

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MENSURANDO A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA:
INDICADORES E DETERMINANTES**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE
POR

FERNANDA ESTELITA LINS

Orientador: Prof. Francisco S. Ramos

RECIFE, NOVEMBRO / 2003



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE

FERNANDA ESTELITA LINS

“MENSURANDO A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA:
INDICADORES E DETERMINANTES .”

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GERÊNCIA DA PRODUÇÃO

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera a candidata **APROVADA**.

Recife, 29 de novembro de 2003.

Assinatura manuscrita de Francisco de Souza Ramos.

Prof. FRANCISCO DE SOUZA RAMOS, Docteur (UFPE)

Assinatura manuscrita de Abraham Benzaquen Sicsú.

Prof. ABRAHAM BENZAQUEN SICSÚ, Doutor (UFPE)

Assinatura manuscrita de Antonio Henrique Pinheiro Silveira.

Prof. ANTONIO HENRIQUE PINHEIRO SILVEIRA, Doutor (UFBA)

AGRADECIMENTOS

A minha família, sem o apoio da qual esse trabalho não se tornaria realidade. A minha mãe, que se dedicou integralmente a proporcionar uma boa formação educacional aos filhos. Seu apoio nunca me faltou diante de escolhas e decisões difíceis, em momentos de dúvida e apreensão. Nunca poderei agradecê-la e retribuí-la à altura.

A Flávio, meu noivo, o qual compreendeu os momentos de ausência como etapas na construção de um objetivo maior.

Ao meu orientador Prof. Francisco Ramos não só pelo apoio acadêmico ao longo do desenvolvimento deste trabalho, mas principalmente pelas sugestões e orientações que irei levar ao longo de toda minha vida acadêmica e profissional. Ainda que com uma agenda atribulada, encontrou tempo para orientar e apoiar decisões que se tornaram decisivas na minha história profissional.

À colega Helenilka, que tornou mais brandos os momentos árduos ao longo dessa jornada.

Aos colegas de trabalho, que suportaram e supriram minha ausência nos momentos em que tive que me dedicar integralmente a este trabalho.

RESUMO

Na atualidade a relação entre o progresso científico e tecnológico, a inovação e o crescimento econômico é um fato evidente, a dificuldade está em tentar mensurar esse progresso tecnológico como forma de identificar quais fatores levam um país ou uma economia a se tornar inovadora.

Este estudo identifica as principais iniciativas de mensuração através de indicadores de inovação tecnológica para alguns países membros da União Européia e para o Brasil, através de iniciativas da OECD e IBGE, respectivamente.

Neste trabalho são analisados alguns indicadores de inovação tecnológica para o Brasil em comparação com países selecionados e dentro do próprio país, além de verificar, através do modelo econométrico *probit*, quais fatores influenciam a inovação tecnológica,

É possível constatar que o setor industrial brasileiro, em comparação aos países mais avançados e em relação a outros que perseguiram com sucesso a industrialização nos últimos anos, não desenvolveu capacitação inovativa própria. Constituem-se elementos potencialmente inibidores deste processo a pouca capacitação das empresas nacionais para desenvolver novos processos e produtos, aliada à ausência de padrão nítido de especialização da estrutura industrial brasileira.

Verifica-se que os principais fatores que influenciam positivamente a decisão de investir dos países são o percentual do PIB destinado a atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), a taxa de crescimento do PIB, o percentual de crédito privado em circulação na economia e o percentual do PIB derivado do comércio internacional de bens.

Palavras chave

Inovação tecnológica, Crescimento econômico, Indicadores, *Probit*

ABSTRACT

In nowadays the relation between the scientific and technological progress, the innovation and the economic growth is an evident fact, the difficulty is in trying to measure this technological progress as a form to identify which factors takes a country or an economy to become innovator.

This study identifies the main initiatives of measuring through technological innovation indicators for some countries members of the European Union and for Brazil, through initiatives of OECD and IBGE, respectively.

Through a model probit, evidences that the main factors that influence the technological innovation positively are the percentage of the GDP destined to activities of research and development (R&D), the tax of growth of the GDP, the percentage of private credit in circulation in the economy and the percentage of the GDP derived from the international trade of goods.

Finally, we analyze some innovation indicators for Brazil in comparison with selected countries and inside of the country. It is possible to evidence that the Brazilian industrial sector in comparison to the countries most advanced and in relation to that they had pursued, successfully, industrialization in last the 20 years, with few exceptions, did not develop proper innovative qualification. The potentially inhibiting elements of the Brazilian process of industrialization are the little qualification of the national companies to develop new processes and products allied to the absence of clear standard of specialization of the Brazilian industrial structure.

Keywords

Technological innovation, Economic development, Indicators, Probit

SUMÁRIO

- 1 INTRODUÇÃO**
- 2 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA**
 - 2.1 DEFINIÇÕES BÁSICAS
 - 2.2 MANUAL DE FRASCATI
 - 2.3 MANUAL DE OSLO
 - 2.4 MANUAL DE BOGOTÁ
 - 2.5 CONCLUSÕES
- 3 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E CRESCIMENTO ECONÔMICO**
 - 3.1 MALTHUS
 - 3.2 SCHUMPETER
 - 3.2.1 Fluxo circular e equilíbrio geral
 - 3.2.2 Motor principal do crescimento econômico
 - 3.2.3 Novas combinações
 - 3.3 SOLOW
 - 3.4 ROMER
 - 3.4.1 As idéias
 - 3.4.2 Capital humano
 - 3.4.3 Modelo
 - 3.4.4 Crescimento
 - 3.5 CONCLUSÕES
- 4 MENSURAÇÃO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA**
 - 4.1 INDICADORES DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
 - 4.1.1 Propriedades dos indicadores
 - 4.2 INDICADORES PARA OS QUAIS HÁ METODOLOGIAS PADRONIZADAS
 - 4.2.1 Gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D)
 - 4.2.2 Recursos humanos
 - 4.2.3 Estatísticas de patentes
 - 4.2.4 Pesquisas de inovação tecnológica
 - 4.2.5 Análise do comércio internacional de produtos de alta tecnologia
 - 4.2.6 Bibliometria
 - 4.3 INDICADORES CUJAS METODOLOGIAS ESTÃO EM ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO
 - 4.3.1 Indicadores baseados em informações de jornais técnicos
 - 4.3.2 Investimento intangível
 - 4.3.3 Pesquisas de tecnologias de manufaturas
 - 4.3.4 Indicadores de uso de tecnologias de informação e comunicação

