.g., nos EUA, pelo Departamento de Agricultura): as exceções são as variedades híbridas estéreis além, é claro, dos insumos industriais da agricultura – pesticidas, fertilizantes, máquinas – cujas condições de apropriabilidade são em geral similares às do restante da indústria manufatureira.

Finalmente, pode-se dar exemplos de setores nos quais existem tanto as oportunidades quanto as condições nocionais de apropriabilidade adequadas, mas faltam às firmas as qualificações e competências técnicas apropriadas para realizar pesquisa e inovação (de meu conhecimento, esse é, por exemplo, o caso dos produtores italianos de cerâmica com relação a materiais cerâmicos avançados, ou mais geralmente, da maioria das firmas nos países em desenvolvimento).

A conceituação de tecnologia e mudança técnica baseada em “paradigmas” e “sinalizadores” ou qualquer outro nome que se escolha, também ajuda a resolver um antigo debate na literatura sobre inovação, a respeito da relativa importância do “empuxe do mercado” (*market pull*) (cf., outra vez, Schmookler, 1966) *versus* o “empurrão da tecnologia” (*technology push*) (para uma revisão crítica, ver Mowery e Rosenberg, 1979). Como se sabe, pela primeira abordagem, a inovação é representada como um processo de escolha/alocação ao longo de algum tipo de função de metaprodução (a fronteira de possibilidades de inovação) dirigida pelos sinais de mercado. Na segunda abordagem, a inovação surge de uma área exógena à economia (tipicamente, a inovação é um sub-produto livremente disponível do avanço científico) e, assim, pode ser tratada parametricamente; entretanto, a evidência de diversas tecnologias, tais como as de aeronaves (Constant, 1980; Sahal, 1981), tecnologia e equipamento agrícola (David, 1975; Sahal, 1981), produtos químicos sintéticos (Freeman, 1982) e semicondutores (Dosi, 1984) é estranha a ambas as noções.

Freqüentemente, os fatores relacionados com o ambiente (tais como a demanda e os preços relativos) são instrumentais no desenho (a) dos critérios de seleção entre novos paradigmas tecnológicos potenciais; (b) das taxas de progresso técnico; (c) da trajetória específica de avanço, dentro da série permitida por qualquer dado paradigma. Entretanto, é útil distinguir entre o que chamo de progresso técnico “normal” (i.e., aqueles processos de inovação que ocorrem dentro dos limites de um dado paradigma tecnológico) e progresso técnico “extraordinário” (associado ao desenvolvimento de novos paradigmas). Como visto anteriormente, sugiro, diferentemente das noções de “empuxe do mercado”, que a série de trajetórias possíveis é muito limitada, restrita pelas regras, pelos imperativos tecnológicos e pelo escopo de avanço específico de cada tecnologia (Mowery e Rosenberg, 1979) – que no curto prazo são em grande medida invariantes às condições de mercado.

Em um horizonte temporal geralmente mais amplo, as condições de mercado exercem uma poderosa influência sobre a conduta da busca tecnológica, mas elas o fazem

principalmente estimulando, impedindo e focalizando a busca por novos paradigmas tecnológicos. Entretanto, quando estabelecido, cada paradigma permanece muito “rígido” em seus imperativos tecnológicos, regras de busca e combinação de insumos – mesmo que em sua origem tenha recebido estímulos diretos do mercado. Por exemplo, o número de formas de fabricar polímeros a partir de combustíveis fósseis, bem como suas intensidades de insumos, está longe de ilimitado, independentemente dos preços dos insumos. Mesmo a substituição entre diferentes combustíveis (*e.g.*, petróleo *versus* carvão) frequentemente apresentam grandes problemas técnicos. Certamente, as mudanças de mercado podem estimular a busca por novos produtos e por novas “formas de fazer as coisas”. Sugiro, entretanto, que os fatores ambientais serão bem-sucedidos em mudar radicalmente as direções e os procedimentos do progresso técnico apenas *se e quando* forem capazes de promover a emergência de novos paradigmas (por exemplo, no caso anterior, novos materiais que substituam o plástico, processos de bioengenharia que produzam insumos alternativos aos hidrocarbonados fósseis).

Além disso, diferentemente tanto das noções “*market pull*” quanto “exógenas” a respeito do progresso técnico, parece enganoso considerar a inovação um processo simplesmente *reativo* (aos preços e à demanda, em um caso; a novas oportunidades exógenas, no outro). Pelo contrário, o progresso técnico é amplamente dirigido endogenamente por um processo competitivo no qual as firmas tentam continuamente melhorar suas tecnologias e artefatos básicos. Quer os sinais de mercado mudem quer não, as firmas tentam aperfeiçoar seus produtos e processos por mecanismos de busca por tentativa e erro e por imitação dos resultados já alcançados por outras firmas, motivadas pela fronteira competitiva que se espera que as inovações ofereçam. Assim, de acordo com essa interpretação, cada conjunto de conhecimento, *expertise*, princípios físicos e químicos selecionados, e assim por diante (isto é, cada paradigma) restringe tanto as oportunidades de progresso técnico quanto os limites dentro dos quais os “efeitos indutores” poderão ser exercidos pelo mercado, enquanto as condições de apropriabilidade motivam os agentes econômicos a explorarem essas oportunidades tecnológicas como um dispositivo competitivo gerador de renda. Finalmente, a evolução do ambiente econômico, em um prazo mais longo, é instrumental na seleção de novos paradigmas tecnológicos e, assim, na seleção a longo prazo das direções fundamentais e dos procedimentos de busca inovativa.

#### ***D. Fatores indutores, padrões de mudança tecnológica e irreversibilidade***

Qualquer que seja a natureza dos estímulos para modificar produtos e processos de produção que um ambiente econômico exerce sobre os agentes microeconômicos, “eles são levados naturalmente a buscar o horizonte tecnológico (...) dentro do arcabouço de suas atividades correntes e a enfrentar as condições mais restritivas (...). A maioria dos processos mecânicos emitem sinais de um tipo que é atrativo e quase óbvio; de fato, esses processos, quando são suficientemente complexos e interdependentes, envolvem um formulação de problemas que é quase compulsiva” (Rosenberg, 1976, p. 11). A discussão até aqui sobre a natureza geral “restrita pelo paradigma” da mudança tecnológica permite uma extensão da tese de Rosenberg para a maior parte dos processos inovativos contemporâneos e também a reconcilia com aquelas interpretações históricas dos diferentes padrões setoriais/nacionais de inovação, que ligam a causa das diferentes taxas de progresso técnico aos diferentes ambientes indutores, especialmente os preços relativos e a disponibilidade ou escassez de recursos naturais (um *locus classicus* no debate sobre os graus relativos de mecanização nos EUA e na Inglaterra do século XIX; ver Erwin Rothbarth, 1946; Hrothgar Habakkuk, 1962; Peter Temin, 1966; David, 1975; Rosenberg, 1976, especialmente caps. 3, 4 e 6).

Como se sabe, se nos prendermos ao arcabouço de equilíbrio geral e a uma

representação da tecnologia baseada em funções de produção bem comportadas ou séries convexas de possibilidades de produção, é muito difícil e mesmo logicamente incoerente atribuir algum viés observado nas taxas e na direção do progresso técnico aos vieses particulares nos preços relativos dos insumos (ver David, 1975, para uma revisão de um longo debate). Em última instância, “os incentivos econômicos para reduzir custos sempre existem nas operações empresariais e, precisamente porque são tão difusos e gerais, eles não explicam muito em termos da *seqüência e da temporalidade particulares da atividade inovativa*” (Rosenberg, 1976, p. 110); entretanto, incentivos específicos, *junto com conhecimento tecnológico de natureza local, cumulativa e restrita pelo paradigma*, podem explicar taxas e direções particulares do avanço tecnológico (David, 1975; 1986a; 1986b; Timothy Bresnahan e David, 1986; Nelson e Winter, 1982; Anthony Atkinson e Joseph Stiglitz, 1969; W. Brian Arthur, 1983; 1988).

Para ilustrar este ponto, considere a seguinte estória. Suponha que, há muito tempo atrás, quando a estória tecnológica imaginária começou, havia séries de possibilidades de produção com todas as corretas propriedades de continuidade, convexidade e assim por diante. Então, as pessoas começaram a aprender numa direção particular (para facilitar, suponha que essa direção particular foi acionada por um choque exógeno de preços relativos). Com a ajuda de alguma cumulatividade no conhecimento tecnológico e nas habilidades de busca, as capacitações tecnológicas *locais* (isto é, capacitações associadas com a vizinhança das combinações particulares de insumos e das características dos produtos) se desenvolvem mais do que proporcionalmente ao crescimento “geral” do conhecimento em outras porções nocionais da série de possibilidades de produção. Assim, as outras coisas permanecendo constantes, o progresso tecnológico se torna mais fácil nesta direção do que em outras. Então, com ou sem choques adicionais, as pessoas prosseguem nesta direção de busca, a qual, por sua vez, acentua as habilidades e os conhecimentos específicos. É fácil perceber a moral da estória: obtemos afinal retornos crescentes dinâmicos numa trajetória específica, que também canaliza a resposta a incentivos ambientais particulares para inovar. (Uma estória formalizada equivalente a esta é contada por Arthur, 1983, 1988.)

Uma implicação fundamental dessa visão é que, mesmo quando a mudança tecnológica é “acionada”, digamos, por mudanças nos preços relativos, as novas técnicas que são desenvolvidas como resultado são capazes de ser ou se tornar superiores às velhas, independentemente dos preços relativos – imediatamente, como no caso de várias inovações baseadas na microeletrônica (Soete e Dosi, 1983) ou depois de algum tempo de aprendizado, como no caso das máquinas agrícolas (David, 1975). Em outras palavras, se tais técnicas existissem antes, elas também teriam sido adotadas aos “velhos” preços relativos. Isto quer dizer que o progresso técnico geralmente exhibe fortes *características de irreversibilidade*<sup>8</sup>.

Consideremos o exemplo da microeletrônica com mais detalhe. Como discutido mais longamente em Freeman, Clark e Soete (1982), Momigliano (1985), Ernst (1983), Erber (1983), Soete e Dosi (1983), Benjamin Coriat (1983, 1984), Fabrieli e Saluner (1985), Katz e Shapiro (1985), Northcott *et al.* (1985) e Northcott e Rogers (1985), as tecnologias de produção baseadas na eletrônica são: (a) poupadoras de trabalho; (b) poupadoras de capital fixo (i.e., elas amiúde induzem uma queda na relação capital/produto; para a evidência setorial no Reino Unido, ver Soete e Dosi, 1983); (c) poupadoras de capital circulante (i.e., a otimização dos fluxos de produção promove uma queda nos estoques de insumos intermediários por unidade de produto); (d) aperfeiçoadoras da qualidade (i.e, elas elevam a

<sup>8</sup> Para considerações microeconômicas sobre as características local e irreversível do aprendizado tecnológico, ver David (1975, 1986b). Em termos mais gerais, o estudo de Anne Carter (1970) sobre os coeficientes tecnológicos da economia americana mostram (a) a inequívoca superioridade dos coeficientes de 1958 em relação aos de 1947; e (b) a dominância de uma tendência a poupar trabalho sobre outras variações nos coeficientes dos insumos. A meu juízo isso continua a ser verdadeiro hoje.

acuidade dos processos produtivos, produzem testes de qualidade, etc.); (e) poupadoras de energia (na medida em que o uso de energia geralmente também é uma função dos movimentos mecânicos dos diversos equipamentos, e a substituição de peças eletromecânicas por equipamentos processadores de informação reduz o uso de energia). Juntando todas essas características, é claro que as técnicas de produção baseadas na eletrônica são em geral inequivocamente superiores às eletromecânicas, independentemente dos preços relativos. Isto é, as novas fronteiras salário/lucro associadas às novas técnicas em geral não interceptam as “velhas” para qualquer valor positivo (ver Dosi, Pavitt e Soete, 1988). Notavelmente, este exemplo ilustra também os complexos elos intersetoriais no processo inovativo e seus suportes na questão da “exogeneidade *versus* endogeneidade” na mudança tecnológica. No exemplo das tecnologias eletrônicas as tecnologias e partes de equipamentos inequivocamente “superiores” parecem, para muitos setores usuários, como que “surgidas de um âmbito exógeno” (ver seção IV.C a respeito das concepções de mudança tecnológica baseadas em “*technology push*”). Na verdade, elas são geradas mediante exploração de oportunidades tecnológicas endógenas a alguns outros setores industriais (no presente exemplo, semicondutores, computadores, controles industriais, etc.). Mesmo nestes casos, a utilização eficiente e plena dessas tecnologias potencialmente superiores (e.g. automação de base eletrônica comparada com a automação eletromecânica) depende de um árduo processo de aprendizado por parte dos usuários, que é favorecido ou impedido pelas capacitações tecnológicas dos próprios usuários e pelas condições de mercado nas quais eles operam. (Há também a questão das economias de difusão da inovação, a qual é impossível de ser discutida em profundidade neste ensaio. Para mais evidências históricas, ver Rosenberg, 1975, 1982; Landau e Rosenberg, 1986; uma tentativa altamente estilizada de modelar tais processos de aprendizado se encontra em Dosi, Orsenigo e Gerald Silverberg, 1986.)

Em outros casos, as propriedades de irreversibilidade da inovação emergem mais lentamente. No início, o processo de desenvolvimento/difusão de novas tecnologias pode de fato envolver questões de escolha-da-técnica (ver David, 1975 para máquinas agrícolas). No longo prazo, o resultado da rivalidade entre as velhas e novas tecnologias depende claramente também das “oportunidades latentes” na experiência, implícitas nos dois paradigmas alternativos; entretanto, o grau no qual essas oportunidades são percebidas, exploradas e expandidas possivelmente exibe características irreversíveis, cumulativas e dependentes da trajetória (para discussões e exemplos, ver novamente David, 1975; 1986b; Arthur, 1983). Os aperfeiçoamentos incrementais das novas tecnologias, baseadas no *learning by doing* e no *learning by using*, e as economias de escala na sua produção tendem a melhorar seu desempenho e a reduzir seu custo. Além disso, se adotado, um novo produto ou processo atrai para si os esforços de P&D, os quais, por sua vez, tendem a melhorar ainda mais seu custo e desempenho. Como resultado, toda vez que uma nova trajetória tecnológica se estabelece, ela provavelmente domina a velha trajetória (no sentido em que lhe é, para repetir, economicamente superior, independentemente dos preços relativos).

Qualquer que seja o caso, é importante distinguir entre os fatores que *induzem, estimulam ou restringem* a mudança tecnológica dos *resultados* das próprias mudanças. Como analisado em Dosi, Pavitt e Soete (1988), seguindo Rosenberg (1976), os mecanismos de indução se relacionam a uma ampla série de fatores, incluindo (a) gargalos tecnológicos em atividades inter-relacionadas; (b) escassez de insumos críticos; ou pelo contrário (c) abundância de certos insumos (e.g., energia, matérias-primas); (d) grandes choques de preços ou de oferta; (e) a composição, as mudanças e a taxa de crescimento da demanda; (f) os níveis e mudanças nos preços relativos (antes de tudo, como mencionado, o preço relativo capital/trabalho); (g) os padrões de conflitos industriais. De onde virão os estímulos críticos depende da natureza das tecnologias e do contexto econômico e institucional de cada país. Pode-se encontrar muitas evidências a respeito do papel de cada um desses fatores (para



evidências e referências de muitas tecnologias e países, ver Rosenberg, 1976; 1982; Dosi, Pavitt e Soete, 1988; Ergas, 1984). Entretanto, independentemente do fator imediato que aciona a mudança, sugiro que os padrões de inovação tendem antes a seguir “trajetórias” irreversíveis definidas pelo conjunto específico de conhecimentos e *expertises*. Além disso, a irreversibilidade no avanço tecnológico também significa que, usando a linguagem neoclássica, a mudança nas curvas de possibilidades de produção possivelmente *domina* as mudanças no *interior* de qualquer dada curva. Mais precisamente, em qualquer dado ponto no tempo, ao invés de uma curva bem-comportada, provavelmente observamos apenas um (ou muito poucos) ponto correspondente a técnica superior (*best practice*), enquanto, ao longo do tempo, o processo de mudança dominante implicará aperfeiçoamentos dessas (muito poucas) técnicas superiores, mais do que processos “estáticos” de substituição de fatores. Confessadamente, essa interpretação hipotética requerer mais evidências e testes (que não serão fáceis) para corroborar seu nível de generalidade empírica. (E há também questões mais sutis e normativamente cruciais, por exemplo: na evidência histórica, quão irreversíveis e locais são os processos de aprendizado? Quão poderosos são os fenômenos de “retornos crescentes dinâmicos”? Como podemos medir, para efeitos normativos, a provável emergência de não-convexidades, a despeito da impossibilidade óbvia de fazer experimentos históricos controlados?) Em todo caso, minha avaliação do estado da arte nos estudos de inovação sugere, no mínimo, que a significativa dependência da trajetória, as não-linearidades e os processos de aprendizado específico e cumulativo deveriam ser considerados muito seriamente também em nível mais geral, de suas representações teóricas.

Finalmente, os aspectos de irreversibilidade do progresso técnico tendem a ser reforçados pela provável emergência de diversos tipos de externalidades e instituições e infraestrutura associadas à geração e/ou exploração de qualificações específicas. Considerarei a seguir este último aspecto da inovação.

### ***E. As externalidades do processo de inovação***

Foi mencionado anteriormente que a tecnologia envolve tipicamente aspectos de bem “público” e “privado”. A apropriabilidade dos retornos econômicos da inovação se relaciona claramente ao segundo aspecto. Os aspectos “públicos”, de modo oposto, tomam duas formas.

Primeiro, certamente existem aspectos de “bens livres” no progresso tecnológico, derivados essencialmente do livre fluxo de informações, de publicações facilmente acessíveis, e assim por diante. Como já mencionado, a teoria econômica tende a assumir que esta é a característica dominante da tecnologia (salvo por direitos de apropriação garantidos institucionalmente, tais como os patentários). Não estou sugerindo, é claro, que modelos tais como o de Arrow (1962a) dão a entender uma equivalência tão estreita entre tecnologia e informação; porém, é justo afirmar que eles fornecem alguma legitimidade para várias formulações contemporâneas que a assumem como, no mínimo, uma “hipótese viável”. A resenha das características da tecnologia e do progresso técnico, a seguir, implica uma rejeição dessa, quando muito, incompleta visão.

Além disso, as características “públicas” da tecnologia relacionam-se com os fluxos de informação e com as *interdependências não negociadas* entre setores, tecnologias e firmas e que tomam a forma de complementaridades tecnológicas, “sinergias” e fluxos de estímulos e de restrições que não correspondem inteiramente aos fluxos de mercadorias. Por exemplo, os conhecimentos e *expertises* a respeito dos processos químicos de fluxo contínuo podem favorecer a inovação tecnológica em processamento de alimentos, mesmo que esta inovação não envolva quaisquer insumos químicos; o relacionamento entre produtores e usuários de equipamento industrial (tais como as trocas informais de informação, as trocas de especificações técnicas e a mobilidade da mão-de-obra) freqüentemente são um elemento

fundamental do processo de inovação, mesmo que nenhuma transação econômica esteja envolvida; em sua origem, a produção de bicicletas baseou-se no conhecimento tecnológico da produção de armas de fogo, embora obviamente nenhum dos dois bens seja insumo ou produto da atividade recíproca. Todos esses fenômenos representam uma série estrutural de externalidades tecnológicas que algumas vezes pode ser um *ativo coletivo* de grupos de firmas/setores em países ou regiões (ver Bent-Åke Lundvall, 1984; 1988) ou, de outro modo, tendem a ser internalizadas em empresas individuais (e.g. Teece, 1982 e Pavitt, 1986a).

Com “série estrutural” de externalidades, quero dizer algum tipo de padrão consistente, e algumas vezes hierárquico, interligando as diferentes indústrias e tecnologias (tais como os diversos tipos de produção de máquinas e os usuários e produtores de tipos particulares de equipamentos). Em outras palavras, os gargalos e as oportunidades tecnológicas (Rosenberg, 1976), as experiências e qualificações incorporadas em pessoas e organizações, as capacitações e “memórias”, transbordando de uma atividade econômica a outra, tendem a organizar *condições contextuais* que (a) são específicas aos países, às regiões ou mesmo às firmas e (b) como tais, determinam diferentes incentivos/estímulos/restrições à inovação, para qualquer dada série de sinais estritamente econômicos.

Relacionado com isto, o progresso tecnológico ao longo de qualquer trajetória está ligado (a) ao desenvolvimento de *infra-estrutura específica*; (b) a *economias de escala sistêmicas*; (c) a *tecnologias complementares*; e (d) *normas técnicas particulares* que se alimentam positivamente dos padrões específicos de inovação. David (1985) e Hughes (1982), por exemplo, discutem a inter-relação entre o desenvolvimento da infra-estrutura da rede elétrica e aquilo que, na terminologia utilizada aqui, é chamado de trajetórias tecnológicas baseadas na eletricidade. Outro exemplo óbvio de “infra-estrutura de tecnologias”, que se comporta como uma externalidade para uma ampla série de atividades inovativas, são os sistemas de transportes e telecomunicações. Arthur (1983) e David (1985) ilustram os últimos dois pontos com o caso do desenvolvimento do teclado QWERT das máquinas de escrever (QWERT são as primeiras quatro letras do canto superior esquerdo do teclado padrão). Embora tenha sido projetado para resolver problemas que o desenvolvimento subsequente superou e assim não fosse mais o teclado ótimo, o padrão QWERT continuou dominante como resultado do desenvolvimento cumulativo a partir de uma liderança inicial. A habilidade específica dos datilógrafos QWERT promoveu o padrão QWERT no lado da manufatura, o que por sua vez aumentou os incentivos para adquirir habilidades de datilografar em QWERT. Além disso, o inter-relacionamento entre as diferentes tecnologias que compõem um sistema tecnológico, ou um produto complexo, nos ajuda a entender por que empresas ou países podem ficar “presos” (*locked in*) a certas tecnologias – ver o trabalho clássico de Marvin Frenkel (1956) que relaciona este ponto com a temática do desenvolvimento. Finalmente, Teece (1982, 1986) discute uma questão de certa forma similar do ponto de vista das estruturas e da administração estratégica das firmas, identificando o papel crucial das tecnologias complementares internalizadas no desempenho competitivo das firmas.

Interdependências não negociadas e condições contextuais são, em graus variados, um resultado *não intencional* de processos descentralizados, mas irreversíveis, de organização ambiental (um exemplo óbvio é o Vale do Silício, na Califórnia) e/ou resulta das estratégias explícitas de instituições públicas e privadas.

A evolução ao longo do tempo e as diferenças espaciais dessas interdependências não negociadas também representam um elo importante entre os estudos sobre inovação e a economia regional da mudança tecnológica (ver Edward Malecki, 1983 e Morgan Thomas, 1985). Quando estas externalidades tecnológicas – na forma de infra-estruturas específicas, disponibilidade de qualificações, competências incorporadas em firmas locais, informação mais acessível sobre novos insumos de produção – se reproduzem através do tempo como um

tipo de retorno crescente dinâmico (Arthur, 1986), elas também ajudam a explicar a diferenciação nas capacitações tecnológicas, nas taxas de inovação e nas taxas de difusão entre regiões e países (ver Alfred Thwaites e Ray Oakey, 1985, Cristiano Antonelli, 1986 e Fabio Arcangeli, 1985). Nesta área se desenvolveu uma tradição original de pesquisa, particularmente na França: a análise das “*filières*” (literalmente: “redes”) que, ligando grupos de indústrias e tecnologias via fluxos de insumo-produto e complementaridades tecnológicas, é uma forma promissora de relacionar o processo microeconômico da inovação com a evolução de ambientes econômicos mais amplos (sobre “*filières*”, ver Joel Toledano, 1978; Alexis Jaquemin e Michael Rainelli, 1984; Richard Arena, Michael Rainelli e Andre Torre, 1984; Ehud Zuscovitch, 1984; Patrick Cohendet, Regis Larue de Tournemine e Zuscovitch, 1982; Jean-Louis Truel, 1980)<sup>9</sup>.

### ***F. Determinantes e Padrões de Investimento em Inovação: rumo a uma taxionomia setorial***

Sumariemos a discussão das cinco subseções anteriores. Como analisado detalhadamente por Nelson (1986; 1988) o processo de inovação nas economias ocidentais envolve combinações complexas e variadas de formas de conhecimento públicas e privadas, e diversas combinações de oportunidades nocionais de inovação, capacitações específicas à firma de aproveitar estas oportunidades e incentivos econômicos para fazê-lo (relacionados aos mecanismos de apropriabilidade, às condições de mercado, aos preços relativos e às condições socioeconômicas mais amplas, tais como as relações industriais). Além disso, as oportunidades específicas que são aproveitadas, os mecanismos de apropriabilidade que são desenvolvidos e as capacitações concretas utilizadas tendem a crescer em conjunto. Fenômenos de histerese são capazes de emergir: a exploração de tecnologias particulares e o desenvolvimento de métodos particulares de solução de problemas elevam as capacitações das firmas e indústrias em direções específicas e, assim, elevam o incentivo a fazê-lo também no futuro. Tais formas de retornos crescentes dinâmicos específicas à tecnologia tendem a “aprisonar” o processo de mudança tecnológica em trajetórias particulares, impondo um reforço mútuo (um *feedback* positivo) entre um certo padrão de aprendizado e o padrão de alocação de recursos em atividades inovativas nas quais o aprendizado já ocorreu no passado (para uma discussão geral desses processos de dependência da trajetória, ver David, 1975; 1986a; e Arthur, 1983; 1988).

Em concordância com Nelson (1986), sugiro que as diversas combinações desses fatores explicam as “ricas e variadas estruturas institucionais que apóiam o progresso técnico que se tem observado nos países capitalistas” (p. 1). Elas também constituem a bastante complicada constelação de fatores pelos quais um expressivo grupo de economistas contemporâneos busca explicar o ritmo e as características do progresso tecnológico, bem como suas mudanças internacionais, interindustriais e intertemporais. Certamente, embora este panorama pareça ser a abordagem mais promissora que temos e embora ele tenha consistência com alguns blocos de evidência, muito mais trabalho empírico e histórico é preciso para confirmar sua validade e a maneira pela qual o novo panorama opera. O primeiro passo é generalizar algumas características empíricas comuns das tecnologias e dos setores (o que farei a seguir) e, então tentar “mapear” de modo exploratório estas características, de acordo com os aspectos das tecnologias e dos processos inovativos discutidos até aqui (ver seção VI).

Scherer, como já mencionado, desenvolveu recentemente uma matriz de origem e usos de P&D para a economia americana, baseado numa grande amostra intersetorial de geração e uso de patentes (Scherer, 1982). As taxas setoriais de uso (direto mais indireto) de P&D sobre

<sup>9</sup> O conceito de “*filières*” sobrepõe-se parcialmente aos insights de Hirschman sobre encadeamentos “para trás” e “para frente” (Albert Hirschman, 1958).

P&D realizado são mostradas na última coluna da tabela 3. A partir de uma base de dados sobre inovações no Reino Unido de 1945 a 1979, coletada na Unidade de Pesquisa em Política Científica da Universidade de Sussex, Pavitt (1984) desenvolveu uma taxionomia setorial de produção/uso de inovações. As duas séries de dados parecem ser complementares de diversas formas e fornecem *insights* interessantes a respeito da anatomia do sistema econômico contemporâneo e de seus principais *loci* internos de geração de inovações (o questionário de Yale – que é parcialmente discutido por Levin *et al.* (1984) e sumariado por Nelson (1986) – adiciona mais evidências, as quais são amplamente consistentes). Pavitt (1984) identificou quatro grandes grupos de setores manufatureiros, a saber:

1. Setores “dominados pelos fornecedores” (*supplier-dominated*). As inovações são principalmente de processo, incorporadas ao equipamento de capital e aos insumos intermediários e são originadas em firmas que têm sua atividade principal fora dos próprios setores. Os setores dominados pelos fornecedores incluem: agricultura, têxtil, vestuário, couro, editorial e gráfica, produtos de madeira e os produtos de metal mais simples. Nestes setores o processo de inovação é principalmente um processo de difusão das técnicas superiores em bens de capital e insumos intermediários inovativos (tais como as fibras sintéticas), enquanto as oportunidades geradas endogenamente são bastante limitadas, assim como os gastos em P&D. A base de conhecimento destas tecnologias tende a estar relacionada a melhoramentos incrementais no equipamento produzidos em outro lugar e/ou a seu uso eficiente e a inovações organizacionais. A cumulatividade e a apropriabilidade das capacitações tecnológicas são relativamente restritas e as firmas tipicamente não são muito grandes (com algumas exceções naquelas atividades caracterizadas por economias de escala de produção significativas; em partes da têxtil, ou nos canais de marketing e distribuição, tais como no vestuário).

2. “Fornecedores especializados” (*specialized suppliers*). As atividades inovativas são principalmente relacionadas a inovações de produto que entram na maior parte dos outros setores como insumos de capital. As firmas tendem a ser relativamente pequenas, a operar em contato estreito com seus usuários e a incorporar um conhecimento especializado e parcialmente tácito em projeto e construção de equipamentos. Tipicamente, este grupo inclui a engenharia mecânica e de instrumentos. As oportunidades para inovação são geralmente abundantes mas, muitas vezes, são exploradas através de atividades “informais” de aperfeiçoamento de projetos (assim, a P&D formal é, freqüentemente, bastante baixa). Habilidades idiossincráticas e cumulativas respondem por uma relativamente elevada apropriabilidade das inovações (pense na secular vantagem dos fabricantes alemães de máquinas-ferramenta).

3. Setores “intensivos em escala” (*scale intensive*). As inovações se relacionam tanto a processos quanto a produtos e as atividades de produção geralmente envolvem o domínio de sistemas complexos (e, muitas vezes, a manufatura de produtos complexos); as economias de escala de diversos tipos (na produção e/ou design, na P&D, nos canais de distribuição) são significativas; as firmas tendem a ser grandes e a produzir uma proporção relativamente elevada de suas próprias tecnologias de processo; freqüentemente devotam uma relativamente elevada proporção de recursos à inovação; e tendem a ser verticalmente integradas à manufatura de seu próprio equipamento. Este grupo inclui o material de transporte, vários bens de consumo duráveis elétricos, a metalurgia, os produtos alimentícios, vidro e cimento.

4. Setores “baseados em ciência” (*science-based*). As inovações estão diretamente ligadas aos novos paradigmas tecnológicos possibilitados pelos avanços científicos; a oportunidade tecnológica é muito elevada; as atividades inovativas são formalizadas em laboratórios de P&D; os investimentos em busca inovativa são muito elevados; uma elevada proporção de suas inovações de produto entra em um amplo número de setores como capital ou insumos intermediários; as firmas tendem a ser grandes (exceto os novos empreendimentos

“schumpeterianos” e os produtores altamente especializados). Este grupo inclui os setores eletrônicos, a maior parte das atividades de química orgânica, farmacêutica e bioengenharia. (A aeorespacial e as indústrias militares partilham com os setores baseados em ciência a importância dos insumos oriundos do avanço científico e da pesquisa formalizada, embora partilhem com os setores intensivos em escala a importância das economias de escala da organização eficiente de sistemas de produção complexos.)

Os exercícios classificatórios a respeito das diferenças intersetoriais nas fontes, procedimentos e intensidade da busca inovativa são bastante novos e muito trabalho comparativo resta ainda a ser feito; no entanto, deixe-me mencionar brevemente a importância destas análises em bases tanto positivas quanto normativas. Em relação ao primeiro aspecto, o fato de que as inovações estão localizadas em diferentes lugares dentro da “máquina capitalista” (Nelson, 1986, p. 20) requer um entendimento melhor dos fatores que tendem a concentrar as oportunidades inovativas em algumas atividades mais do que em outras. Os esforços taxionômicos auxiliam neste entendimento e também a responder questões intrigantes colocadas pelos estudos comparativos, tais como: Como a Alemanha e a Suécia se tornaram tão boas em engenharia mecânica? Como isso se relaciona à estrutura produtiva e à competitividade internacional daqueles países? Por que os Estados Unidos são relativamente fortes em setores “baseados em ciência”? (algumas tentativas de respostas a tais questões comparativas são feitas em Cohen, 1984; Pavitt, 1988; Pavitt, Dosi e Soete, 1988; Ergas, 1984). Quanto ao aspecto normativo, um entendimento mais detalhado dos padrões intersetoriais de inovação direciona a atenção a questões importantes para as políticas industrial e de desenvolvimento. Dado o objetivo de aceleração da taxa de progresso técnico, os incentivos a P&D poderiam ser adequados para setores baseados em ciência, mas não para setores “dominados pelos fornecedores”? O desenvolvimento de um grande mercado interno seria importante para setores “intensivos em escala”, mas nem tanto para os “fornecedores especializados”?