4.3.5 Mensuração de mudanças organizacionais em empresas

4.3.6 Previsão tecnológica

4.4 CRÍTICAS AOS INDICADORES EM USO

4.4.1 Indicadores de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e estatísticas de patentes

4.5 COMMUNITY INNOVATION SURVEY

4.6 INICIATIVAS NO BRASIL

4.6.1 PINTEC

4.6.2 CNI: A indústria e a questão tecnológica

4.6.3 ANPEI: Associação nacional de pesquisa e desenvolvimento das empresas industriais

4.7 CONCLUSÕES

5 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO BRASIL

5.1 PINTEC: CONCEITOS BÁSICOS

5.2 RESULTADOS: BRASIL X PAÍSES SELECIONADOS

5.2.1 Participação dos gastos em inovação sobre vendas do setor manufatureiro

5.2.2 Participação dos gastos em inovação sobre o PIB

5.2.3 Estrutura dos gastos em inovação

5.2.4 P&D interno e relações de cooperação

5.3 RESULTADOS: BRASIL

5.3.1 Situação dos projetos de inovação

5.3.2 Referencial de inovação

5.3.3 Implementação de inovações tecnológicas

5.3.4 Atividades inovativas

5.3.5 Responsável pelo desenvolvimento da inovação tecnológica

5.3.6 Fontes de informação para empresas que implementaram inovação tecnológica

5.3.7 Cooperação

5.3.8 Recursos humanos envolvidos em atividades de inovação

5.3.9 Impactos da Inovação Tecnológica

5.3.10 Participação dos produtos tecnologicamente novos ou substancialmente aprimorados no total de vendas internas

5.3.11 Patentes

5.3.12 Fontes de financiamento: apoio do governo

5.3.13 Fatores que dificultam ou impedem a inovação

5.3.14 Problemas e obstáculos

5.4 CONCLUSÕES

6 DETERMINANTES DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

6.1 DETERMINANTES DA PROBABILIDADE DE INOVAR

6.1.1 O modelo

6.1.2 Dados

6.1.3 Resultados

6.2 CASO DO BRASIL

6.2.1 A Herança dos anos 80 : a década perdida

6.2.2 Os anos 90

6.2.3 A política nacional de C&T

6.3 CONCLUSÕES

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9 ANEXO: MODELO DE VARIÁVEIS DISCRETAS

9.1 HIPÓTESES NÃO VERIFICADAS NOS MODELOS DE REGRESSÃO
CONVENCIONAL COM VARIÁVEIS DISCRETAS

9.2 ORIGEM DOS MODELOS DE VARIÁVEIS DISCRETAS

9.3 MODELO LOGIT

9.4 MODELO PROBIT

9.5 MODELO TOBIT

9.6 LOGIT X PROBIT

9.7 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

9.8 CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DO MODELO

9.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1: Participação percentual do número de empresas que implementaram inovações – 1998/2000

Tabela 5.1 – Patentes nos EUA – Países selecionados

Tabela 6.1 – Modelo probit estimado

Tabela 6.2 – Estimativas dos modelos probit

Tabela 6.3 – Estimativa do modelo probit selecionado

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 – Participação dos gastos em inovação sobre vendas do setor manufatureiro

Gráfico 5.2 – Participação dos gastos em inovação sobre o PIB (%)

Gráfico 5.3 – Estrutura dos gastos em inovação

Gráfico 5.4 – P&D interno

Gráfico 5.5 – Relações de cooperação

Gráfico 5.6 – Participação percentual do número de empresas que implementaram inovações – 1998/2000

Gráfico 5.7 – Situação dos projetos de inovação implementados – 1998/2000

Gráfico 5.8 – Referencial de inovação, a empresa e o mercado nacional – 1998/2000

Gráfico 5.9 - Distribuição das empresas que realizaram P&D e os dispêndios realizados, com indicação da natureza desta atividade – 2000

Gráfico 5.10 - Importância das atividades inovativas realizadas - 1998/2000

Gráfico 5.11 – Estrutura dos dispêndios nas atividades inovativas – 2000

Gráfico 5.12 - Principal responsável pelo desenvolvimento da inovação implementada – 2000

Gráfico 5.13 - Fontes de informação para inovação - 1998/2000

Gráfico 5.14 - Importância dos parceiros das relações de cooperação - 1998/2000

Gráfico 5.15 – Participação das pessoas ocupadas, exclusiva e parcialmente, nas atividades de P&D no total de pessoas ocupadas em 31/12/2000

Gráfico 5.16 – Pessoas ocupadas em P&D por nível de qualificação - 2000

Gráfico 5.17 - Impactos da inovação -1998/2000

Gráfico 5.18 - Participação dos produtos tecnologicamente novos ou substancialmente aprimorados no faturamento - 1998/2000

Gráfico 5.19 – Percentual de empresas com depósitos de patentes e patentes em vigor – 1998/2000

Gráfico 5.20 – Fonte dos recursos para atividades de Pesquisa e Desenvolvimento – 2000

Gráfico 5.21 – Fonte dos recursos para atividades inovativas – 2000

Gráfico 5.22 - Problemas e obstáculos apontados pelas empresas que implementaram inovações -1998/2000

Gráfico 5.23 - Razões apontadas para não inovar - 1998/2000

1. INTRODUÇÃO

As inovações tecnológicas vêm, ao longo da história da humanidade, possibilitando a produção em massa e a melhor exploração dos recursos disponíveis, tornando-se uma estratégia para encontrar novos meios para atender à crescente demanda da sociedade, dadas as limitações de recursos disponíveis. A importância do progresso tecnológico para o crescimento econômico dos países é amplamente reconhecida entre os estudiosos da área.

Na atual conjuntura de globalização de mercados, em que as mudanças tecnológicas ocorrem em um ritmo cada vez mais intenso, manter-se tecnologicamente atualizado é condição necessária, embora não suficiente, para a manutenção da competitividade internacional e o crescimento econômico das empresas e dos países.

O desenvolvimento dos estudos no campo da teoria do crescimento econômico evidencia esse fato, na medida em que o tratamento dado à tecnologia e seu papel para o crescimento econômico vem evoluindo nas últimas décadas. Apesar disso, o conhecimento do processo de inovação e de seus impactos econômicos é ainda incipiente.

Embora haja uma vasta literatura sobre o papel das inovações tecnológicas no desenvolvimento econômico das sociedades¹, os aspectos microeconômicos, como o que leva uma empresa a inovar, e a mensuração da inovação e de seus impactos para os agentes econômicos têm sido apenas recentemente focados.

Os esforços para entender esse processo têm vindo à tona nos últimos anos, principalmente através de estudos que visam analisar a importância de partes do processo de inovação, como pesquisa e desenvolvimento e difusão das inovações no setor econômico. Pesquisas como o Community Innovation Survey (CIS) realizada para os países da União Européia e a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), para o Brasil, são exemplos de iniciativas que buscam aprofundar o conhecimento nessa área.