### ***G. Conclusões parciais***

Nesta seção focalizei as diferenças mais amplas nas oportunidades, nos incentivos, nos investimentos em P&D e nos procedimentos inovativos entre setores. O núcleo do argumento foi que tais diferenças existem, são importantes e ajudam a explicar a estrutura interna da complexa máquina que, nas economias descentralizadas modernas, gera continuamente novos produtos e processos de produção. Além disso, as diferenças entre tecnologias quanto a oportunidades, condições de apropriabilidade, bases de conhecimento e procedimentos de busca ajudam a explicar o que Nelson (1986) chama de “o problema da atribuição institucional”, isto é, a alocação, no interior do sistema socioeconômico, de atividades de busca e desenvolvimento específicas em certos atores; por exemplo, por que certas atividades são realizadas por instituições sem fins lucrativos e outras por empresas privadas, por que alguns setores produzem suas próprias inovações de processo e outros as compram no mercado (mais a respeito desse último ponto em Buer, 1982 e Williamson, 1985) e por que algumas atividades econômicas contribuem com uma parcela desproporcional das inovações, enquanto outras são principalmente receptoras. De modo relacionado, a estrutura de insumo-produto da economia, junto com os fluxos de informação e os fluxos intersetoriais de conhecimento incorporado em pessoas e organizações, difunde através do sistema os efeitos econômicos de inovações particulares, amplificando assim as oportunidades para o crescimento da produtividade e para o desenvolvimento de novos produtos.

Entretanto, ainda há um nível mais fino de análise. Afinal, as características específicas ao setor são médias da distribuição entre as firmas. O fato de que estas médias

exibem padrões reconhecíveis, que são relativamente estáveis através do tempo e entre países, impõe uma relativa estabilidade aos fatores específicos ao setor e específicos à tecnologia analisados anteriormente. Contudo, deve-se explicar também a variância intrasetorial dos investimentos em inovação e dos graus de sucesso inovativo. Além disso, a inovação e a imitação modificam continuamente o desempenho relativo e a competitividade das firmas e, assim, afetam também a dinâmica das estruturas industriais. As seções V e VI discutirão estes assuntos.

## V. Diferenças intrasetoriais de inovatividade e desempenho econômico

Uma das características mais comuns dos estudos de caso industriais é a descrição de diferenças significativas entre as firmas, não apenas em termos de tamanho, mas também de capacitações tecnológicas, estratégias de produção e comercialização, graus de inovatividade e de sucesso competitivo, custos de produção e lucratividade. Colocando de outra forma, nada parecido com a “firma representativa”, estilizada pela teoria econômica, parece surgir dos relatos empíricos (para comprovar isso, consulte uma amostra aleatória, digamos, da *Harvard Business Review* ou da *Califórnia Management Review* ou, a respeito de relatos industriais mais detalhados, ver Alan Altshuler *et al.*, 1984, sobre automóveis; Dosi, 1984 e Franco Malerba, 1985, sobre semicondutores; e Enos, 1962, sobre o refino de petróleo). A partir da discussão precedente, somos levados a perguntar quais são as relações entre as características da inovação (analisadas anteriormente), de um lado, e as diferenças intrasetoriais na estrutura (*e.g.*, em tamanho) e desempenho (*e.g.*, taxas de inovação e custos de produção) das firmas, de outro lado. Nesta seção, focalizo principalmente os aspectos gerais das diferenças *intra* e *inter*firmas em inovatividade e, mais genericamente, desempenho econômico, deixando para a seção VI um relato mais detalhado do *processo* que as gera. A referência empírica na qual esta seção está baseada é bastante consensual; por exemplo, relata-se que as firmas geralmente são bastante diferentes em termos de diversos indicadores de desempenho e também de comportamento, estruturas e estratégias. Entretanto, essas idéias simples podem ser proveitosamente conceituadas, no sentido de que classificações expressivas podem ajudar, primeiro, a fornecer hipóteses empiricamente sólidas para a modelagem teórica e, segundo, a moderar a aceitação cândida – amplamente difundida na literatura econômica – de “firmas representativas”, “condições de produção de equilíbrio”, “homogeneidade tecnológica dos produtores”, e assim por diante. Assim, tento elaborar a seguir uma classificação que dê conta das diferenças *intra* e *inter*firmas tanto das estruturas (*e.g.* tamanho) quanto dos desempenhos (*e.g.* graus de inovatividade).

Começo com as diferenças intrasetoriais e interfirmas de investimento em inovação, como mostrado em seus gastos com P&D.

### A. Diferenças de P&D interfirmas

Tem havido um longo debate, na economia industrial, a respeito da relação entre o tamanho da firma e a inovação (medida tanto pelo investimento em P&D quanto pelo resultado inovativo, tipicamente as patentes). Não entro em detalhe nessa discussão, que diz respeito tanto ao significado de indicadores particulares (tem-se argumentado que o patenteamento subestima o resultado inovativo das grandes firmas – as quais parecem exibir uma propensão mais baixa a patentear; enquanto os gastos em P&D provavelmente subestimam a contribuição inovativa das pequenas firmas – as quais algumas vezes inovam em bases “informais”, etc.) quanto ao grau de corroboração empírica da incorretamente denominada *hipótese de Schumpeter* (i.e., que as grandes empresas tendem a inovar mais, que a concentração e o poder de mercado afetam a propensão a inovar). Para uma resenha e

resultados (parcialmente conflitantes), ver Scherer (1986), Soete (1979, 1982), Clark e Griliches (1984), Griliches (1984a, 1984b, 1984c), Cuneo e Mairesse (1984), Griliches e Pakes (1986), Morton Kamien e Nancy Schwartz (1982), Wesley Cohen e Levin (1988) e Pavitt, Robson e Townsend (1987). Para os propósitos do presente ensaio é suficiente mencionar as três principais regularidades que emergem dos estudos empíricos.

Primeira, parece haver, *grosso modo*, uma relação log-linear positiva entre o tamanho da firma e os gastos em P&D (ou patentes). Esta é, entretanto, uma aproximação muito crua. Mediante uma inspeção mais cuidadosa, sujeita a diferenças setoriais e diversas medidas de inovatividade, encontram-se melhores ajustes para relações quadráticas e cúbicas entre o tamanho (*e.g.* vendas ou emprego) e inovatividade (gastos com P&D, emprego em P&D, número de patentes ou número de inovações); entretanto, independentemente da forma do modelo econométrico, as estimativas mostram *grosso modo* retornos não-decrescentes das *proxies* de inovação em relação ao tamanho da firma (Scherer, 1986, argumenta em favor de um menor grau de inovatividade para as maiores classes de tamanho; Soete, 1979, usando dados parcialmente diferentes, mostra o oposto para cerca de um terço de sua amostra industrial).

Segunda, a distribuição do tamanho das firmas inovadoras *dentro dos setores* depende das características tecnológicas dos próprios setores. Pavitt, Robson e Townsend (1987), usando a amostra de inovações da SPRU mencionada anteriormente, concluem que nos setores com elevadas oportunidades tecnológicas (químico, elétrico/eletrônico), as firmas inovadoras “podem ser vistas pesadamente representadas entre aquelas que são muito grandes e entre as pequenas” (p. 16). De maneira oposta, nos setores de equipamentos e engenharia mecânica (aproximadamente os “fornecedores especializados”, com as características já mencionadas) uma proporção relativamente maior de inovações é realizada por firmas pequenas (que, entretanto são “pequenas” em comparação com a distribuição de tamanho do universo das firmas manufatureiras, mas não necessariamente em relação ao mercado nacional ou mundial no qual elas operam).

Terceira, independentemente da *proxy* estatística para a inovatividade (e, em particular, independentemente da escolha entre uma medida de investimento ou uma medida de resultado), depois de levar em conta o efeito do tamanho da firma, geralmente ainda se observa uma substancial variância interfirma e intrasetorial inexplicada, em termos de investimento em P&D e, ainda mais, de resultados inovativos. (Além disso, note-se que uma significativa proporção de firmas em cada setor *não patenteia* e *não produz* inovações importantes; para evidências a respeito, ver John Bound *et al.*, 1984.)

Existem cuidados óbvios a serem tomados na interpretação desses resultados. O primeiro refere-se ao fato de que as *proxies* estatísticas para inovatividade não podem captar aqueles aspectos da mudança tecnológica, discutidos anteriormente, que se baseiam em aprendizado “informal” (que portanto são independentes da medida de investimento em P&D) e/ou que são geradores de inovações incrementais (e portanto não são registrados por patentes ou pela contagem de inovações discretas). O segundo é que uma parcela (geralmente indeterminada) da variância *intra-setorial* de desempenho inovativo deve ser atribuída às diferenças nas linhas de negócios operadas (e assim às oportunidades e apropriabilidades), as quais são, contudo, classificadas no “mesmo” setor. Terceiro, algumas firmas podem não patentear ou inovar mas ainda assim engajarem-se em substancial P&D, o qual é dedicado simplesmente ao aprendizado e à adaptação do que as outras empresas estão fazendo.

Entretanto, a despeito dessas limitações, estas regularidades empíricas narram uma história que, a meu ver, é consistente com as características do processo inovativo discutidas antes. Mais precisamente, as diferenças inter e intrasetoriais na distribuição de tamanho das firmas em geral, e das firmas inovadoras, em particular, estão ligadas às características dos diferentes paradigmas tecnológicos e às formas pelas quais as capacitações inovativas se

desenvolvem e podem ser competitivamente exploradas pelas firmas individuais. Afinal, qualquer distribuição das características das firmas (*e.g.* tamanho, propensão a P&D, custos unitários) em qualquer ponto do tempo é, em si mesmo, o resultado de processos de aprendizado corporativo e de concorrência, pelos quais certas características corporativas vêm a gerar uma vantagem competitiva. As interpretações gerais investigadas aqui são que (a) a distribuição setorial de características, tais como os tamanhos das firmas, são afetadas pelas características específicas dos paradigmas tecnológicos nos quais se baseia a produção daquele setor, em termos de apropriabilidade, oportunidades tecnológicas, escopo para automação e economias de escala; entretanto, (b) qualquer viés observado na distribuição de tamanho das firmas em um setor particular não é uma evidência suficiente para fazer inferências sobre o “verdadeiro” efeito do tamanho sobre a inovatividade. Por exemplo, um setor pode exibir um viés relativo para a “grandeza”, mesmo que isso não confira vantagens (ou desvantagens) inovativas particulares; isto pode ser devido simplesmente aos requisitos técnicos do lado da produção (tais como economias de escala de produção e marketing). Por outro lado, o tamanho pode realmente ser propenso à inovação (por causa das sub-aditividades dos projetos de P&D, dos elevados montantes mínimos de P&D) ou um impedimento a ela (*e.g.* se o tamanho induz a inflexibilidades organizacionais). Finalmente, pode haver casos nos quais a correlação entre tamanho e inovatividade reflete processos na direção contrária. As grandes firmas podem ter se tornado grandes porque tiveram sucesso inovativo no passado e continuam a tê-lo no presente sem, contudo, obter uma vantagem diferencial na “grandeza” enquanto tal. Em geral, a relação entre as estruturas industriais e os graus de inovatividade é de mão dupla e o entendimento da distribuição intrasetorial particular das características estruturais e de desempenho das firmas implica o entendimento dos efeitos (específicos à tecnologia) da inovação sobre o desempenho econômico e a competitividade das firmas. Alguns desses efeitos obviamente referem-se ao espaço para o aproveitamento de economias de escala que cada paradigma tecnológico condiciona. Outros se referem ao impacto que as capacitações inovativas diferenciais de certas firmas exercem sobre sua habilidade de obter a liderança em eficiência e/ou qualidade do produto vis-à-vis as outras firmas. Começemos pelos efeitos sobre as economias de escala.

### ***B. Flexibilidade e economias de escala***

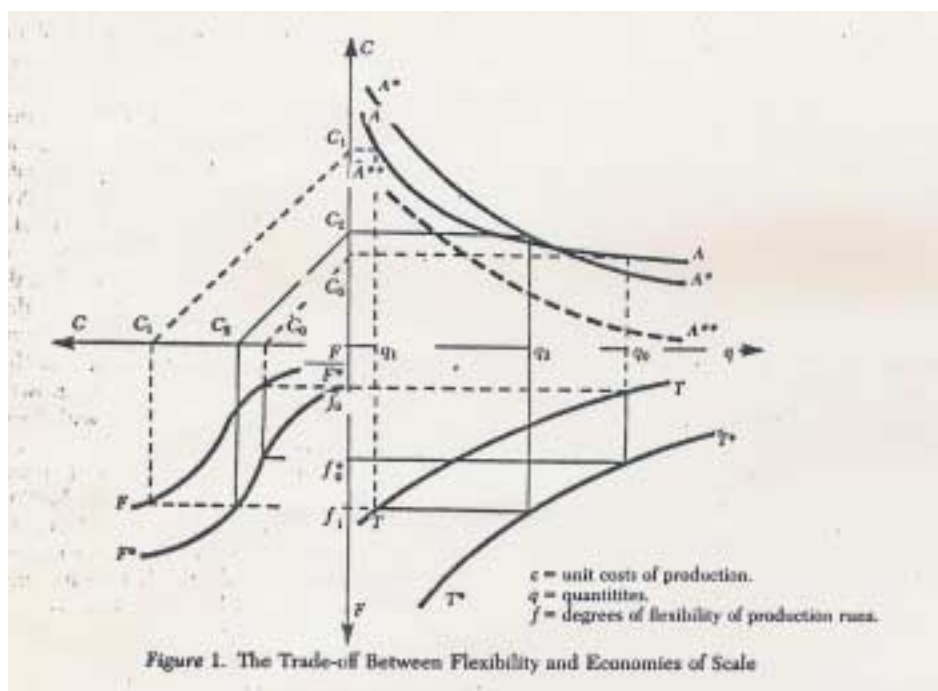
Desde a Revolução Industrial, a maioria das trajetórias tecnológicas envolveram mecanização crescente da produção e crescente exploração de economias de escala (ver Nelson e Winter, 1977 e os trabalhos ali citados); entretanto, cada paradigma tecnológico é caracterizado por diferentes *trade-offs* entre flexibilidade (em relação aos volumes de produção e à variedade de produtos para um dado equipamento) e economias de escala. Assim, um primeiro determinante de qualquer distribuição setorial observável de firmas (e/ou plantas) por tamanho, refere-se aos graus nos quais as firmas individuais exploraram, e possivelmente aperfeiçoaram-se, ao longo de uma trajetória tecnológica particular. Tomemos o exemplo contemporâneo da transição dos padrões eletromecânicos de automação para os de base eletrônica. Quando comparados à automação “clássica” (eletromecânica) da produção em massa, as máquinas-ferramenta de controle numérico, os sistemas flexíveis de manufatura e os robôs permitem uma flexibilidade de produção muito maior, em termos da (a) variância aceitável do processamento (definida em termos dos itens homogêneos produzidos com eficiência em custo por unidade de tempo); (b) variância aceitável na variedade de produtos; e (c) escala mínima de produção (ver Coriat, 1983; 1984; Michael Piore e Charles Sabel, 1984).

Isto tem duas conseqüências. Primeira, eleva a eficiência das produções em pequena escala. Segunda, é provável que reduza a importância das economias de escala em nível da planta, que foram uma das principais fontes tanto do crescimento da produtividade quanto da



rigidez de produção na automação fordista “clássica”.

No paradigma eletromecânico, a elevação da eficiência produtiva (derivando de padronização, economias de escala, etc.), geralmente associada aos princípios “tayloristas” e “fordistas” de organização da produção, também estava correlacionada com elevados graus de inflexibilidade – em termos da variância aceitável nos volumes e combinações de produção. A figura 1 ilustra esse caso. Suponha que na “velha” tecnologia, a linha  $AA$  representa a relação entre os custos unitários médios totais ( $c$ ) e as taxas de processamento ( $q$ ), enquanto a linha  $FF$  representa a relação correspondente entre os custos unitários e os graus de flexibilidade ( $f$ ), sendo os desvios-padrão do volume e da combinação do processamento, digamos,



aproximadamente os mesmos, de maneira que os custos unitários “normais” não aumentem significativamente. A crescente exploração das economias de escala e de padronização são dimensões fundamentais do progresso técnico ao longo da velha trajetória tecnológica. Assim, qualquer necessidade de aumentar a flexibilidade, (devido, por exemplo, à incerteza crescente sobre os níveis e a composição da demanda) representa um fator de retardo para a inovação/difusão tecnológica no paradigma eletromecânico, na medida em que os avanços técnicos também são viesados pela escala; entretanto, paradigmas tecnológicos diferentes incorporam diferentes *trade-offs* entre flexibilidade e economias de escala. Suponhamos que, por exemplo, na figura 1, a linha  $A^*A^*$  representa a relação custos/quantidades no novo paradigma baseado na eletrônica, enquanto a linha  $F^*F^*$  é a relação flexibilidade/custos correspondente. Assim, o *trade-off* flexibilidade/quantidade é  $TT$  na velha tecnologia, e  $T^*T^*$  na nova<sup>10</sup>. Agora, consideremos novamente a necessidade de um aumento de flexibilidade. De maneira notável, é provável que ela tenha dois efeitos. Primeiro, ela é capaz de impedir o progresso técnico/difusão “normal” ao longo da “velha” trajetória tecnológica, embora, segundo, promova a inovação/difusão no novo paradigma tecnológico. Suponha que iniciemos com um volume de produção  $q_0$ , ao custo total normal  $c_0$  e com o grau de flexibilidade  $f_0$ . Agora digamos que um aumento na instabilidade do crescimento econômico e a crescente incerteza sobre a demanda dos consumidores e sobre as estratégias dos

<sup>10</sup> Este exemplo deve muito à discussão com Benjamin Coriat sobre automação em geral e na indústria automobilística em particular.

concorrentes elevem a necessidade de flexibilização da produção de  $f_0$  para  $f_1$ . Com base no “velho” paradigma tecnológico, isso implicaria um volume de produção muito pequeno ( $q_1$ ) e custos muito elevados ( $c_1$ ). O novo paradigma (e.g. automação baseada na eletrônica) modifica a natureza dos *trade-offs*, permitindo, por exemplo, que a flexibilidade necessária seja atingida ao volume de produção  $q_2$  e aos custos unitários  $c_2$ . Além disso, sugiro que as oportunidades tecnológicas (maiores no novo paradigma, com seu escopo para aprendizado, custos decrescentes de equipamento de capital, etc.) irão modificar a relação tecno-econômica entre custos e quantidades no longo prazo, rebaixando-a, digamos, para  $A^{***}A^{***}$ .

Na economia contemporânea, freqüentemente se observa uma queda no tamanho das plantas (ver, por exemplo, Fabrizio Barca, 1984, sobre a Itália), de forma análoga à mudança da escala de produção de  $q_0$  para  $q_2$  na figura 1; entretanto, esta observação empírica *per se* não favorece qualquer conclusão, seja sobre a relação “ótima” ou de “equilíbrio” entre as características da tecnologia e o tamanho, seja sobre as tendências de longo prazo para as oportunidades técnicas ao aproveitamento de economias de escala. Como ilustrado acima, a mudança concreta da escala de produção é o resultado conjunto de (a) diferenças no escopo para economias de escala nos dois paradigmas tecnológicos; (b) diferenças (específicas aos setores) nos *trade-offs* entre flexibilidade e economias de escala envolvidas; e (c) diferenças nos graus de progresso técnico ao longo das duas trajetórias, definidas pelos dois paradigmas.

Pode-se ver aqui um primeiro elo unidirecional que vai *das* características de cada tecnologia *para* a estrutura industrial (e suas mudanças): as distribuições das firmas por tamanho, observadas em nível intrasetorial, são obviamente afetadas pelas oportunidades específicas ao setor para o aproveitamento de diversos tipos de economias de escala e pelos *trade-offs* entre estas e a flexibilidade da produção. Se firmas diferentes posicionam-se diferentemente com respeito aos *trade-offs* nocionais entre flexibilidade e economias de escala e/ou pesquisam e exploram as oportunidades para automação em diversos ritmos, deve-se observar uma distribuição variada de tamanhos de plantas e tamanhos de firmas, mesmo que a propensão a inovar seja neutra em relação ao tamanho. Como um exemplo histórico, sugiro que estamos observando, pelo menos nos países industrializados, um processo de mudança na distribuição do tamanho de plantas e de firmas que é influenciado significativamente (a) pelos novos *trade-offs* escala/flexibilidade associados às tecnologias de produção eletrônicas; (b) pelos árduos esforços para aprender como utilizá-las eficientemente e, mais lentamente, para explorar o potencial (ainda amplamente desconhecido) de economias de escala que elas geram (para evidências muito preliminares e impressionistas, ver Mehmet Gonenc, 1984; Fabio Arcangeli, Dosi e Moggi, 1986 e Giancarlo Cainarca, Massimo Colombo e Sergio Mariotti, 1987); e, provavelmente (c) pela crescente variedade nas características demandadas dos produtos, maior refinamento e tolerância às (e desejo de) novidades, associadas à segmentação dos mercados e à elevação da renda dos consumidores. Como resultado geral de todos esses fatores, de acordo com Pavitt (1986b), formulo a hipótese de que as mudanças na distribuição dos tamanhos (das plantas e especialmente das firmas) nos setores de “fornecedores especializados” – construção de máquinas, etc. – tenderão a ser viesadas para as maiores classes de tamanho por conta das indivisibilidades de P&D, das economias de escopo baseadas nos sistemas eletrônicos flexíveis de manufatura, e assim por diante. De modo oposto, nos setores de produção em massa a maior flexibilidade das novas formas de automação é capaz de permitir a sobrevivência eficiente também das firmas relativamente menores (em comparação com o passado).

Mais geralmente, com base em evidências setoriais ainda escassas, é plausível supor que, em qualquer ponto do tempo, haverá um certo número de distribuições de tamanho (específicas à tecnologia) de plantas e de firmas que representam, por assim dizer, “equilíbrios evolucionários” nocionais, no sentido de que uma variedade de plantas e de firmas coexistem em níveis bastante similares de desempenho econômico, explorando mais economias de

escala com menos flexibilidade, mais economias de escopo com menos economias de escala, e assim por diante.

Esta não é a única fonte de diferença entre as firmas. Outros mecanismos de diferenciação referem-se ainda mais diretamente à inovação e às estratégias inovativas.

### ***C. Inovação, variedade e assimetrias entre as firmas***

Uma grande implicação das características de cumulatividade, tacitividade e apropriabilidade parcial da inovação é a existência permanente de *assimetrias* entre as firmas, em termos de suas tecnologias de processo e qualidade de produto. Isto é, as firmas podem ser classificadas como “melhor” ou “pior” de acordo com sua distância da fronteira tecnológica. Como discutido em outro trabalho (Dosi, Pavitt e Soete, 1988), pode-se observar aqui uma interessante convergência entre os resultados das análises de comércio internacional que sugerem hiatos tecnológicos (bastante difundidos) entre países (ver Freeman, 1963; Freeman, C. J. Harlow e J. K. Fuller, 1965; Gary C. Huffbauer, 1966; Dosi e Soete, 1983; OECD, 1968; Soete, 1981; e Mario Cimoli, 1988) e a evidência da economia industrial dentro de cada país, a respeito de amplos hiatos tecnológicos entre firmas, medidos por seus custos de produção (ver, por exemplo, Tsung-Yuen Shen, 1968; Nelson, 1968; 1981a; Bela Gold, 1979, 1981; e Dosi, 1984. Eles confirmam os resultados anteriores do *US Bureau of Labor Statistics*, citados em Nelson, 1981a). Além disso, alguns estudos recentes de economia industrial começaram a explorar a existência e a persistência intertemporal de rentabilidades acima – ou abaixo – da média para firmas individuais (ver Paul Geroski e Alexis Jacquemin, 1986; Bruno Contini, 1986; Robin Marris e Dennis Mueller, 1980, Mueller, 1977; e Hiroyuki Odagiri e Hideki Yamawaki, 1986); incidentalmente, note-se que as diferenças interfirmas de rentabilidade provavelmente subestimam as diferenças em eficiência de produção e tecnologia de produto, na medida em que suas “quasi-rendas” são distribuídas como salários e ordenados diferenciais.

Denomino *graus de assimetrias* de uma indústria suas dispersões de (a) eficiência de insumos para um dado produto (homogêneo); e (b) preços ponderados pelas características de desempenho dos produtos (diferenciados) das firmas – se fossemos capazes de medir tais características com precisão. Por certo, parte dessas assimetrias interfirmas na eficiência de produção deve-se (a) economias de escala na produção (ver Cliff Pratten, 1971; Aubrey Silberston, 1972; e Donald Hay e Derek Morris, 1979); e (b) diferentes distribuições de gerações do equipamento de cada firma (Vilfred Salter, 1969); entretanto – e talvez mais importante – essas assimetrias também são o efeito de diferentes capacitações inovativas, isto é, diferentes graus de acumulação tecnológica e diferentes eficiências nos processos de busca inovativa. Outras coisas permanecendo constantes, é de se esperar que, quanto maior o potencial que um paradigma tecnológico gera para a criação de assimetrias na qualidade do produto e na eficiência de produção (isto é, quanto maiores forem, *conjuntamente*, as oportunidades tecnológicas e a apropriabilidade das vantagens inovativas), maior será o escopo para as “melhores” firmas aproveitarem a vantagem competitiva e se tornarem maiores, independentemente de qualquer possível viés nos “retornos” da inovatividade com relação ao tamanho (voltarei a esta questão na seção VI). É claro que qualquer padrão observável de assimetrias entre as firmas depende também de muitas outras características dos mercados nos quais elas operam. Por exemplo, graus variáveis de elasticidade de demanda afetam os graus de proteção que qualquer firma tem contra a maior eficiência dos concorrentes, ou de modo oposto, a facilidade pela qual os líderes em tecnologia podem crescer às expensas dos concorrentes menos eficientes. De fato, existe aqui uma óbvia complementaridade entre os resultados e a conceituação que emergem dos estudos de inovação, por um lado, e as análises de barreiras à entrada e à mobilidade na economia

industrial, por outro (ver, por exemplo, Richard Caves e Michael Porter, 1977; 1978; Scherer, 1980 e Sylos-Labini, 1967).

Se tais assimetrias são um fator de diversidade entre as firmas que correspondem, numa analogia biológica sem rigor, a graus variados de “adaptação”, há também outra fonte de diversidade que, pela mesma analogia, corresponde a adaptação aproximadamente igual e a “polimorfismo”. Tomemos, por exemplo, duas firmas que exibem custos unitários idênticos e produzem o mesmo bem. Dessa forma, elas não apresentam qualquer assimetria no sentido definido acima; contudo, elas podem ainda assim apresentar diferenças em sua combinação de insumos, que resultam das histórias de acumulação tecnológica específicas às firmas (Nelson e Winter, 1982; Nelson, 1985; Metcalfe e Gibbons, 1983; Metcalfe, 1970, 1985; Gibbons e Metcalfe, 1986; Davies, 1979; Dosi, Orsenigo e Silverberg, 1986). Da mesma forma, as firmas bem podem buscar suas inovações de produto em diferentes espaços de produto, incorporando diferentes características e almejando diferentes pontos do mercado. Denomino essa segunda série de fonte de diversidade *variedade tecnológica*, que incorpora todas as diferenças tecnológicas que não correspondem a classificações inequívocas (i.e., tecnologias e produtos “melhores” ou “piores”).

Finalmente, os estudos empíricos freqüentemente apresentam a coexistência – dentro do mesmo setor e para incentivos ambientais idênticos – de estratégias amplamente diferentes de inovação, precificação, P&D, investimentos, e assim por diante. Especificamente no que diz respeito à inovação, nota-se um grande amplitude de estratégias relacionadas a realizar ou não P&D; ser inventor ou imitador inicial; “esperar para ver”; o montante de investimento em P&D; a escolha entre projetos incrementais ou projetos de risco, e assim por diante (Charles Carter e Bruce Williams, 1957, 1958; Freeman, 1982 e a bibliografia citada por eles). Chamo a tais diferenças de *diversidade comportamental*.

Sugiro que as assimetrias, as variedades tecnológicas e as diversidades comportamentais também se manifestam nas variâncias “inexplicadas”, seja de P&D, seja de patenteamento ou do número de inovações discretas, citadas anteriormente (seção V.A).

Em resumo: cada atividade produtiva é caracterizada por uma distribuição particular de firmas, de acordo com seus investimentos em P&D, resultados inovativos, tamanho, grau de assimetria na qualidade dos produtos e eficiência produtiva. Entretanto, a fotografia de uma indústria que emerge em qualquer ponto do tempo, é em si mesmo o resultado do processo competitivo que seleciona os sobreviventes a partir da variedade tecnológica e da diversidade comportamental das firmas, confere um prêmio ou uma punição para os inovadores pioneiros e favorece em graus variados a imitação e a difusão tecnológica. Assim, um entendimento satisfatório da relação entre a inovação e a distribuição das características estruturais e de desempenho das firmas também implica uma análise dos processos competitivo e de aprendizado, mediante os quais uma indústria evolui. Tratarei destes assuntos a seguir.

## **VI. Inovação e evolução industrial: aprendizado e seleção**

### ***A. Processo inovativo e estruturas industriais***

Ao longo do tempo, quando a inovação ocorre, novos produtos são introduzidos e depois imitados pelas firmas, melhores métodos de produção são desenvolvidos ou adotados na forma de novos tipos de equipamento de capital e, de modo relacionado, algumas firmas podem obter custos de produção abaixo da média e/ou uma posição monopolista/oligopolista na manufatura de alguns dos novos produtos. Por sua vez, elas podem explorar essas vantagens diferenciais elevando suas taxas de lucro, suas parcelas de mercado ou, é claro, uma combinação das duas. De modo oposto, algumas firmas se encontram com custos acima

da média e/ou produtos de menor qualidade e, mediante diversas estratégias de imitação, busca e tentativas de “salto tecnológico” (*leapfrog*), tentarão reduzir seu atraso, de modo a melhorar sua rentabilidade e competitividade de mercado. Uma versão ou outra desse processo básico é o que determina a “fotografia” setorial discutida na seção precedente e se revela, ao longo do tempo, também nas médias e nas distribuições das firmas em termos de insumos, produtividade, custos unitários, desempenho dos produtos, taxas de lucro e tamanho. Colocando de outra forma, o desempenho industrial e as estruturas industriais são *endógenas* aos processos de inovação, imitação e concorrência.

Nelson e Winter (1982), Winter (1971, 1982), Katsushito Iwai (1981), Gunnar Eliasson (1986a, 1986b), Gerald Silverberg (1987), Dosi, Orsenigo e Silverberg (1986), Gibbons e Metcalfe (1986) e Öve Granstrand (1986) têm procurado formalizar esse processo em uma perspectiva evolucionista: “A estrutura de mercado e o desempenho tecnológico são gerados de maneira endógena por três séries de determinantes: a estrutura de demanda, a natureza e a força das oportunidades de avanço tecnológico e a capacidade das firmas de se apropriarem dos retornos do investimento privado em pesquisa e desenvolvimento” (Levin *et al.*, 1984, p. 1). (A endogeneidade das estruturas de mercado tem recebido tratamentos recentes também no interior do arcabouço de “equilíbrio”; ver Dasgupta e Stiglitz, 1980a, 1980b.) Os estudos de caso setoriais confirmam tanto a natureza endógena das estruturas de mercado quanto a relação causal que vai *do* sucesso tecnológico *para* as mudanças no tamanho da firma e no grau de concentração industrial; além de Gort e Steven Klepper (1982) e Gort e Akira Konakayama (1982), que fornecem evidência comparativa entre tecnologias, ver, por exemplo, alguma evidência trans-setorial em Levin, Cohen e Mowery (1985); e evidências setoriais mais quantitativas em Almarin Phillips (1971) sobre aeronaves; Barbara G. Katz e Phillips (1982), sobre processamento de dados; Wilson, Ashton e Egas (1980), Dosi (1984), John Tilton (1971), Ed Sciberras (1977) e Malerba (1985), sobre semicondutores; Altshuler *et al.* (1984), sobre automóveis; Chesnais (1986), sobre farmacêutica e bio-engenharia; e Momigliano (1983) para uma análise econométrica interfirmas em âmbito internacional, a respeito da relação entre os níveis e variações dos diversos indicadores de inovatividade e as variações no desempenho das empresas produtoras de computadores.

Falando genericamente, a crescente (mas ainda muito inadequada) evidência sobre a dinâmica dos setores e das tecnologias sublinha os complexos e variados processos de aprendizado pelos quais as firmas vêm a dominar áreas específicas de oportunidades tecnológicas percebidas, aperfeiçoam seus procedimentos de busca e refinam suas habilidades de desenvolvimento e manufatura de novos produtos, baseando-se parcialmente em seu conhecimento acumulado internamente, parcialmente em artefatos e conhecimento desenvolvidos em outras partes e parcialmente em imitação dos concorrentes. Por sua vez, as interações no mercado selecionam, em diferentes graus, as direções particulares do desenvolvimento tecnológico, permitem que algumas firmas cresçam e penalizam outras. Note-se também que, nesta dinâmica, as assimetrias tecnológicas e a variedade tecnológica e comportamental são *tanto um resultado quanto uma força motriz* da mudança organizacional e tecnológica. Da discussão anterior, decorre diretamente que elas são um *resultado*: as firmas geralmente aprendem a taxas diferentes e de acordo com modos e regras de comportamento específicas à sua história, à sua organização interna e ao seu contexto institucional. Estas diferenças interfirmas também são uma grande *força motriz* do processo de mudança, na medida em que nelas subjazem os incentivos competitivos (para os “vencedores”) e as ameaças competitivas (para os “perdedores”) em relação a inovar/imitar produtos, processos e arranjos organizacionais.