Governos em todo o mundo estão buscando o desenvolvimento de indicadores que possam retratar o esforço e o desempenho de cada país em empreender inovações tecnológicas. A compatibilidade destes indicadores é fundamental para que se possa manter a comparabilidade entre países e direcionar políticas, quer públicas quer privadas, de incentivo à inovação.

¹ Há uma intensa discussão sobre o papel da inovação tecnológica no crescimento econômico, se esta seria uma variável endógena ou exógena à função de produção. Os trabalhos de Solow (1956, 1970) afirmam ser a inovação um fator exógeno, já os trabalhos de Schumpeter (1939, 1984) e Romer (1989a, 1989b) defendem que a inovação seja um fator endógeno à função de produção (Jones. 2000).

Uma vez constatada a fundamental importância da inovação tecnológica para o crescimento econômico dos países, o objetivo deste trabalho é analisar os fatores que fazem com que um país ou uma economia seja inovador. Sendo assim, entre os objetivos específicos que se pretende alcançar com este trabalho pode-se destacar:

- Verificar a evolução do papel imputado às inovações tecnológicas para o crescimento econômico;
- Realizar um estudo das principais iniciativas em mensurar o processo de inovação tecnológica;
- Analisar as iniciativas de desenvolvimento de indicadores de inovação tecnológica no Brasil e diagnosticar a situação atual das empresas brasileiras em relação ao processo de inovação tecnológica;
- Verificar os principais fatores que levam um país a ser considerado inovador.

É possível destacar como principal contribuição desse trabalho o tratamento de análise dado aos investimentos em atividades inovativas, definido em termos de capacitação tecnológica dos países que compreende desde os recursos para aquisição direta de tecnologia, quer própria quer importada, até os recursos destinados à formação profissional dos trabalhadores.

O desenvolvimento deste trabalho compõe-se de seis capítulos, além desta introdução. No segundo capítulo são definidos alguns conceitos básicos que servirão ao propósito de ampliar o conhecimento acerca do processo de inovação tecnológica e de seus resultados, facilitando a leitura de todo o texto.

No capítulo três objetiva-se analisar a relação entre o progresso técnico e o crescimento econômico, destacando a evolução do pensamento econômico sobre o papel desempenhado pela tecnologia para os modelos de crescimento econômico.

No quarto capítulo procede-se à discussão teórica sobre indicadores de inovação tecnológica, as dificuldades conceituais e empíricas para definir indicadores que melhor retratem as formas de mensurar a atividade inovativa dos países, e, assim, possibilitar uma análise mais precisa do desempenho tecnológico das empresas e/ou países.

O capítulo cinco analisa a situação das firmas brasileiras no que diz respeito à estrutura institucional e às políticas de apoio à ciência e tecnologia no país que podem ser observados através de vários indicadores nacionais existentes e de outros gerados por algumas pesquisas específicas, como a Pintec, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE) em convênio com a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), examinando o perfil das empresas brasileiras inovadoras e não inovadoras no período de 1998-2000.

O sexto capítulo consiste nas considerações finais acerca dos determinantes da capacidade de inovar, situando o Brasil nesta realidade.

O último capítulo identifica os principais fatores determinantes que interferem na decisão de investir em inovação tecnológica e, em última instância, caracterizam um país como inovador, situando o Brasil neste contexto.

2. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Nos últimos anos a inovação tecnológica tem sido utilizada por países e indústrias dos mais variados setores como diferencial competitivo para melhorar a qualidade de seus produtos, reduzir os custos de produção e ampliar sua participação no mercado.

Levando-se em consideração o dinamismo com que as transformações vêm ocorrendo e o ambiente de crescente exposição à concorrência aos quais os países estão expostos, Rosenthal afirma que:

A posição relativa de uma empresa em seu mercado, isto é, seu grau de competitividade, depende em grande medida de sua capacidade de introduzir inovações que elevem a aceitação de seus produtos (comparativamente a seus concorrentes), permitindo-lhe cobrar preços mais elevados e/ou reduzir seus custos, gerando maiores lucros aos preços vigentes, ou ainda reduzir seus preços, de maneira a aumentar sua participação naquele mercado. (Rosenthal, 1995, p. 87)

Sendo assim, as empresas buscam inovar para manter ou consolidar posição competitiva no mercado ou, em termos mais agregados, os países procuram alcançar o desenvolvimento. O alcance desses objetivos está condicionado em especial a políticas e recursos direcionados para o desenvolvimento interno de capacitação tecnológica e/ou absorção de tecnologias já existentes em países mais avançados, seja através da importação de bens e serviços (bens de capital, por exemplo) ou pela importação de tecnologias ('joint ventures', licenciamento direto de patentes, entre outros).

Os diversos estudos realizados atualmente (OECD, 2002; UNESCO, 2002; WORLD BANK, 2002) mostram que as taxas de inovação variam consideravelmente entre os países. Isso se deve não apenas à atenção e recursos dispendidos nos diversos países, mas tem origem também nos diferentes meios de mensurar e conceituar a inovação tecnológica.

Tecnologia é um termo utilizado atualmente para descrever diferentes enfoques em função dos objetivos buscados. Dosi apresenta uma definição de tecnologia que permite dar uma idéia da dimensão dos diversos aspectos envolvidos nesse conceito:

Define-se tecnologia como um conjunto de conhecimentos, tanto diretamente práticos (relacionados com problemas e dispositivos concretos) quanto teóricos (mas aplicáveis à prática, mesmo que não necessariamente já aplicados), 'know how', métodos, procedimentos e experiência de sucesso e fracassos e também, naturalmente,

dispositivos e equipamentos físicos. Os dispositivos físicos existentes corporificam os avanços no desenvolvimento de uma tecnologia em uma determinada atividade de solução de problemas. Ao mesmo tempo, uma parte descorporificada da tecnologia consiste de especialização específica, experiência em atividades passadas e em soluções tecnológicas anteriores, juntamente com o conhecimento e os avanços do estado da arte. Tecnologia, nessa visão, inclui a percepção de um conjunto limitado de alternativas tecnológicas possíveis e de futuros desenvolvimentos potenciais potencialmente factíveis. (Dosi, 1984, p. 13).

A inovação científica e tecnológica pode ser considerada como a transformação de uma idéia em um novo produto aperfeiçoado a ser introduzido no mercado, num novo ou aprimorado processo operacional usado na indústria e comércio ou em um novo modelo de serviço. A palavra “inovação” pode ter diferentes significados em diferentes contextos e a escolha de um deles depende dos objetivos particulares de mensuração e/ou análise.