Cada história industrial observável é, em um sentido essencial, o resultado de uma forma particular deste processo geral; contudo, de modo a levar em conta as diferenças específicas nos padrões exibidos pelos setores individuais, deve-se dar um passo além, por

assim dizer, “mapear” as características variadas das inovações, como discutido nas seções II a IV, de acordo com classes empiricamente reconhecíveis do processo evolucionário. Assim, por exemplo, deve-se ser capaz de relacionar as características de oportunidade, apropriabilidade, e assim por diante, de cada paradigma tecnológico, com os padrões de mudança no tamanho, na concentração de mercado e nos graus de assimetrias entre as firmas. Aqui a evidência disponível ainda é altamente insatisfatória e as hipóteses podem ser relacionadas apenas a estudos de casos isolados e à plausibilidade dos resultados de simulações; entretanto, vale a pena continuar trabalhando nessa questão, dada a sua relevância analítica (e normativa).

### ***B. Características da inovação e padrões de evolução industrial***

Em geral, as mudanças observáveis nas estruturas industriais, bem como a dinâmica observável do desempenho industrial (*e.g.* taxas de introdução de novos produtos e taxas de mudança nas produtividades setoriais) são o resultado de (a) *aprendizado inovativo* por parte das firmas individuais (junto com a contribuição dada por universidades, agências governamentais, e assim por diante); (b) *difusão* de conhecimento inovativo e de produtos e processos inovativos; e (c) *seleção* entre firmas. Relacionadas a isso, minhas hipóteses interpretativas gerais são as seguintes. Primeira, a variedade empírica nos padrões de evolução industrial é explicada pelas diversas combinações de seleção, aprendizado e difusão e pelos diversos mecanismos de aprendizado (*e.g.* *learning by doing* “informal”, aprendizado através de P&D formalizado e experiências de marketing). Segunda, a natureza de cada paradigma tecnológico, com suas oportunidades inovativas, condições de apropriabilidade, e assim por diante (juntamente com outros fatores econômicos e institucionais) ajuda a explicar as diferenças intersetoriais observadas com relação à importância dos três processos. (Discussões mais detalhadas sobre estas hipóteses se encontram em Dosi, Orsenigo e Silverberg, 1986 e Dosi, Winter e Teece, 1987.) Farei a seguir alguns comentários amplos sobre a natureza destes três processos e, então, destaco os modos pelos quais eles são afetados pelas características da inovação, utilizando alguns “exemplos ideais”, resultados de simulação e estudos de caso.

Para começar, note-se que toda inovação bem sucedida – seja ela de tecnologia de processo, produto ou arranjos organizacionais – gera, *ceteris paribus*, um efeito de *criação de assimetrias*, que permite a uma ou mais firmas desfrutarem um avanço em sua posição competitiva (*e.g.* preços mais baixos ou produtos melhores). É claro que mudanças nas assimetrias entre firmas individuais não necessariamente correspondem a mudanças nos graus gerais de assimetria em qualquer setor. Por exemplo, uma firma que anteriormente era ineficiente ou relativamente mal-sucedida porque sua linha de produtos não era atrativa, agora se torna bem sucedida porque visualiza melhores linhas de produtos. Tudo o mais constante, isto deverá reduzir a dispersão na distribuição geral do setor; entretanto, ainda haverá uma assimetria entre as firmas consideradas e suas concorrentes atrasadas. Certamente, a possibilidade de imitação permanece mais promissora de ganhos (de produtividade) para as firmas relativamente atrasadas do que para as que estão relativamente avançadas. *Ceteris paribus* portanto, há certa razão em se pensar que os processos de imitação e difusão promovem *convergência*. Mas as assimetrias nas capacitações das firmas impõem limites a esta tendência e sua força ainda está para ser determinada. (Sou incapaz de tratar aqui da vasta literatura sobre difusão, o que requereria um trabalho à parte, e assim menciono apenas alguns resultados relevantes para a presente discussão.) Por sua vez, quanto maiores forem as assimetrias entre as firmas, maiores também serão as possibilidades para os líderes tecnológicos (ou, neste caso, para os produtores mais eficientes) modificarem a estrutura industrial em seu favor e também melhorarem o desempenho setorial agregado, eliminando os

produtores atrasados. Vice-versa, quanto mais baixos os graus de assimetrias interfirmas, mais as melhoras em qualquer indicador de desempenho setorial terão que depender da disseminação dos processos de aprendizado e difusão.

Além disso, note-se que os conceitos de apropriabilidade, cumulatividade e tacitividade das capacitações tecnológicas – introduzidos anteriormente – dão suporte a uma relação direta entre os conceitos desenvolvidos na economia industrial, tais como barreiras à entrada e barreiras à mobilidade, sendo que o último implica formas de diferenciação competitiva tanto entre as firmas estabelecidas e as potenciais entrantes, quanto das firmas estabelecidas entre si. Em relação a isso, o “grau de assimetria” de um setor é uma representação sintética de ambas as séries de fenômenos.

Com estes comentários em mente, consideremos com mais detalhe a relação entre as características do processo inovativo e os padrões de dinâmica industrial.

Em primeiro lugar, consideremos as diferenças na *oportunidade* tecnológica, mantendo constantes as outras características da inovação (tais como a apropriabilidade). É evidente que, *ceteris paribus*, se esperaria que as taxas de melhora no desempenho (*e.g.* crescimento da produtividade) estivessem positivamente correlacionadas com os níveis de oportunidade tecnológica; o que se pode dizer do processo evolucionário subjacente comandado por altas oportunidades tecnológicas? Claro, se esperaria que, quanto mais elevadas as oportunidades tecnológicas, maiores seriam o aprendizado inovativo por parte de alguns produtores e as pressões seletivas contra as firmas atrasadas. Isto é, quanto mais elevadas são as oportunidades, mais elevada também será a probabilidade que algumas firmas “aprendam um bocado”, muito mais que os outros concorrentes e que – com base em seu desempenho grandemente superior – elas irão, por assim dizer, conduzir seu setor avante, eliminando os produtores retardatários. Os exercícios de simulação em Nelson e Winter (1982) corroboram amplamente essas hipóteses sobre a relação entre os graus de oportunidades tecnológicas, as possibilidades de aprendizado tecnológico diferencial e o processo de seleção que leva, *ceteris paribus*, a estruturas industriais bastante concentradas. Deve-se enfatizar, lembrando a discussão na seção IV, que a “oportunidade” é apenas uma condição necessária, mas não suficiente, para a exploração tecnológica concreta, e que a velocidade da melhora nos desempenhos setoriais depende desta última. Dada qualquer oportunidade tecnológica nocional, sua exploração efetiva pelas empresas privadas dependerá, como mencionado, de fatores tais como as condições de apropriabilidade e também das variáveis de mercado, tais como o tamanho do mercado, a elasticidade da demanda em relação ao preço e às mudanças na qualidade, e o grau de concentração industrial. As taxas pelas quais as oportunidades são realmente exploradas (em termos de produtos novos/melhores e processos de produção mais eficientes) por, no mínimo, algumas firmas, e as taxas pelas quais esses novos produtos e processos se difundem para as outras firmas obviamente afetam as taxas de mudança no desempenho setorial ao longo do tempo – *e.g.* as taxas de crescimento da produtividade ou as mudanças no preço do produto. A este respeito, os estudos de caso citados na sub-seção V.A também apresentam alguma evidência sobre o impressionante registro de aumento da produtividade e queda do preço em setores caracterizados por promissores novos paradigmas e elevadas oportunidades tecnológicas, *e.g.* computadores e semicondutores. Além disso, em relação às análises trans-setoriais, a evidência que freqüentemente se encontra a respeito de um elo estatístico entre intensidade de P&D e o desempenho inovativo em nível setorial (*e.g.* crescimento da produtividade setorial) deveria, à luz desta discussão, ser considerada como evidência de que oportunidades tecnológicas relativamente elevadas tendem a estar associadas ao modo de aprendizado tecnológico formalizado, baseado em P&D (Nelson, 1982; Terleckyj, 1984).

Em segundo lugar, consideremos o impacto da *cumulatividade* das capacitações inovativas. Aqui as implicações são diretas. Quanto mais cumulativo o progresso técnico em

nível da firma, mais o sucesso gera sucesso. A cumulatividade das capacitações tecnológicas em nível da firma implica uma distribuição não aleatória das probabilidades de avanço inovativo e de dependência da trajetória. As firmas que atingem níveis mais elevados de inovatividade (competitividade) aumentam também sua probabilidade de manter ou ampliar seus níveis de competitividade (inovatividade). Então, a variedade tecnológica e a difusão podem apenas desempenhar papéis minoritários na dinâmica industrial, enquanto as taxas de aprendizado inovativo do(s) líder(es) tecnológico(s) determinam diretamente as taxas de mudança no desempenho de setores (muitas vezes altamente concentrados). O inverso é verdadeiro onde a cumulatividade é relativamente baixa, como em muitos setores “dominados pelos fornecedores”. As inovações estão incorporadas em equipamentos e componentes comprados de outros setores e, embora as oportunidades tecnológicas devam ser significativas, elas são geradas principalmente de maneira *endógena* àqueles setores fornecedores. De fato, elas são o resultado de oportunidades de desenvolvimento, como por exemplo, novas sementes, fungicidas, pesticidas, tratores e máquinas têxteis, que podem ser adotados eficientemente na agricultura, na indústria têxtil, do vestuário, e assim por diante. Nestas circunstâncias, espera-se que a difusão de novas safras de equipamentos sejam as principais fontes da dinâmica industrial e que o processo de seleção que leva à concentração do mercado seja relativamente fraco. A evidência a respeito da estrutura desses setores (para uma discussão, ver por exemplo Pavitt, 1984) está de acordo com esta hipótese. Os fornecedores de novos tipos de máquinas, componentes, sementes, etc. têm interesse na difusão mais rápida possível de seus produtos e assim as taxas de mudança no desempenho médio (produtividade, etc.) dos setores usuários dependem conjuntamente (a) do ritmo de inovação nos setores fornecedores e (b) das condições variantes que comandam a adoção. A primeira condição delimita o teto para as taxas de melhoria no desempenho. A segunda condição é especialmente importante para explicar os hiatos médios entre os países “mais ágeis” e “mais lentos” (*faster and slower moving*) (para uma ilustração histórica comparando a agricultura norte-americana com a britânica no século XIX, ver novamente David, 1975).

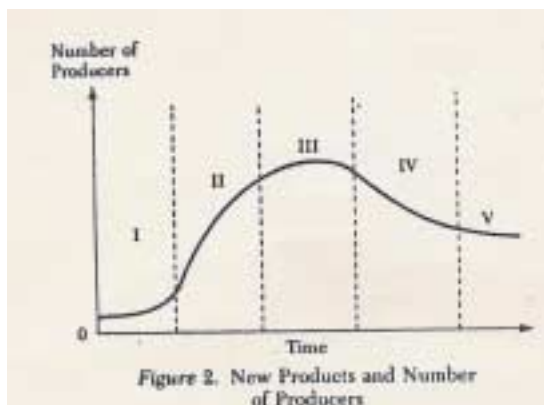
Em terceiro lugar, consideremos o papel das condições de apropriabilidade. É claro que a “facilidade” de imitar uma certa inovação (e, assim, de sua difusão para o produto ou o processo produtivo de outras firmas) ou a facilidade com que as firmas concorrentes são bem-sucedidas na introdução de um produto competitivo está, *ceteris paribus*, em relação inversa com a apropriabilidade dessa inovação.

Em geral, os graus gerais de apropriabilidade, a eficácia relativa das várias fontes de apropriabilidade (*e.g.* patentes, *lead times* e *learning by doing* específico à firma), as oportunidades tecnológicas e suas fontes (*e.g.* geradas internamente pelas firmas estabelecidas *versus* as externas ao setor e “públicas”), o tamanho e a taxa de crescimento do mercado – todas estas variáveis mudam significativamente ao longo da trajetória de desenvolvimento de uma tecnologia (seu “ciclo de vida”). Estes fatores, juntamente com as condições que comandam a concorrência no mercado (*e.g.* os vários outros tipos de barreiras à entrada, escala mínima necessária, as dificuldades para fracionar ou ampliar mercados – tanto domésticos quanto externos, na elasticidade preço ou qualidade da demanda) determinam a evolução tanto do desempenho quanto das estruturas industriais.

Certamente, do ponto de vista empírico, os conceitos enfatizados neste ensaio (tais como oportunidade e apropriabilidade) não têm variáveis de controle óbvias e objetivas, porque não são diretamente mensuráveis, e assim os estudos empíricos ainda são difíceis e inconclusivos; todavia, a meu ver, as dificuldades estatísticas não depõem contra sua importância interpretativa crucial. E, a despeito de todos os obstáculos práticos, parece-me que os estudos empíricos agora disponíveis são muito consistentes com este arcabouço de análise. Por exemplo, tem-se mostrado que ao longo do que foi definido aqui como “trajetória tecnológica” específica ao paradigma, a taxa de entrada líquida de novas firmas varia. Gort e



Klepper (1982) mostram evidências bastante robustas entre inovações (com uma amostra de 46 inovações), de um ciclo de cinco estágios, como o descrito na figura 2. Vale a pena resumir suas principais conclusões: “... não existe um número de equilíbrio para as firmas em um setor...”; “...o número final de produtores... e o número em cada ponto precedente no tempo depende da seqüência de eventos até aquele ponto”; “... a mudança tecnológica (inovações) desempenha um papel fundamental na determinação tanto da taxa de entrada quanto do eventual número de firmas no mercado”; “... o número de firmas no mercado de produtos que são tecnologicamente adjacentes aos dos novos produtos – isto é, o número de entrantes potenciais – influenciam as taxas de entrada”; “... o início do estágio III (estabilidade nas taxas de entrada líquida) e a posterior saída líquida no estágio IV não estão



associados à maturidade do mercado, medida pelo tamanho ou pela taxa de crescimento da demanda”; “ao invés disso, eles correspondem a uma queda na taxa de inovações externas ao setor, à compressão nas taxas de lucro e à acumulação de experiência valiosa pelos produtores estabelecidos” (p. 634). É claro que não há necessidade de que uma inovação passe por todos os cinco estágios. Quando inovações radicais (e concorrentes) emergem, pode-se observar “ciclos truncados” (em semicondutores, ver Dosi, 1984). Contudo, as principais conclusões se mantêm: as taxas de entrada líquida e mais geralmente a estrutura de produção de qualquer inovação (o número e o tamanho das firmas, o grau de concentração industrial, as barreiras à entrada, etc.) são endógenas à dinâmica tecnológica e dependem também das taxas e dos modos de aprendizado inovativo e da extensão na qual este aprendizado é apropriado e internalizado pelas firmas como um ativo gerador de renda.

A pesquisa teórica e empírica sobre as propriedades dos diversos modos de evolução industrial ainda está em um estágio muito incipiente; entretanto, as hipóteses e resultados precedentes sublinham uma relação muito promissora entre os estudos sobre os aspectos microeconômicos dos processos pelos quais as pessoas e as firmas buscam novos produtos e processos – o âmbito da “economia da inovação – de um lado; e a análise dos processos de concorrência e dos desempenhos, estruturas e mudanças setoriais – o âmbito típico da economia industrial – de outro lado. O aprendizado inovativo, é claro, é uma importante arma competitiva. Além disso, os modos pelos quais os agentes econômicos aprendem também afetam os graus em que eles podem explorar competitivamente esta arma e afinal modificar o ambiente no qual operam. Este processo é inerentemente “evolucionário”, no mínimo no sentido em que os diversos agentes econômicos são forçados a buscar mudanças tecnológicas será determinado somente *ex post* pela seleção do mercado. Assim, existe inevitavelmente uma distribuição de “mutações”, das quais no mínimo algumas estão destinadas a serem “erros”. Neste modelo, o mercado seleciona tanto entre firmas quanto entre avanços tecnológicos específicos (ver mais a respeito em Gibbons e Metcalfe, 1986); entretanto, tal processo evolucionário, diferentemente da analogia biológica estrita, não é comandado por

qualquer mecanismo puramente aleatório gerador de mudanças. Os agentes aprendem – do ambiente, de seus concorrentes e de seus próprios sucessos e erros – de maneiras que são específicas ao corpo de conhecimento que caracteriza cada tecnologia, isto é, cada “paradigma tecnológico”. Como consequência, as características da evolução de cada setor são, por assim dizer, “ordenadas” pelos padrões de aprendizado e pelos modos em que tais padrões afetam o processo concorrencial. O entendimento da variedade observável nas estruturas industriais, no desempenho e em suas mudanças implica, suponho, uma espécie de “microfundamentação” dos modos subjacentes pelos quais os agentes econômicos acumulam conhecimento e competências sobre como resolver problemas tecnológicos e organizacionais. Esta, provavelmente, continua uma das principais áreas da análise a respeito das estruturas e dinâmicas variadas pelas quais as economias não planejadas buscam, geram e selecionam inovações tecnológicas. Contudo, creio que um ingrediente fundamental da explicação para esta diversidade nas estruturas industriais (e de por que em alguns setores as firmas inovadoras são pequenas e em outros, grandes; por que algumas firmas inovadoras diversificam-se para além dos limites de suas atividades originais, e outras não; por que algumas firmas continuam a inovar, enquanto outras reduzem seu ritmo, etc.) deriva da natureza igualmente variada do processo evolucionário que as gera. Finalmente, nesta perspectiva, deve-se também tentar explicar os níveis e as mudanças no desempenho econômico dos diversos países como um resultado conjunto (a) dos movimentos das “fronteiras tecnológicas” (isto é, melhorias inequívocas nas técnicas de produção *best practice* e nos insumos de produção); (b) dos processos de aprendizado/difusão das firmas (e países) mais “atrasadas”; e (c) dos processos de seleção associados a competitividade mais elevada ou a maiores parcelas de mercado internacional dos inovadores (ou imitadores) mais bem-sucedidos. Claramente, ao serem consideradas as diferenças internacionais, fatores que vão além daqueles que diferenciam as firmas no interior de ambientes nacionais comuns precisam ser levados em conta (*e.g.* educação, sistema financeiro, instituições legais, traços culturais, formas de organização social). Entretanto, será interessante observar, primeiro, até que ponto os fatores que emergem do presente ensaio podem nos levar e, segundo, como tais fatores interagem com as características nacionais mais amplas, que acabo de mencionar.

## VII. Conclusões

O número, variedade e escopo dos estudos que foram aqui revistos (e que são, contudo, um subconjunto da literatura recente sobre mudança tecnológica) revelam o progresso alcançado ao longo dos últimos vinte anos na conceituação e, em certa medida, na análise empírica do processo de geração de inovações e de seus efeitos. Alguns destes temas podem ser considerados como desenvolvimentos a partir de hipóteses e *insights* que já estavam presentes nos escritos dos economistas clássicos e de Schumpeter (1934). Outros elementos de análise adicionam entendimento novo sobre as características do progresso técnico. Certamente, a análise empírica do processo inovativo dentro e entre setores e países teve um começo promissor e tem prosseguido com vigor. Os progressos nesta área muitas vezes são restringidos pela escassez de dados relevantes, mas provavelmente também o são devido à “visão” e à abordagem aos estudos empíricos por economistas geralmente treinados a colocar a tecnologia entre os dados pré-analíticos de seus modelos.

A meu ver, apropriabilidade; tacitividade parcial; especificidade; incerteza; variedade nas bases de conhecimento, nos procedimentos de busca e nas oportunidades; cumulatividade; e irreversibilidades (todos conceitos definidos nas seções II e III) têm sido reconhecidos como *características gerais* do progresso tecnológico. Relacionada a isso, a natureza endógena das estruturas de mercado associadas com a dinâmica da inovação, as assimetrias entre as firmas em capacitações tecnológicas, os diversos fenômenos de não-convexidade, dependência da

história, retornos crescentes dinâmicos e a natureza evolucionária dos processos de inovação/difusão são alguns dos principais elementos do processo de mudança tecnológica.

Minha impressão é de que há um enorme hiato entre os resultados de pesquisas de historiadores econômicos, estudiosos da tecnologia e de estudos de economia industrial aplicada, de um lado; e a conceituação (mais limitada) destes resultados na teoria econômica, de outro lado. É claro que sempre haverá uma diferença entre os “fatos empíricos” e os “fatos analíticos” dos teóricos. Os primeiros tendem a focalizar a singularidade dos detalhes, enquanto os últimos dedicam-se à combinação de simplificação e abstração em graus variados<sup>11</sup>. Entretanto, a hipótese central feita pela teoria não deveria entrar em conflito explícito com fenômenos empíricos que apresentam bastante persistência ao longo do tempo e/ou entre ambientes econômicos. Se se acredita nisto, algumas questões vêm imediatamente à baila. Por exemplo, como se traduzem as características do processo inovativo, descritas acima, para o nível das proposições teóricas sobre comportamentos microeconômicos, teoria da produção, processos de ajustamento, e assim por diante? Estas proposições são consistentes com as hipóteses correspondentes que geralmente se fazem na análise econômica? Ou, colocando de outra forma, podemos partir das hipóteses-padrão e elaborar incrementalmente nossas análises de modo a dar conta das já referidas propriedades do processo inovativo? Quaisquer que sejam as respostas para estas questões, a área da inovação é, a meu ver, particularmente fascinante e desafiadora. A inovação e a mudança tecnológica têm sido objetos de atenção privilegiados também por aqueles interessados em modelar a dinâmica econômica de maneira não ortodoxa, baseados em hipóteses “evolucionistas”, em conceitos muito menos rígidos de “equilíbrio”, numa caracterização dos comportamentos que dá amplo lugar aos traços institucionais e uma grande ênfase à concorrência como um mecanismo de seleção (notadamente Nelson e Winter, 1982; ver também Dosi *et al.*, 1988). Entretanto, os desafios que o processo inovativo coloca a essa abordagem também são formidáveis. Deve-se (a) ser capaz de mostrar que hipóteses que (com pouca margem à dúvida) são empiricamente mais plausíveis, também podem gerar modelos com níveis de generalidade comparáveis aos baseados na abordagem mais convencional; (b) explorar a robustez de resultados que até aqui tem sido obtidos mediante simulações; (c) atingir, a despeito de sua complexidade admiravelmente mais elevada, aquele nível mínimo de elegância que torna os modelos atraentes para a comunidade profissional.

É quase certo que teorias concorrentes em ciências sociais são semelhantes a fenótipos concorrentes em ambientes evolucionários complexos. Não é possível afirmar *ex ante* qual deles será o “melhor adaptado”. Todavia, dificilmente alguém duvidaria que o âmbito da inovação, com todas as características discutidas neste ensaio, é uma importante (e ainda amplamente inexplorada) fronteira da análise econômica.

---

<sup>11</sup> Este não é o espaço para iniciar uma discussão de metodologia econômica. Uma rica troca de idéias sobre “teoria *versus* história” que toca diretamente em muitas questões relacionadas à mudança tecnológica está em William Parker (1986). Um argumento metodológico pertinente que, novamente, é impossível de tratar aqui, e a despeito das várias críticas e sugestões que suscitou, encontra-se em John Elster (1983).

## Referências Bibliográficas

- Abernathy, William J. and Utterback, James M. "A Dynamic Model of Product and Process Innovation". *Omega*, v. 3, n. 6, December 1975, p. 639-656.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ "Patterns of Industrial Innovation". *Technology Review*, v. 7, June-July 1978, p. 2-9.
- Altshuler, Alan *et al.* *The Future of the Automobile*. Cambridge: MIT Press, 1984.
- Amendola, Mario. "A Change in Perspective in the Analysis of the Process of Innovation". *Metroeconomica*, v. 35, n. 3, October 1983, p. 261-274.
- \_\_\_\_\_ and Gaffard, Jean-Luc. "Innovation as Creation of Technology: a sequential model". In: Venice (1986).
- Antonelli, Cristiano. "The International Diffusion of New Information Technologies". *Research Policy*, v. 15, n. 3, June 1986, p. 139-147.
- Arcangeli, Fabio. *Innovation Diffusion: a cross-tradition state of the art*. SPRU, University of Sussex, Brighton, 1985. Unpublished Manuscript.
- \_\_\_\_\_, Dosi, Giovanni and Moggi, Massimo. "The Patterns of Diffusion of Microelectronic Technologies" *DRC Discussion Paper*, SPRU, University of Sussex, Brighton; presented at the Conference on Programmable Automation, Paris, April 1987.
- Arena, Richard; Rainelli, Michel and Torre, Andre. "Du Concept à l'Analyse de Filière: Une Tentative d'Eclaircissement Teorique". *LATAPSES Discussion Paper*, Nice, 1984.
- Arrow, Kenneth J. "The Economic Implications of Learning by Doing". *Review of Economic Studies*, v. 29, June 1962a, p. 155-173.
- \_\_\_\_\_ "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention", In: NBER (1962), p. 609-25.
- Arthur, W. Brian. *Competing Techniques and Lock-in by Historical Events: The Dynamics of Allocation under Increasing Returns*. IIASA, Laxemburg, 1983; revised edition, CEPR, Stanford University, 1985. Unpublished Manuscript.
- \_\_\_\_\_. "Industry Location and the Importance of History" *CEPR Paper* n. 43, Stanford University, 1986.
- \_\_\_\_\_. "Competing Technologies: An Overview". In: Dosi *et al.* (1988), p. 590-607.
- Atkinson, Anthony B. and Stiglitz, Joseph E. "A New View of Technological Change". *Economic Journal*, v. 79, n. 3, September 1969, p. 573-578.
- Baily, Martin W. and Chakrabarti, A. K. "Innovation and Productivity in US Industry". *Brookings Papers on Economic Activity*, v. 2, December 1985, p. 609-632.
- Baker, Michael J. (ed). *Industrial Innovation*. London: Macmillan, 1979.
- Barca, Fabrizio. "Modello della Specializzazione Flessibile: Fondamenti Teorici ed Evidenza Empirica". In: *Contributi alla Ricerca Economica*. Roma: Banca d'Italia, 1984.
- Le Bas, Christian. *Economie des Innovations Techniques*. Paris: Economica, 1981.
- Beer, John J. *The Emergence of the German Dye Industry*. Urbana-Champaign: University of Illinois Press, 1959.
- Bernal, John D. *The Social Function of Science*. London: Routledge and Kegan Paul, 1939.
- Bound, John *et al.* "Who Does R&D and Who Patents?" In: Griliches (1984), p. 21-45.
- Braun, Ernest and MacDonald, Stuart. *Revolution in Miniature: The History and Impact of Semiconductor Electronics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.
- Bresnahan, Timothy and David, Paul A. "The Diffusion of Automatic Teller Machines across US Banks". CEPR, Stanford University; also In: Venice (1986).
- Buer, Terje Christian. *Investigation of Consistent Make or Buy Patterns of Selected Process Machinery in Selected US Manufacturing Industry*. Sloan School of Management, MIT (PhD dissertation), 1982.
- Burns, Arthur F. *Production Trends in the United States since 1870*. New York: National Bureau of Economic Research, 1934.
- Cainarca, Giancarlo; Colombo, Massimo and Mariotti, Sergio. "An Evolutionary Pattern of Innovation Diffusion: The Case of the Flexible Automation" Dept. of Electronics Discussion Paper, Milan Politecnico; presented at the *14<sup>th</sup> EARIE Conference*, Madrid, September 1987.
- Carter, Anne. *Structural Change in the American Economy*. Cambridge: Harvard University Press, 1970.
- Carter, Charles and Williams, Bruce. *Industry and Technical Progress*. Oxford: Oxford University

- Press, 1957.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. *Investment in Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 1958.
- Caves, Richard E. and Porter, Michael E. "From Entry Barriers to Mobility Barriers: Conjectural Decisions and Contrived Deterrence to New Competition". *Quarterly Journal of Economics*, v. 91, n. 2, May 1977, p. 241-261.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. "Market Structure, Oligopoly and Stability of Market Shares". *Journal of Industrial Economics*, v. 26, n. 4, June 1978, p. 289-313.
- Chesnais, François. "Some Notes on Technological Cumulativeness, the Appropriation of Technology and Technological Progressiveness in Concentrated Market Structures". OECD, Paris; also In: Venice (1986).
- Cimoli, Mario. "Technological Gaps and Institutional Asymmetries in a North-South Model with a Continuum of Goods". *Metroeconomica*, v. 39, n. 2, October 1988, p. 245-274.
- Clark, Kim B. and Griliches, Zvi. "Productivity Growth and R&D at the Business Level: Results from the PIMS Data Base". In: Griliches (1984), p. 393-416.
- Cohen, Stephen *et al.* "Competitiveness" *BRIE Working Paper*, University of California, Berkeley, 1984.
- Cohen, Wesley N. and Levin, Richard C. "Empirical Studies of Innovation and Market Structure". In: Schmalensee, Richard and Willig, Robert (eds). *Handbook of Industrial Organization*. 2v. Amsterdam: North-Holland, v. 2, p. 1060-1107, 1988.
- Cohendet, Patrick; Tournemine, Regis Larue de; and Zuscovitch, EHUD. *Progrès Technique et Percussion*. BETA, University Louis Pasteur. Strasbourg, 1982. Unpublished Manuscript.
- Constant, Edward W. *The Origins of the Turbojet Revolution*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1980.
- Contini, Bruno. "Organizational Change and Performance in the Italian Industry". Discussion Paper University of Turin; also In: Venice (1986).
- Cooper, Robert. "A Process Model for New Industrial Product Development". *IEEE Transaction on Engineering Management*, v. 30, n. 1, February 1983, p. 2-11.
- Coriat, Benjamin. *La Robotique*. Paris: La Découverte/Maspero, 1983.
- \_\_\_\_\_. "Crise et Electronisation de la Production: Robotisation d'Atelier et Modele Fordien d'Accumulation du Capital" In: *Critiques de l'Économie Politique*, 1984.
- Cuneo, Phillippe and Mairesse, Jacques. "Productivity and R&D at the Firm Level in French Manufacturing Industry". In: Griliches (1984), p. 375-392.
- Cyert, Richard M. and March, James G. *A Behavioral Theory of the Firm*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1963.
- Dasgupta, Partha D. and David, Paul A. "Information Disclosure and the Economics of Science and Technology" *CEPR Publication* n. 48, Stanford University, 1985.
- \_\_\_\_\_ and Stiglitz, Joseph E. "Industrial Structure and the Nature of Innovation Activity". *Economic Journal*, v. 90, n. 2, June 1980a, p. 266-293.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. "Uncertainty, Industrial Structure and the Speed of R&D". *Bell Journal of Economics*, v. 11, n. 1, Spring 1980b, p. 1-28.
- David, Paul A. "A Contribution to the Theory of Diffusion". *Center for the Research in Economic Growth* memo n. 71, Stanford University, 1969.
- \_\_\_\_\_. *Technical Choice, Innovation and Economic Growth*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.
- \_\_\_\_\_. "Clio and the Economics of QWERT". *American Economic Review*, v. 75, n. 2, May 1985, p. 332-337 (an extended version is published in Parker, 1986).
- \_\_\_\_\_. "Narrow Windows, Blind Giants and Angry Orphans: the Dynamics of Systems Rivalries and Dilemmas of Technology Policy". *CEPR Working Paper* n. 10, Stanford University; also In: Venice (1986).
- \_\_\_\_\_. "Some New Standards for the Economics of Standardization in the Information Age". *CEPR Working Paper* n. 11, Stanford University, 1986b.
- \_\_\_\_\_ and Olsen, Trond E. "Anticipated Automation: A Rational Expectation Model of Technological Diffusion" *CEPR Publication* n. 24, Stanford University, 1984.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. "Equilibrium Dynamics when Incremental Technological Innovations are Foreseen". CEPR, Stanford University; also In: Venice (1986).
- Davies, Stephen. *The Diffusion of Process Innovations*. Cambridge: Cambridge University Press, 1979.
- Day, Richard and Eliasson, Gunnar (eds). *The Dynamics of Market Economies*. Amsterdam: North-Holland, 1986.
- Dosi, Giovanni. "Technological Paradigms and Technological Trajectories: a Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change". *Research Policy*, v. 11, n. 3,