O resultado observado pelo processo de inovação tecnológica pode ser um produto tecnologicamente novo, ou seja, um produto cujas características fundamentais (especificações técnicas, usos pretendidos, software ou outro componente intangível incorporado) diferem significativamente de todos os produtos previamente produzidos pela empresa ou ainda um produto substancialmente aprimorado tecnologicamente. Este é um produto previamente existente cujo desempenho foi substancialmente aumentado ou aperfeiçoado.

2.1 Definições Básicas

A principal dificuldade em entender e estudar a inovação tecnológica é a falta de padronização na coleta e interpretação dos conceitos estudados. Alguns dos conceitos utilizados por órgãos internacionais como a UNESCO (1979) e OECD, que desenvolveram alguns conceitos no Manual de Oslo (OECD, 1996) e Manual de Frascati (OECD, 2002), buscam minimizar este problema.

A inovação tecnológica é definida como a introdução no mercado de um produto (bem ou serviço) tecnologicamente novo ou substancialmente aprimorado ou a introdução na empresa de um processo produtivo tecnologicamente novo ou significativamente aprimorado. A inovação pode então resultar de novos desenvolvimentos tecnológicos, de novas combinações de tecnologias existentes ou da utilização de outros conhecimentos adquiridos pela empresa.

A implementação da inovação ocorre quando o produto é introduzido no mercado ou o processo passa a ser operado pela empresa. A inovação tecnológica quer de produto quer de processo, refere-se à empresa, não sendo necessariamente uma inovação para o mercado ou setor de atuação, podendo ainda ter sido desenvolvida pela empresa ou por outra empresa/instituição.

Uma característica central da inovação tecnológica nas economias industrializadas é a crescente incorporação do conhecimento científico, cada vez mais complexo, aos processos mais simples de geração de riqueza.

A seguir são apresentadas algumas definições utilizadas pelo Manual de Oslo que são essenciais para o entendimento e compatibilização dos dados a serem analisados nos próximos capítulos (OECD, 1996)

Inovação tecnológica – implementação de produtos ou processos tecnologicamente novos ou substancialmente aprimorados. A implementação da inovação ocorre quando o produto é introduzido no mercado ou o processo passa a ser operado pela empresa. A inovação tecnológica investigada, quer de produto quer de processo, refere-se à empresa, não sendo necessariamente uma inovação para o mercado ou setor de atuação, podendo ainda ter sido desenvolvida pela empresa ou por outra empresa/instituição.

Produto tecnologicamente novo – é um produto cujas características fundamentais (especificações técnicas, usos pretendidos, software ou outro componente intangível incorporado) diferem significativamente de todos os produtos previamente produzidos pela empresa. Algumas inovações originam-se de tecnologias totalmente novas, podem se basear na combinação de tecnologias já existentes em novos usos, ou podem ocorrer em função do uso de novos conhecimentos.

Os primeiros microprocessadores ou os *cd rom* são exemplos de produtos tecnologicamente novos do primeiro tipo, que utilizam tecnologia totalmente nova. Os primeiros *disc man*, que combinam a reprodução de *cd's* com as técnicas de fone de ouvido são exemplos de novos produtos do segundo tipo, que combinam as tecnologias existentes em um novo uso. Em ambos os casos, o produto não existia anteriormente.

Produto significativamente aperfeiçoado tecnologicamente – refere-se a um produto previamente existente, cujo desempenho foi substancialmente aumentado ou aperfeiçoado. Um produto simples pode ser aperfeiçoado (no sentido de obter um melhor desempenho ou um menor custo) através da utilização de matérias-primas ou componentes de maior rendimento. Um produto complexo, com vários componentes ou subsistemas integrados, pode ser aperfeiçoado via mudanças parciais em um dos componentes ou subsistemas.

Esse tipo de inovação pode ter efeitos maiores ou menores sobre a firma. A substituição de plástico por metal em equipamentos de cozinha e mobiliário é um exemplo do uso de materiais de maior performance. A introdução dos freios ABS ou outras melhorias nos subsistemas em automóveis é um exemplo de mudanças parciais em um conjunto de subsistemas integrados tecnicamente.

Processo tecnologicamente novo ou significativamente aperfeiçoado – envolve a introdução de tecnologia de produção nova ou significativamente aperfeiçoada, assim como de métodos novos ou substancialmente aprimorados para manuseio e entrega de produtos (acondicionamento e preservação).

O resultado da adoção de processo tecnologicamente novo ou substancialmente aprimorado deve ser significativo em termos do nível de produto, qualidade do produto ou custos de produção e entrega. A nova forma de produzir inclui mudanças de equipamentos, na organização da produção, ou uma combinação dessas mudanças, e pode ser resultado do uso de novos conhecimentos.

A introdução deste processo pode ter por objetivo a produção ou entrega de produtos tecnologicamente novos ou substancialmente aprimorados, que não possam utilizar os processos previamente existentes, ou simplesmente aumentar a eficiência da produção e da entrega dos produtos já existentes.

A utilização de novos sistemas de comunicação e difusão da informação dentro de uma indústria, a criação de uma nova rotina para a produção ou controle de qualidade são exemplos desse tipo de atividade.

Atividades inovativas – são atividades representativas dos esforços das empresas voltados para a melhoria do seu acervo tecnológico e, conseqüentemente, para o desenvolvimento e implementação de produtos ou processos tecnologicamente novos ou significativamente aprimorados. O esforço em desenvolver atividades inovativas pode ser de dois tipos: Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), que inclui pesquisa básica², pesquisa aplicada³ ou o desenvolvimento experimental⁴; e outras atividades não relacionadas a Pesquisa e

² A pesquisa básica representa um trabalho teórico ou experimental, realizado primariamente para adquirir novos conhecimentos, com base em fenômenos e fatos observados, sem alguma explicação ou uso particular.

³ A pesquisa aplicada é uma investigação original despendida para adquirir novos conhecimentos, direcionados a um objetivo específico.

⁴ O desenvolvimento experimental é um trabalho sistemático, direcionado para produzir novos materiais, produtos ou mecanismos para instalação de novos processos, sistemas ou serviços ou ainda, melhoria de produtos e processos já instalados.

Desenvolvimento, como aquisição de bens, serviços e conhecimentos externos (OECD, 1996).

São consideradas atividades inovativas os esforços da empresa voltados para a melhoria do seu acervo tecnológico e, conseqüentemente, para o desenvolvimento e implementação de produtos ou processos tecnologicamente novos ou significativamente aperfeiçoados.

Entre as principais atividades inovativas destacam-se:

- **Atividades internas de Pesquisa e Desenvolvimento** - conjunto de atividades inovativas que compreende o trabalho criativo, empreendido de forma sistemática, com o objetivo de aumentar o acervo de conhecimentos e o uso destes conhecimentos para desenvolver inovações tecnológicas. Engloba o desenho, a construção e o teste de protótipos e de instalações-piloto bem como o desenvolvimento de software, quando este resulta em avanço tecnológico ou científico.
- **Aquisição externa de Pesquisa e Desenvolvimento** - contratação de serviços de empresas ou instituições tecnológicas que realizam para a empresa as atividades descritas na categoria atividades internas de Pesquisa e Desenvolvimento.
- **Aquisição de máquinas e equipamentos** - aquisição de máquinas, equipamentos e hardware, especificamente utilizados na implementação de produtos e/ou processos novos ou tecnologicamente aperfeiçoados.
- **Aquisição de outros conhecimentos externos** - aquisição externa de tecnologia na forma de acordos de transferência através da compra de licenças de direito de exploração de patentes e uso de marcas, *know-how*, *software* e outros tipos de conhecimento técnico-científico de terceiros, para que a empresa desenvolva ou implemente inovações.
- **Introdução das inovações tecnológicas no mercado** - conjunto de atividades de comercialização diretamente ligadas à inovação, podendo incluir pesquisa, teste de mercado e publicidade para o lançamento, adaptação do produto a diferentes mercados e propaganda.
- **Projeto industrial e outras preparações técnicas para a produção e distribuição** - conjunto de procedimentos e preparações técnicas necessário para efetivar a implementação de inovações de produto ou processo. Inclui novas especificações

técnicas, características operacionais, métodos, padrões de trabalho e software, requeridos para a implementação das inovações. Inclui atividades de metrologia, normalização e avaliação de conformidade; e ensaios e testes não incluídos em P&D para registro final do produto e para o início efetivo da produção.

- **Treinamento** – capacitação por meio de treinamento da força de trabalho voltado para o desenvolvimento e a implantação de inovações de produtos e/ou processos. Pode incluir aquisição de serviços técnicos especializados externos.

Há ainda referências a “outras atividades científicas e tecnológicas” que incluem os serviços de informações técnicas e científicas, coleta de dados para fins gerais, teste e padronização, estudos de viabilidade, licenças e patentes (OECD, 1996).

No Brasil, segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia, as ações de P&D compreendem a execução das atividades de ciência e tecnologia, abrangendo a geração de conhecimentos técnico-científicos resultantes dos projetos de pesquisa, desenvolvimento e engenharia, atividades voltadas para a apropriação econômica e social dos avanços científicos e tecnológicos das empresas, inovações tecnológicas introduzidas nos setores de produção, projetos de difusão e transferência de tecnologia, contratos de licenciamento e outros. O conjunto de atividades envolve um espectro amplo e diversificado de temas, alguns diretamente vinculados aos objetivos e programas governamentais ou da iniciativa privada, enquanto outros, especialmente acadêmicos, atendendo às lógicas internas das disciplinas científicas. (Brasil, MCT, 1995).

2.2 Manual de Frascati

Em junho de 1963, a OECD reuniu uma série de especialistas em indicadores de pesquisa e desenvolvimento na vila de Falcioneri, em Frascati, Itália. O resultado deste encontro foi a primeira versão da publicação intitulada *Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Development*, o Manual de Frascati, dedicado exclusivamente à mensuração de recursos humanos e financeiros dedicados a atividades de pesquisa e desenvolvimento, normalmente identificados como dados de *input* de P&D.

Com o aumento da importância dessas atividades na economia dos países, ficou claro que as informações de P&D não eram suficientes. Tornou-se necessário analisar as atividades de P&D em um contexto mais amplo, que se relacione com outros tipos de recursos. Em decorrência disso, o Manual de Frascati deu origem a uma série de outros manuais metodológicos conhecidos como a Família Frascati, que inclui manuais de pesquisa e desenvolvimento (Manual de Frascati), inovação (Manual de Oslo), recursos humanos

(Manual de Canberra), balança de pagamentos tecnológica e patentes como indicadores de ciência e tecnologia.

2.3 Manual de Oslo

O Manual de Oslo é uma publicação da OECD que faz parte da chamada “Família Frascati” de manuais que definem atividades de pesquisa e desenvolvimento e de ciência, tecnologia e inovação. A primeira versão do manual, desenvolvida em 1992, e os surveys que o utilizam, principalmente o Community Innovation Survey (CIS), organizado pela União Européia, mostraram que é possível desenvolver e coletar dados do complexo e diferenciado processo de inovação.

A Segunda edição do Manual de Oslo faz uma análise dos conceitos, definições e metodologias originais e atualiza-os para incorporar a experiência e melhorar a compreensão acerca do processo inovativo e aumentar seu alcance para um maior número de indústrias. Ele dispõe de orientações de como indicadores comparáveis de inovação podem ser desenvolvidos para os países da OECD e discute os aspectos analíticos e políticos para os quais estes indicadores são relevantes.

O Manual de Oslo tem dois objetivos principais: levar os indicadores já existentes a um caminho de comparabilidade internacional e auxiliar aqueles países/instituições que estão começando a desenvolver seus indicadores.

2.4 Manual de Bogotá

O manual de Bogotá (RYCT, 2001) é uma proposta de normalização dos indicadores de inovação tecnológica que conjuga a rigorosidade conceitual e metodológica do Manual de Oslo com a necessidade de levar em conta as especificidades que caracterizam os sistemas de inovação e as empresas dos países da América Latina e Caribe.

A necessidade de dispor de um manual que proponha pautas para a normalização dos indicadores de inovação tecnológica reflete a importância crescente que os países latino-americanos reconhecem na mensuração dos processos inovativos, indo ao encontro das principais tendências internacionais. Isso revela que esses países estão começando a perceber o papel estratégico que a inovação tecnológica desempenha para o desenvolvimento, tanto econômico como social das sociedades.

2.5 Conclusões

A boa compreensão do processo de inovação tecnológica passa inicialmente pela definição dos conceitos a ela associados, tais como tecnologia, inovação de produto, inovação de processo, atividades inovativas, etc.

Neste capítulo foram disponibilizadas as definições necessárias ao entendimento do processo de inovação tecnológica, bem como foram apresentados alguns dos manuais desenvolvidos por organismos internacionais de pesquisa que apresentam orientações para o processo de geração de indicadores, bem como para sua adequada comparação.

3. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E CRESCIMENTO ECONÔMICO

A importância do progresso técnico para o crescimento econômico ou, num sentido mais amplo, para o desenvolvimento, é ponto incontestado entre os diversos autores que vêm se dedicando à questão. A capacidade de um país de gerar novos conhecimentos, disseminá-los e utilizá-los constitui a base de sustentação de seu desenvolvimento econômico.