- June 1982, p. 147-162.
- \_\_\_\_\_. *Technical Change and Industrial Transformation*. London: Macmillan, 1984.
- \_\_\_\_\_. "Institutions and Markets in a Dynamic World". *The Manchester School*, v. 56, n. 2, June 1988, p. 119-146.
- \_\_\_\_\_ and Egidi, Massimo. "Substantive and Procedural Uncertainty: An Exploration of Economic Behaviors in Complex and Changing Environments". *DRC Discussion Paper*, SPRU, University of Sussex, Brighton; presented at the Conference on Programmable Automation. Paris, April 1987.
- \_\_\_\_\_ and Orsenigo, Luigi. "Coordination and Transformation: An Overview of Structure, Performance and Change in Evolutionary Environments". In: Dosi *et al.* (1988), p. 13-37.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ and Silverberg, Gerald. "Innovation, Diversity and Diffusion: A Self-Organization Model" *DRC Discussion Paper*, SPRU, University of Sussex, Brighton; also In: Venice (1986).
- \_\_\_\_\_; Pavitt, Keith and Soete, Luc. *The Economics of Technical Change and International Trade*. Brighton: Harvester Wheatsheaf, 1990.
- \_\_\_\_\_ and Soete, Luc. "Technology Gaps and Cost-based Adjustment: Some Explorations on the Determinants of International Competitiveness". *Metroeconomica*, v. 35, n. 3, October 1983, p. 357-382.
- \_\_\_\_\_; Teece, David and Winter, Sidney. "Toward a Theory of Corporate Coherence". Presented at the *Conference on Technology and the Enterprise in an Historical Perspective*. Terni, Italy, October 1987.
- \_\_\_\_\_; Freeman, Christopher; Nelson, Richard; Silverberg, Gerald and Soete, Luc. *Technical Change and Economic Theory*. London: Francis Pinter; New York: Columbia University Press, 1988.
- Dulude, Louise S. "Les Flux Technologiques Industriels: Une Analyse Exploratoire du Potential Canadien". *L'Actualité Economique*, v. 59, n. 3, September 1983, p. 259-281.
- Egidi, Massimo. "The Generation and Diffusion of New Markets Routines". Laboratorio di Economia Politica, Torino. In: Venice (1986).
- Eliasson, Gunnar. "Innovative Change: Dynamic Market Allocation and Long Term Stability of Economic Growth". Industrial Institute for Economics and Social Research, Stockholm. In: Venice (1986a).
- \_\_\_\_\_. "Micro Heterogeneity of Firms and Stability of Industrial Growth". In: Day and Eliasson (1986b).
- Elster, John. *Explaining Technical Change: a Case Study in the Philosophy of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- Enos, John L. *Petroleum Progress and Profits: a History of Process Innovation*. Cambridge: MIT Press, 1962.
- Erber, Fabio. "Microeletrônica: Reforma ou Revolução?" *Texto para Discussão*, Instituto de Economia Industrial, UFRJ, Rio de Janeiro, 1983.
- Ergas, Henry. "Why Do Some Countries Innovate More than Others?". *Center for the European Policy Studies*, paper n. 5, Bruxelles, 1984.
- Ernst, Dieter. *The Global Race in Microelectronics*. Frankfurt and New York: Campus Verlag, 1983.
- Fabrieli, Joseph and Saloner, Garth. "Standardization, Compatibility and Innovation". *Rand Journal of Economics*, v. 16, n. 1, Spring 1985, p. 70-83.
- Frankel, Martin. "Obsolescence and Technological Change in a Maturing Economy". *American Economic Review*, v. 46, n. 3, May 1956, p. 94-112.
- Freeman, Christopher. "The Plastic Industry: a Comparative Study on Research and Innovation". *National Institute Economic Review*, v. 26, October 1963, p. 22-62.
- \_\_\_\_\_. *The Economics of Industrial Innovation*. 2<sup>nd</sup> ed., London: Francis Pinter, 1982.
- \_\_\_\_\_ (ed). *Design, Innovation and Long Cycles in Economic Development*. 2<sup>nd</sup> ed., London: Francis Pinter, 1986.
- \_\_\_\_\_; Clark, John and Soete, Luc. *Unemployment and Technical Innovation: A Study on Long Waves in Economic Development*. London: Francis Pinter, 1982.
- \_\_\_\_\_; Harlow, C. J. and Fuller, J. K. "Research and Development in Electronics Capital Goods". *National Institute Economics Review*, v. 34, November 1965, p. 40-91.
- Gardiner, Paul. "Design Trajectories for Airplanes and Automobiles During the Past Fifty Years" and "Robust and Lean Designs". In Freeman (1982), p. 121-168.
- Geroski, Paul A. and Jacquemin, Alexis. "The Persistence of Profits: a European Comparison". *Department of Economics Discussion Paper*, University of Southampton, 1986.
- Gibbons, Michael and Johnston, Ron. "The Role of Science in Technological Innovation" *Research Policy*, v. 3, n. 3, November 1974, p. 220-242.
- \_\_\_\_\_ and Metcalfe, J. Stanley. "Technological Variety and the Process of Competition". University of Manchester. In: Venice (1986).

- Giersch, Herbert (ed). *Emerging Technologies*. Tübingen: Mohr, 1982.
- Gold, Bela. *Productivity, Technology and Capital*. Lexington, MA: Heath, 1979.
- \_\_\_\_\_. "Technological Diffusion in Industry: Research Needs and Shortcomings". *Journal of Industrial Economics*, v. 29, n. 3, March 1981, p. 247-269.
- Gonenc, Mehmet R. *Eletronisation and Reorganisation Verticale dans l'Industrie*. (Thèse de Troisième Cycle), University of Paris X, Nanterre, 1984.
- Gordon, Theodore J. and Munson, Thomas R. *Research into Technology Output Measures*. The Future Group, Glanstonbury, CT, 1981.
- Gort, Michael and Keppeler, Steven. "Time Paths in the Diffusion of Product Innovations". *Economic Journal*, v. 92, n. 3, September 1982, p. 630-653.
- \_\_\_\_\_. and Konakayama, Akira. "A Model of Diffusion in the Production of an Innovation". *American Economic Review*, v. 72, n. 5, December 1982, p. 1111-1120.
- \_\_\_\_\_. and Wall, Richard A. "The Evolution of Technologies and Investment in Innovation". *Economic Journal*, v. 96, n. 3, September 1986, p. 741-757.
- Granstrand, Öve. "The Modelling of Buyer/Seller Diffusion Process: a Novel Approach to Modelling Diffusion and Simple Evolution of Market Structure". Göteborg, Chalmers University of Technology. In: Venice (1986).
- Griliches, Zvi. "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change". *Economica*, v. 25, n. 4, October 1957, p. 501-522.
- \_\_\_\_\_. "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth". *Bell Journal of Economics*, v. 10, n. 1, Spring 1979, p. 92-116.
- \_\_\_\_\_. (ed). *R&D, Patents and Productivity*. Chicago: University of Chicago Press for NBER, 1984.
- \_\_\_\_\_. "R&D, Patents and Productivity: Introduction". In: \_\_\_\_\_ (1984a), p. 1-19.
- \_\_\_\_\_. and Lichtenberg, F. "R&D and Productivity Growth at the Industry Level: Is There Still a Relationship?". In: Griliches (1984b), p. 465-496.
- \_\_\_\_\_. and Mairesse, Jacques. "Productivity and R&D at the Firm Level". In: Griliches (1984c), p. 339-374.
- \_\_\_\_\_. and Pakes, Ariel. "The Value of Patents as Indicators of Inventive Activity". Presented at the *Conference on the Economic Theory of Technology Policy*. London, Centre for Economic Policy Research, September 1986.
- Habakkuk, Hrothgar J. *American and British Technologies in the Nineteenth Century*. Cambridge: Cambridge University Press, 1962.
- Hay, Donald A. and Morris, Derek J. *Industrial Economics: Theory and Evidence*. Oxford: Oxford University Press, 1979.
- Heiner, Ronald. "The Origin of Predictable Behavior". *American Economic Review*, v. 73, n. 4, September 1983, p. 560-595.
- \_\_\_\_\_. "Imperfect Decisions, Routinized Behaviour and Inertial Technical Change". Provo, Brigham Young University. In: Dosi *et al.* (1988), p. 147-169.
- von Hippel, Eric. "A Customer Active Paradigm for Industrial Product Idea Generation". *Research Policy*, v. 7, n. 3, July 1978, p. 240-266.
- \_\_\_\_\_. "A Customer Active Paradigm for Industrial Product Idea Generation". In: Baker (1979).
- \_\_\_\_\_. "The User's Role in Industrial Innovation". In: Dean, Burton and Goldhan, Joel (eds). *Management of Research and Innovation*. Amsterdam: North-Holland, 1980.
- \_\_\_\_\_. "Appropriability of Innovation Benefit as a Predictor of the Source of Innovation". *Research Policy*, v. 11, n. 2, April 1982, p. 95-115.
- Hirschman, Alberto O. *The Strategy of Economic Development*. New Haven, CT: Yale University Press, 1958.
- Hollander, Samuel. *The Source of Increased Efficiency: a Study of Du Pont Rayon Plants*. Cambridge, MA: MIT Press, 1965.
- Hufbauer, Gary C. *Synthetic Materials and the Theory of International Trade*. London: Duckworth, 1966.
- Hughes, Thomas P. *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1800-1930*. Baltimore, MD: John Hopkins University Press, 1982.
- \_\_\_\_\_. "Reverse Salients and Critical Problems: the Dynamics of Technological Change". University of Pennsylvania; presented at the *Conference on Technology and the Enterprise in an Historical Perspective*. Terni, Italy, October 1987.
- Ireland, N. J. and Stoneman, Paul. "Technological Diffusion, Expectations and Welfare". *Oxford Economic Papers*, v. 38, n. 2, July 1986, p. 283-304.
- Iwai, Katsushito. "Schumpeterian Dynamics Part I: An Evolutionary Model of Innovation and Imitation". Cowles Discussion Paper, Yale University Press, New Haven, CT, 1981; rev. ed., *Journal of Economic Behavior and Organization*, v. 5, n. 2,

- June 1984, p. 159-190.
- \_\_\_\_\_. "Schumpeterian Dynamics Part II: Technological Progress, Firm Growth and Economic Selection". Cowles Discussion Paper, Yale University Press, New Haven, CT, 1981; rev. ed., *Journal of Economic Behavior and Organization*, v. 5, n. 3-4, September-December 1984, p. 321-351.
- Jacquemin, Alexis and Rainelli, Michel. "Filières de la Nation et Filières de l'Enterprise". *Revue Economique*, v. 35, n. 2, March 1984, p. 379-392.
- Jensen, Richard A. "Adoption and Diffusion of an Innovation of Uncertain Profitability". *Journal of Economic Theory*, v. 27, n. 1, June 1982, p. 182-199.
- Kamien, Morton and Schwartz, Nancy. *Market Structure and Innovation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- Katz, Barbara G. and Phillips, Almarin. "Government, Technological Opportunities and the Emergence of the Computer Industry". In: Giersch (1982), p. 419-466.
- Katz, Michael L. and Shapiro, Carl. "Network Externalities, Competition and Compatibility". *American Economic Review*, v. 75, n. 3, June 1985, p. 424-440.
- Kay, Neil. *The Innovating Firm*. London: Macmillan, 1979.
- \_\_\_\_\_. *The Evolving Firm*. London: Macmillan, 1982.
- Kennedy, Charles and Thirlwall, Anthony P. "Surveys in Applied Economics: Technical Progress". *Economic Journal*, v. 91, n. 1, March 1981, p. 11-63.
- Kleiman, H. S. *The US Government Role in the Integrated Circuit Innovation*. Paris: OECD, 1987.
- Klein, Burton. *Dynamic Economics*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1977.
- Kuznets, Simon. *Secular Movements in Production and Prices*. Boston: Houghton-Mifflin, 1930.
- Lancaster, Kevin J. *Consumer Demand: A New Approach*. New York: Columbia University Press, 1971.
- Landau, Ralph and Rosenberg, Nathan (eds). *The Positive Sum Society: Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, DC: National Academy Press, 1986.
- Landes, David. *The Unbound Prometheus*. Cambridge: Cambridge University Press, 1969.
- Langrish, J. *Wealth from Knowledge*. London: Macmillan, 1972.
- Lazonick, William. "Industrial Relations and Technical Change: the Case of the Self-Acting Mule". *Cambridge Journal of Economics*, v. 3, n. 3, September 1979, p. 231-262.
- \_\_\_\_\_. "The Social Determinants of Technological Innovation". presented at the *Conference on Technology and the Enterprise in an Historical Perspective*. Terni, Italy, October 1987.
- Levin, Richard; Cohen, Wesley M. and Mowery, David C. "R&D Appropriability, Opportunity and Market Structure: New Evidence on some Schumpeterian Hypotheses". *American Economic Review*, v. 75, n. 2, May 1985, p. 20-24.
- \_\_\_\_\_. *et al. Survey Research on R&D Appropriability and Technological Opportunity. Part I: Appropriability*. New Haven, CT: Yale University Press, 1984.
- Lundvall, Bent-Åke. User/Producer Interaction and Innovation. *TIP Working Paper*, Stanford University, 1984 (rev. ed., Aalborg (Denmark) University, 1985).
- \_\_\_\_\_. "Innovation as an Interactive Process: User/Producer Relations". In: Dosi *et al.* (1988), p. 349-369.
- Maidique, Modesto A. "The Stanford Innovation Project". In: Burgelman, Robert A. and Maidique, Modesto A. (eds). *Strategic Management of Technology Innovation*. Worcester Polytechnic Institute, 1983.
- Malecki, Edward J. "Technology and Regional Development: A Survey". *International Regional Science Review*, v. 8, n. 2, October 1983, p. 89-125.
- Malerba, Franco. *The Semiconductor Business: The Economics of Rapid Growth and Decline*. Madison: University of Wisconsin Press, 1985.
- Mansfield, Edwin. "Technical Change and the Rate of Imitation". *Econometrica*, v. 29, n. 2, October 1961, p. 741-766.
- \_\_\_\_\_. *Industrial Research and Technological Innovation*. New York: Norton, 1968.
- \_\_\_\_\_. "R&D and Innovation: Some Empirical Findings". In: Griliches (1984), p. 127-148.
- \_\_\_\_\_. "How Rapidly Does New Industrial Technology Leak Out?" *Journal of Industrial Economics*, v. 34, n. 2, December 1985, p. 217-223.
- \_\_\_\_\_. *et al. Research and Innovation in the Modern Corporation*. New York: Norton, 1971.
- \_\_\_\_\_. *et al. The Production and Application of New Industrial Technology*. New York: Norton, 1977.
- \_\_\_\_\_.; Schwartz, Mark and Wagner, Samuel. "Imitation



- Costs and Patents: An Empirical Study". *Economic Journal*, v. 91, n. 4, December 1981, p. 907-918.
- Marris, Robin M. and Mueller, Dennis C. "Corporation, Competition and the Invisible Hand". *Journal of Economic Literature*, v. 18, n. 1, March 1980, p. 32-63.
- Martino, Joseph. *Technological Forecasting for Decision Making*. New York: American Elsevier, 1976.
- Mensch, Gehard. *Das Technologische Patt*. Frankfurt: Umschau, 1975.
- Metcalf, J. Stanley. "Diffusion of Innovation in Lancashire Textile Industry". *The Manchester School*, v. 38, n. 2, June 1970, p. 145-162.
- \_\_\_\_\_. *On Technological Competition*. Department of Economics, University of Manchester, 1985. Unpublished Manuscript.
- \_\_\_\_\_ and Gibbons, Michael. "On the Economics of Structural Change and the Evolution of Technology". University of Manchester; paper presented at the 7<sup>th</sup> World Congress of the International Economics Association. Madrid, September 1983.
- Momigliano, Franco. "Determinanti ed Effetti della Ricerca e Sviluppo in una Industria ad Alta Opportunità Tecnologica: Una Indagine Econometrica". *L'Industria*, v. 10, n. 1, 1983, p. 61-109.
- \_\_\_\_\_. "Le Tecnologie dell'Informazione: Effetti Economici ed Politiche Pubbliche". In: Ruberti, A. (ed). *Tecnologia Domani*. Bari: Laterza-Sat, 1985.
- \_\_\_\_\_ and Dosi, Giovanni. *Tecnologia ed Organizzazione Industriale Internazionale*. Bologna: Il Mulino, 1983.
- Mowery, David C. *The Emergence and Growth of Industrial Research in American Manufacturing – 1889-1946*. Stanford University (PhD Dissertation), 1980.
- \_\_\_\_\_. "The Relationship Between Intrafirm and Contractual Forms of Industrial Research in American Manufacturing – 1900-1940". *Explorations in Economic History*, v. 20, n. 4, October 1983, p. 351-374.
- \_\_\_\_\_ and Rosenberg, Nathan. "The Influence of Market Demand upon Innovation: a Critical Review of Some Recent Empirical Studies". *Research Policy*, v. 8, n. 2, April 1979, p. 102-153.
- Mueller, Dennis. "The Persistence of Profits above the Norm". *Economica*, v. 44, n. 4, November 1977, p. 369-380.
- Nabseth, L. and Ray, G. F. *The Diffusion of New Industrial Processes*. Cambridge: Cambridge University Press, 1974.
- NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH. *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton: Princeton University Press, 1962.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. *The Process of Technological Innovation: Reviewing the Literature*. Washington, DC, 1983.
- \_\_\_\_\_. *Science Indicators*. Washington, DC: US-GPO, 1986.
- Nelson, Richard R. "The Link Between Science and Innovation: The Case of the Transistor". In: NBER (1962), p. 549-583.
- \_\_\_\_\_. "A 'Diffusion' Model of International Productivity Differences in Manufacturing Industry". *American Economic Review*, v. 58, n. 5, December 1968, p. 1219-1248.
- \_\_\_\_\_. "Production Sets, Technological Knowledge and R&D: Fragile and Overworked Constructs for Analysis of Productivity Growth". *American Economic Review*, v. 70, n. 2, May 1980, p. 62-67.
- \_\_\_\_\_. "Research on Productivity Growth and Productivity Difference: Dead Ends and New Departures". *Journal of Economic Literature*, v. 19, n. 3, September 1981a, p. 1029-64.
- \_\_\_\_\_. "Assessing Private Enterprise". *Bell Journal of Economics*, v. 12, n. 1, Spring 1981b, p. 93-111.
- \_\_\_\_\_. "The Role of Knowledge in R&D Efficiency". *Quarterly Journal of Economics*, v. 97, n. 3, August 1982, p. 453-470.
- \_\_\_\_\_. "Policies in Support of High Technology Industries". *Working Paper* n. 1011, Institution for Social and Policy Studies, Yale University, 1984.
- \_\_\_\_\_. *Industry Growth Accounts and Cost Functions when Techniques are Proprietary*. New Haven, CT: Yale University Press, 1985.
- \_\_\_\_\_. "Institutions Generating and Diffusing New Technology". In: Venice (1986).
- \_\_\_\_\_. "Institutions Supporting Technical Change in the United States". In: Dosi *et al.* (1988), p. 312-329. (See also "Capitalism as an Engine of Growth". *Research Policy*, v. 19, June 1990, p. 193-214.)
- \_\_\_\_\_ and Winter, Sidney G. "In Search of a Useful Theory of Innovations". *Research Policy*, v. 6, n. 1, January 1977, p. 36-76.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1982.
- Noble, David. *America by Design*. New York: Knopf, 1987.