Com a publicação de *A Riqueza das Nações* por Adam Smith uma nova questão foi colocada no centro da teoria econômica. Esta questão é que a poupança, a acumulação de capital, é o processo chave pelo qual o estoque de insumos e a riqueza crescem ao longo do tempo.

Com o desenvolvimento dos modelos neoclássicos nos anos 1950 e 1960 os economistas abandonaram a visão de Smith, não porque estivessem convictos de que esta proposição não fosse verdadeira, mas porque ela parecia incompatível com o aparato teórico desenvolvido até então.

Alguns trabalhos na década de 1950 apresentavam um tratamento simples de progresso técnico, caracterizando-o como algo que ocasiona um aumento dos *outputs* no tempo que pode ser produzido por qualquer combinação de fatores de produção.

Outros estudos das décadas de 1950 e 1960, realizados por Solow (1956) e Kendrick (1961), entre outros, indicam que o progresso tecnológico é um fator extremamente importante, talvez o mais importante determinante no crescimento do produto per capita (Stiglitz, 1969). Nas últimas décadas, vários autores têm sugerido que grande parte do aumento observado do produto per capita é consequência do progresso tecnológico mais que do aumento do capital per capita. Os resultados demonstram que o progresso tecnológico contribui mais para o crescimento que a acumulação de capital (Solow, 1970 e Fabricant, 1954).

Na década de 1980 uma nova série de modelos de crescimento foi proposta que reabilitaram a idéia de que a acumulação endógena leva ao crescimento (Romer, 1989a, 1989b). Os economistas atualmente têm um entendimento claro de como isso pode ocorrer e o foco passou a ser identificar exatamente o que está sendo acumulado, se capital físico, capital humano, conhecimento ou tecnologia.

A seguir são apresentados alguns modelos de crescimento econômico que dedicam ao fator tecnológico uma atenção especial. São apresentados desde o modelo de Malthus, que não considerava este fator, até os modelos de Romer, que considera a inovação tecnológica um dos principais fatores para o crescimento econômico.

3.1 Malthus

As primeiras discussões sobre o papel da inovação tecnológica no crescimento econômico remontam a 1798, quando Thomas Malthus publicou o Ensaio sobre a População, em que defendia que, devido à existência de fatores de produção finitos e da produtividade marginal decrescente do fator trabalho, o crescimento da produção não seria capaz de acompanhar o crescimento da população.

Estimulado pelos aumentos de preços de alimentos e do aluguel de terras, decorrentes da guerra com a França, Malthus desenvolveu a noção de retornos decrescentes de um fator particular de produção, o trabalho, considerando o aumento de sua quantidade relativamente aos demais fatores como a terra. Isso imporia limites ao potencial de acumulação do capital para gerar aumentos no rendimento per capita.

Em seu ensaio Malthus estabeleceu projeções catastróficas para um mundo em que a população, quando não controlada, tendia a crescer em progressão geométrica, enquanto os recursos para alimentá-la aumentavam apenas em progressão aritmética: a humanidade parecia caminhar inexoravelmente para um estado de miséria no qual haveria escassez de alimentos, em que o aviltamento dos salários faria com que a civilização estivesse condenada a pestes e guerras que serviriam à função de reequilibrar produção e população, isto é, frear o crescimento da população inflando as taxas de mortalidade até o nível das de natalidade, de modo que os que sobrevivessem teriam seu padrão de vida preservado (Simonsen, 1973).

A dinâmica do equilíbrio entre a população e os recursos disponíveis seria a seguinte: a descoberta de uma nova técnica agrícola leva inicialmente a um aumento temporário da renda, à redução da mortalidade e, portanto, a um aumento da taxa de crescimento populacional na medida em que mais gente pode ser sustentada pela terra disponível. Contudo, gradualmente, os retornos decrescentes da agricultura levam a renda a regredir ao seu nível (de subsistência) original, embora com uma população maior. Somente quando ocorrem aumentos sustentados na renda *per capita* é que taxas de crescimento populacional sustentável são possíveis. "A fome parece ser o último e mais terrível recurso da natureza" (Malthus, 1993).

Na realidade, Malthus não tinha necessidade de ser tão explícito quanto à forma analítica de suas progressões: a hipótese de que a oferta de alimentos crescesse menos rapidamente do que a população era uma versão simplificada da lei dos rendimentos decrescentes. Também não precisava supor que o aumento demográfico se processasse em progressão geométrica: bastaria admitir que a população tendesse a crescer ilimitadamente enquanto o salário permanecesse acima do nível de subsistência (Simonsen, 1973).

Até meados do século XVIII a produtividade marginal do trabalho acompanhou, de maneira inversa, a evolução da população, corroborando a tese de Malthus. De 1250 a 1800 o

padrão de vida da população era aproximadamente constante, os salários *per capita*, os *outputs* e o consumo não cresciam. Os salários reais e o padrão de vida apresentavam pouca ou nenhuma variação. Os aumentos no estoque de conhecimento que aumentaram as possibilidades de produção favoreceram o aumento do crescimento da população, mas não a melhoria do seu padrão de vida.

Com a Revolução Industrial passou-se de uma era em que as receitas *per capita* estavam estagnadas para uma era de crescimento sustentado⁵ (Hansen, 1998), em que o capital, fator de produção acumulável, ganhou maior importância no processo produtivo. Essa transição foi inevitável, haja vista as taxas positivas de crescimento da produtividade dos diversos fatores de produção.

À medida que a população crescia, o mesmo ocorria com o estoque de capital, evitando a redução da produtividade marginal do trabalho. Com a inserção de novos produtos e processos de produção na economia, a produtividade do trabalho e do capital passou a crescer. Não só a produção cresceu mais do que a população, como o significativo crescimento das inovações possibilitou que ela crescesse de forma bem mais rápida, possibilitando que o padrão de vida da população melhorasse durante os anos que se seguiram (Fonseca, 2001).

A Revolução Industrial – o início do crescimento econômico sustentado – ocorreu quando as instituições destinadas a proteger os direitos de propriedade intelectual estavam suficientemente bem desenvolvidas para que os empreendedores pudessem captar algum retorno privado dos retornos sociais gerados pelas suas inovações. Embora incentivos governamentais, como prêmios ou financiamento público, pudessem substituir até certo ponto esses incentivos de mercado, a história sugere que apenas quando há suficientes incentivos de mercado é que pode haver inovações generalizadas e crescimento sustentado.

Embora o processo de acumulação de capital (investimento) tenha sido de grande significância para a não confirmação das previsões de Malthus, a inovação, seja de produto ou de processo, e o resultante aumento de produtividade (progresso tecnológico), apresentou-se como o principal motor do crescimento econômico.