- Northcott, Jim; Keutsch, Werner and De Lestapis, Berengere. *Microelectronics Industry: An International Comparison*. Policy Study Institute, 1985. Unpublished Manuscript.
- \_\_\_\_\_. and Rogers, Petra. *Microelectronics in British Industry: Patterns of Change*. Policy Study Institute, 1985. Unpublished Manuscript.
- Odagiri, Hiroyuki, and Yamawaki, Hideki. "A Study of Company Profit-Rate Time Series: Japan and the United States". *International Journal of Industrial Organization*, v. 4, n. 1, March 1986, p. 1-23.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Gaps in Technology*. Paris, 1968.
- \_\_\_\_\_. *The Measurement of Scientific and Technical Activities: Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Developments*. Paris, 1981.
- \_\_\_\_\_. *Committee for Scientific and Technological Policy, Science, Technology and Competitiveness: Analytical Report of the Ad Hoc Group*. Paris, 1984.
- \_\_\_\_\_. *Science and Technology Indicators*. Paris, 1986.
- Orsenigo, Luigi. *Institutions and Markets in the Dynamics of Industrial Innovation: The Theory and the Case of Biotechnology*. SPRU, University of Sussex, Brighton (PhD Thesis), 1988.
- Pakes, Ariel and Schankerman, Mark. "An Exploration into the Determinants of Research Intensity". In: Griliches (1984), p. 209-232.
- Parker, William N. (ed). *Economic History and the Modern Economist*. Oxford: Blackwell, 1986.
- Patel, Parimal and Pavitt, Keith. "Is Western Europe Losing the Technological Race?" *Research Policy*, v. 16, n. 2-4, August 1987, p. 59-85.
- Pavitt, Keith. "Technological Innovation and Industrial Development: The New Causality". *Futures*, v. 11, n. 6, December 1979, p. 458-470.
- \_\_\_\_\_. "R&D, Patenting and Innovative Activities: An Statistical Exploration". *Research Policy*, v. 11, n. 1, February 1982, p. 33-51.
- \_\_\_\_\_. "Sectorial Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory". *Research Policy*, v. 13, n. 6, December 1984, p. 343-373.
- \_\_\_\_\_. "Technology, Innovation and Strategic Management". In: McGee, J. and Thomas, H. (eds). *Strategic Management Research: A European Perspective*. New York: Willey, 1986a.
- \_\_\_\_\_. "Chips and 'Trajectories': How will the Semiconductor Influence the Sources and Directions of Technical Change?" In: MacLeod, R. (ed). *Technology and the Human Prospect*. London: Francis Pinter, 1986.
- \_\_\_\_\_. "Technological Accumulation, Diversification and Organization in UK Companies – 1945-1983". *DRC Discussion Paper*, SPRU, University of Sussex, Brighton, 1988.
- \_\_\_\_\_.; Robson, Michael and Townsend, Joe. "The Size Distribution of Innovative Firms in the UK – 1945-1983". *Journal of Industrial Economics*, v. 35, n. 3, March 1987, p. 297-319.
- Perez, Carlota. "Microelectronics, Long Waves and the World Structural Change: New Perspectives for Developing Countries". *World Development*, v. 13, n. 3, March 1985, p. 441-463.
- \_\_\_\_\_. "The New Technologies: An Integrated View". SPRU. University of Sussex, Brighton, English translation; originally In: Ominami, C. (ed). *La Tercera Revolución Industrial*. Buenos Aires [s.n.], 1987.
- Phillips, Almarin. *Technology and Market Structure*. Lexington, MA: Heath, 1971.
- Piore, Michael and Sabel, Charles F. *The Second Industrial Divide*. New York: Basic Books, 1984.
- Polanyi, Michael. *The Tacit Dimension*. Garden City, NY: Doubleday, Anchor, 1967.
- Pratten, Clifford F. *Economics of Scale in Manufacturing Industry*. Cambridge: Cambridge University Press, 1971.
- Price, Derek de Solla "The Science/Technology Relationship, the Craft of Experimental Science and Policy for the Improvement of High Technology Innovation". *Research Policy*, v. 13, n. 1, February 1984, p. 3-20.
- Ray, George. *The Diffusion of Mature Technologies*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- Reich, Leonard. *The Making of American Industrial Research: Science and Business at GE and Bell – 1876-1926*. New York: Cambridge University Press, 1985.
- Reincanum, Jennifer F. "On the Diffusion of New Technology: A Game Theoretic Approach". *Review of Economic Studies*, v. 48, July 1981a, p. 395-405.
- \_\_\_\_\_. "Market Structure and the Diffusion of New Technology". *Bell Journal of Economics*, v. 12, n. 2, Autumn 1981b, p. 618-624.
- Romeo, Anthony A. "Interindustry and Interfirm Differences in the Rate of Diffusion of an Innovation". *Review of Economics and Statistics*, v. 57, n. 3, August 1975, p. 311-319.

- Ronen, Joshua. "Some Insights into the Entrepreneurial Process". In: \_\_\_\_\_ (ed). *Entrepreneurship*. Lexington, MA: Heath, 1983, p. 137-173.
- Rosenberg, Nathan. *Perspectives on Technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.
- \_\_\_\_\_. *Inside the Black Box*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- \_\_\_\_\_. "The Commercial Exploitation of Science by American Industry". In: Clark, Kim B.; Hayes, Robert H. and Lorenz, Christopher (eds.) *The Uneasy Alliance: Managing the Productivity-Technology Dilemma*. Cambridge, MA: Harvard Business School Press, 1985.
- Rothbarth, Edwin. "Causes of the Superior Efficiency of USA Industry as Compared with British Industry". *Economic Journal*, v. 56, n. 3, September 1946, p. 383-390.
- Rothwell, Roy *et al.* "SAPPHO Updated. Project SAPPHO Phase 2". *Research Policy*, v. 3, n. 5, November 1974, p. 258-291.
- \_\_\_\_\_ and Gardiner, Paul. "The Role of Design in Product and Process Change". *Design Studies*, v. 4, n. 3, July 1984, p. 161-170.
- Sahal, Devendra. *Recent Advances in the Theory of Technological Change*. Berlin: International Institute of Management, 1979.
- \_\_\_\_\_. *Patterns of Technological Innovation*. New York: Addison-Wesley, 1981.
- \_\_\_\_\_. *The Transfer and Utilization of Technical Knowledge*. Lexington, MA: Heath, 1982.
- \_\_\_\_\_. "Technological Guideposts and Innovations Avenues". *Research Policy*, v. 14, n. 2, Apr 1985, p. 61-82.
- Salter, Vilfred E. G. *Productivity and Technical Change*. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1969.
- Saviotti, P. Paolo and Metcalfe, J. Stanley. "A Theoretical Approach to the Construction of Technological Output Indicators". *Research Policy*, v. 13, n. 3, June 1984, p. 141-151.
- Shen, Tsung-Yuen. "Competition, Technology and Market Shares". *Review of Economics and Statistics*, v. 50, n. 1, February 1968, p. 96-102.
- Scherer, Frederic M. *Industrial Market Structure and Economic Performance*. 2<sup>nd</sup> ed. Chicago: Rand McNally, 1980.
- \_\_\_\_\_. "Inter-industry Technology Flows in the US". *Research Policy*, v. 11, n. 4, August 1982, p. 227-245.
- \_\_\_\_\_. *Innovation and Growth: Schumpeterian Perspectives*. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.
- Schmookler, Jacob. *Invention and Economic Growth*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1966.
- Schumpeter, Joseph A. *The Theory of Economic Development*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1934 (English translation from 1926 German edition).
- \_\_\_\_\_. *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: McGraw-Hill, 1942.
- Sciberras, Ed. *Multinational Electronic Companies and National Economic Policies*. Greenwich, CT: JAI Press, 1977.
- SCIENCE POLICY RESEARCH UNIT. *Success and Failure in Industrial Innovation*. London: Centre for the Study in Industrial Innovation, 1972.
- Simon, Herbert. "The Structure of Ill-Structured Problems". *Artificial Intelligence*, v. 4, n. 3-4, Winter 1973, p. 181-201.
- \_\_\_\_\_. "Rational Decision Making in Business Organizations". *American Economic Review*, v. 69, n. 4, September 1979, p. 493-513.
- Silberston, Aubrey. "Economics of Scale in Theory and Practice". *Economic Journal*, v. 82, n. 1, March 1972, p. 369-391.
- Silverberg, Gerald. "Technical Progress, Capital Accumulation and Effective Demand: A Self-Organization Model". In: Batten, D. (ed). *Economic Evolution and Structural Change*. Berlin Heidelberg, New York: Springer, 1987.
- Soete, Luc. "Firm Size and Inventive Activity: The Evidence Reconsidered". *European Economic Review*, v. 12, n. 4, October 1979, p. 319-340.
- \_\_\_\_\_. "A General Test of Technological Gap Trade Theory". *Weltwirtschaftliches Archiv*, v. 117, n. 4, December 1981, p. 638-660.
- \_\_\_\_\_ and Dosi, Giovanni. *Technology and Employment in the Electronics Industry*. London: Francis Pinter, 1983.
- \_\_\_\_\_ and Turner, Roy. "Technology Diffusion and the Rate of Technical Change". *Economic Journal*, v. 94, n. 3, September 1984, p. 612-623.
- Stigler, George J. "Industrial Organization and Economic Progress". In: White, Leonard D. (ed). *The State of Social Sciences*. Chicago: Chicago University Press, 1956.
- Stiglitz, Joseph E. "Information and Economic Analysis: A Perspective". *Economic Journal Conference Papers* n. 95, 1984, p. 21-41.

- Stoneman, Paul. *Technological Diffusion and the Computer Revolution*. Oxford: Clarendon Press, 1976.
- \_\_\_\_\_. *The Economic Analysis of Technological Change*. Oxford: Oxford University Press, 1983.
- \_\_\_\_\_. "Technological Diffusion: The Viewpoint of Economic Theory". In: Venice (1986).
- Sylos-Labini, Paolo. *Oligopoly and Technical Progress*. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge, MA: Harvard U. Press, 1967.
- \_\_\_\_\_. *La Forze dello Sviluppo e del Declino*. Bari: Laterza (The Force of Development and Decline. Cambridge: Cambridge University Press), 1984.
- Taylor, Christopher and Silberton, Aubrey. *The Economic Impact of the Patent System*. Cambridge: Cambridge University Press, 1973.
- Teece, David J. "Technology Transfer by Multinational Firms: The Cost of Transferring Technological Know-How". *Economic Journal*, v. 87, n. 2, June 1977, p. 242-261.
- \_\_\_\_\_. "Toward an Economic Theory of the Multiproduct Firms". *Journal of Economic Behavior and Organization*, v. 3, n. 1, Spring 1982, p. 39-63.
- \_\_\_\_\_. "Profiting from Technological Innovation". *Research Policy*, v. 15, n. 6, December 1986, p. 285-306.
- \_\_\_\_\_. "Technological Change and the Nature of the Firm". In: Dosi *et al.* (1988), p. 256-281.
- Temin, Peter. "Labor Scarcity and the Problem of American Industrial Efficiency in the 1850's". *Journal of Economic History*, v. 26, September 1966, p. 277-298.
- Terleckyj, Nester E. "R&D and US Industrial Productivity". In: Sahal (1982).
- Teubal, Morris. "The R&D Performance through Time of Young, High Technology Firms". *Research Policy*, v. 11, n. 6, December 1982, p. 333-346.
- Thomas, Morgan D. "Regional Economic Development and the Role of Innovation and Technological Change". In: Thwaites, Alfred T. and Oakey, Ray P. (1985), p. 13-35.
- Thwaites, Alfred T. and Oakey, Ray P. (eds). *The Regional Economic Impact of Technological Change*. London: Francis Pinter, 1985.
- Tilton, John. *International Diffusion of Technology: The Case of Semiconductors*. Washington, DC: Brookings Institution, 1971.
- Toledano, Joel. "A Propos des Filières Industrielles". *Revue d'Economie Industrielle*, v. 6, n. 4, 1978.
- Truel, Jean-Louis. *L'Industrie Mondiale de Semiconducteurs*. University of Paris-Dauphine (PhD Thesis), 1980.
- von Tunzelmann, G. N. *Steam Power and British Industrialisation to 1860*. Oxford: Clarendon Press, 1978.
- \_\_\_\_\_. "Britain 1900-1945: A Survey". In: Floud, Roderick and McCloskey, Donald (eds). *Economic History of Britain since 1870 (v. II)*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- Venice Conference on Innovation Diffusion, 17-21 March 1986. See also Arcangeli, Fabio; David, Paul and Dosi, Giovanni (eds). *Frontiers in Innovation Diffusion*. Oxford: Oxford University Press (1986).
- Williamson, Oliver E. *Markets and Hierarchies*. New York: Free Press, 1975.
- \_\_\_\_\_. *The Economic Institutions of Capitalism*. New York: Free Press, 1985.
- Wilson, Robert W.; Ashton, Peter K. and Egan, P. Thomas. *Innovation, Competition and Governmental Policy in the Semiconductor Industry*. Lexington, MA: Heath, 1980.
- Winter, Sidney G. "Satisficing, Selection and the Innovating Remnant". *Quarterly Journal of Economics*, v. 85, n. 2, May 1971, p. 237-261.
- \_\_\_\_\_. "An Essay on the Theory of Production". In: Hymans, S. H. (ed). *Economics and the World around It*. Ann Arbor, University of Michigan Press, 1982.
- \_\_\_\_\_. "Schumpeterian Competition in Alternative Technological Regimes". *Journal of Economic Behavior and Organization*, v. 5, n. 3-4, September-December 1984, p. 287-320.
- \_\_\_\_\_. "Competition and Selection". In: Eatwell, J.; Milgate, M. and Newman, P. (ed). *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*. 4v. London: Macmillan, v. 1, p. 545-548, 1987a.
- \_\_\_\_\_. "Natural Selection and Evolution". In: In: Eatwell, J.; Milgate, M. and Newman, P. (ed). *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*. 4v. London: Macmillan, v. 3, p. 614-617, 1987b.
- Wyatt, Sally and Bertin, Gille. *The Role of Patents in the Multinational Corporations Strategies for Growth*. Paris: AREPIT, 1985.
- Yelle, Louis E. "The Learning Curve: Historical Review and Comprehensive Survey". *Decision Sciences*, v. 10, n. 2, April 1979, p. 302-327.
- Zuscovitch, Ehud. *Une Approche Meso-Economique de Progrès Technique: Diffusion de l'Innovation et Apprentissage Industriel*. Strasbourg, University Louis Pasteur (PhD Thesis), 1984.