3.2 Schumpeter

Uma visão na qual se verifica o papel das inovações tecnológicas no desenvolvimento das sociedades foi desenvolvida por Schumpeter em sua obra intitulada *Capitalismo, Socialismo e Democracia* (1984) já no século XX. O conceito de inovação adquiriu relevância na teoria

⁵ O crescimento sustentado ocorre em função do aumento da produtividade dos fatores e não em função do simples aumento da utilização desses fatores. O crescimento sustentado pode ocorrer ainda que os meios de produção estejam se reduzindo.

econômica a partir dos trabalhos de Schumpeter por duas razões principais: a introdução da variável inovação como endógena à dinâmica econômica, tornando-a elemento primordial na determinação dos movimentos cíclicos de transformação das economias capitalistas. A outra razão foi a descrição minuciosa realizada por Schumpeter do processo de inovação.

As teorias desenvolvidas por Schumpeter sobre os ciclos das economias capitalistas foram revolucionárias, realçaram o papel das inovações tecnológicas nos ciclos econômicos e incluíram definitivamente o conceito de inovação na teoria econômica. Além disso, deve-se a Schumpeter a introdução da necessidade de uma análise dinâmica, contrariando a tese dos neoclássicos que defendiam uma análise estática da economia.

A partir de Schumpeter o progresso tecnológico definitivamente deixa de ser tratado como um problema técnico, em que aos produtores cabe escolher entre as técnicas existentes e determinadas exogenamente. O problema foco de Schumpeter não era investigar quais as mudanças levam efetivamente o moderno sistema econômico a ser o que é, mas como elas acontecem e quais fenômenos lhes dão origem. Na realidade, seus principais determinantes são essencialmente econômicos, pois as inovações técnicas são permanentemente introduzidas no processo produtivo. A velocidade com que o fazem e o caráter dessas inovações dependem de fatores puramente econômicos.

Embora reconhecesse outros elementos essenciais, o fenômeno fundamental do desenvolvimento econômico em Schumpeter é o “empreendimento”, a realização de combinações novas, ou seja, o simples emprego diferente da oferta de meios produtivos existentes no sistema econômico.

3.2.1 Fluxo Circular e Equilíbrio Geral

Os conceitos de fluxo circular ou estado estacionário utilizados por Schumpeter são derivados do pensamento de Léon Walras. A partir destes conceitos, Schumpeter tenta provar que o desenvolvimento econômico não se processava de forma contínua e harmoniosa numa trajetória de equilíbrio e ajuste quantitativos. Ao contrário, ele se daria com a ruptura do equilíbrio, personificada pelas inovações.

A teoria de fluxo circular de Schumpeter descreve a vida econômica correndo essencialmente pelos mesmos canais, ano após ano. O estado estacionário ou fluxo circular consistiria da repetição rotineira dos fenômenos econômicos em que o emprego dos recursos é “ótimo”, não havendo mudanças qualitativas, apenas o aumento quantitativo da população, caracterizando o equilíbrio geral.

Mas, segundo Schumpeter, esse fluxo circular e seus canais se alteram com o tempo. A vida econômica experimenta mudanças, as quais não acontecem continuamente e mudam o limite, o próprio curso tradicional.

Segundo Schumpeter o capitalismo seria, por sua própria natureza, uma forma ou método de mudança econômica, que nunca está, e nunca pode estar, estacionário. O caráter evolutivo do processo capitalista não se daria pelo fato da vida econômica acontecer num ambiente social em constante mudança que, por sua mudança, alteraria os dados da ação econômica. Acreditava que todo processo concreto de desenvolvimento repousaria finalmente sobre o desenvolvimento precedente. Todo processo de desenvolvimento criaria os pré-requisitos para o desenvolvimento seguinte. Para ele a mudança que gera o desenvolvimento e crescimento econômico é uma mudança espontânea e descontínua nos canais do fluxo, perturbação do equilíbrio, que altera e desloca para sempre o estado de equilíbrio previamente existente. As mudanças espontâneas e descontínuas no canal do fluxo circular e essas perturbações do centro do equilíbrio surgiriam na esfera da vida industrial e comercial, não na esfera das necessidades dos consumidores de produtos finais (Schumpeter, 1939).

O desenvolvimento, no sentido considerado por Schumpeter, é um fenômeno distinto, inteiramente estranho ao que pode ser observado no fluxo circular ou na tendência para o equilíbrio.

3.2.2 O Motor Principal do Desenvolvimento Econômico

Segundo Schumpeter a inovação estaria no centro das mudanças econômicas, seria

“o impulso fundamental que inicia e mantém o movimento da máquina capitalista decorre de novos bens de consumo, de novos métodos de produção ou transporte, dos novos mercados, das novas formas de organização industrial que a empresa cria (Schumpeter, 1984)”.

A inovação pode ser entendida como a aplicação de novas idéias ao espaço econômico existente. Uma vez aceitas, as inovações dilatam o espaço econômico garantindo, via criação ou captura, uma oportunidade de abertura de mercado e sobrelucro ao empresário, ou empresários, que a introduziu. A inovação bem sucedida garante a monopolização temporária de uma oportunidade de mercado para o seu introdutor.

Schumpeter acreditava que existia no Capitalismo uma transformação qualitativa que revolucionaria incessantemente a estrutura econômica no seu interior, destruindo completamente o antigo e criando continuamente elementos novos. Afirmava que

O capitalismo, ao concentrar a energia humana sobre tarefas econômicas, e ao oferecer prêmios significativos à expansão do espaço econômico existente, criaria um ambiente favorável à aplicação de novas idéias à esfera produtiva. O processo de destruição criadora constitui, de fato, o dado essencial do Capitalismo. Toda a empresa capitalista tem de se moldar a este processo para assegurar a sobrevivência. (Schumpeter, 1984, p.85).

Schumpeter entende o desenvolvimento por mudanças na vida econômica que não lhe são impostas de fora, mas que surgem de dentro, por sua própria iniciativa. Não considera desenvolvimento o mero crescimento da economia, demonstrado pelo crescimento da população e da riqueza, pois isso não suscita um fenômeno qualitativamente novo, mas apenas processos de adaptação da mesma espécie a mudanças nos dados naturais.

A concorrência seria um dos principais fatores que levariam o empresário a inovar, não apenas a concorrência de preço, a mais analisada entre os economistas, mas principalmente a concorrência de qualidade, de novas mercadorias, novas tecnologias, novas fontes de oferta, novos tipos de organização. Esse tipo de concorrência exerce influência significativa no processo de busca por inovações, pois comanda uma vantagem decisiva de custo ou qualidade e que atinge não a fímbria dos lucros e das produções das firmas existentes, mas suas fundações e suas próprias existências. Seria essa concorrência a poderosa alavanca que, no longo prazo, expandiria a produção e reduziria os preços.

3.2.3 Novas Combinações

As novas combinações representariam “o motor principal” da máquina capitalista que “incessantemente revoluciona a estrutura econômica a partir de dentro, incessantemente destruindo a velha, incessantemente criando uma nova” (Schumpeter, 1984, p. 112-113). Este processo de destruição criativa seria o fato essencial do capitalismo. A mudança seria não apenas quantitativa, mas eminentemente qualitativa, e seriam estas mudanças que permanentemente revolucionariam a estrutura econômica. Seria nisso que consistiria o capitalismo e seria aí que teriam de viver todas as empresas capitalistas.

O capitalismo, ao concentrar a energia humana sobre tarefas econômicas, e ao oferecer prêmios significativos à expansão do espaço econômico existente, cria um ambiente extremamente favorável à aplicação de novas idéias à esfera produtiva.

O desenvolvimento estudado por Schumpeter é aquele originado a partir de novas combinações que aparecem descontinuadamente. Para ele produzir significa combinar

materiais e forças que estão ao nosso alcance. Produzir outras coisas, ou as mesmas coisas com método diferente, significa combinar diferentemente estes materiais e forças, o que ocorre em cinco casos específicos:

- Introdução de um novo bem – ou seja, um bem com que os consumidores ainda não estiverem familiarizados – ou de uma nova qualidade de um bem;
- Introdução de um novo método de produção, ou seja, um método que ainda não tenha sido testado pela experiência no ramo próprio da indústria de transformação, que de modo algum precisa ser baseada numa descoberta cientificamente nova, e pode consistir também em nova maneira de manejar comercialmente uma mercadoria;
- Abertura de um novo mercado, ou seja, de um mercado em que o ramo particular da indústria de transformação do país em questão não tenha ainda entrado, quer esse mercado tenha existido antes ou não;
- Conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados, mais uma vez independentemente do fato de que essa fonte já existia ou teve que ser criada;
- Estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, como a criação de uma posição de monopólio ou a fragmentação de uma posição de monopólio.

Na medida em que as “novas combinações” podem, com o tempo, originar-se das antigas por ajuste contínuo mediante pequenas etapas, há certamente mudança, possivelmente há crescimento, mas não um fenômeno novo nem um desenvolvimento como verificado por Schumpeter. Na medida em que não for este o caso, e em que as novas combinações aparecerem descontinuamente, então surge o fenômeno que caracteriza o desenvolvimento.

Essas novas combinações, normalmente, não surgem devido ao emprego de meios de produção que por acaso estejam sem ser usados, elas têm vez pelo emprego diferente da oferta de meios produtivos existentes no sistema econômico. Não é essencial, embora possa acontecer, que as combinações novas sejam realizadas pelas mesmas pessoas que controlam o processo produtivo. Ao contrário, as novas combinações, via de regra, estão corporificadas em empresas novas que não surgem das antigas, mas começam a produzir a seu lado.

3.3 Solow

Ainda no século XX, Robert Solow publicou dois artigos que serviram de base para sua teoria do crescimento econômico. No primeiro artigo Solow (2000) apresenta um modelo

teórico que sustenta que apenas a acumulação de fatores de produção como capital e trabalho não seriam suficientes para manter a taxa de crescimento sustentado do produto *per capita*.

No segundo artigo Solow sugere uma maneira de diferenciar as variações no *output per capita* devidas a mudanças tecnológicas daquelas devidas à disponibilidade de capital *per capita*. O procedimento básico é estimar a contribuição no produto final do crescimento derivado de aumentos de *inputs* de trabalho e capital num período, multiplicando-os pelos aumentos observados nos *inputs* pelos índices de preços e deduzindo o resultado do crescimento total dos *outputs*. O resíduo encontrado seria atribuído ao progresso tecnológico (Solow, 1970).

Segundo Solow o *output* agregado num equilíbrio de longo prazo pode crescer à mesma taxa que o estoque de capital e a população. Isso significa que o rendimento *per capita* não crescerá no longo prazo. Embora o produto cresça, ele o faz à mesma taxa do crescimento populacional, caracterizando o estado estacionário no qual o produto por trabalhador seria constante.

Em 1956, com a publicação do artigo sobre crescimento e desenvolvimento econômico intitulado *A Contribution to the Theory of Economic Growth* Solow propõe que a variação no capital por trabalhador seja determinada por três termos: o investimento por trabalhador, a depreciação por trabalhador e o crescimento populacional. Por este modelo tanto a depreciação quanto o crescimento da força de trabalho tendem a reduzir o montante de capital *per capita* da economia.

Com o crescimento da população haveria novos trabalhadores que não existiam no período anterior, se não houver novos investimentos nem depreciação, o capital por trabalhador se reduzirá devido ao aumento da força de trabalho.

Segundo Solow as economias crescem durante um período, mas não sempre. Uma economia que apresente um estoque de capital por trabalhador inferior ao montante exigido pelo estado estacionário experimentará crescimento ao longo da trajetória de transição até chegar a um novo estado estacionário. Com o tempo, contudo, o crescimento se torna mais lento à medida que a economia se aproxima do estado estacionário e, finalmente, o crescimento cessa por completo.

O modelo não consegue prever um fato estilizado extremamente importante: que as economias registram um crescimento sustentado da renda *per capita*. Solow propôs então que se introduzisse na função de produção um termo que contemplasse o progresso tecnológico como um dos fundamentos para o crescimento econômico. No modelo que inclui a variável tecnológica, o progresso tecnológico ocorre quando esta variável aumenta ao longo do tempo,

fazendo com que uma unidade de trabalho torne-se mais produtiva quando o nível de tecnologia é mais elevado.

O modelo que contempla a tecnologia revela que o progresso tecnológico é a fonte do crescimento do produto *per capita* sustentado. Para Solow, durante a trajetória de crescimento equilibrado⁶, o produto por trabalhador e o capital por trabalhador cresceriam, ambos, à taxa do progresso tecnológico exógeno. O efeito em uma economia que se encontre em estado estacionário com uma taxa de investimento que tenha aumentado permanentemente será o aumento da taxa de crescimento por um período, até que a economia alcance um novo estado estacionário.

Como o produto por trabalhador é constante, o crescimento mais rápido do capital por trabalhador ao longo da trajetória de transição implica que o produto por trabalhador aumenta mais velozmente que a tecnologia.

No trabalho empírico realizado para os Estados Unidos no período de 1909 a 1949⁷ (Solow, 1970), Solow mostra que o progresso tecnológico, mais que a acumulação de fatores como capital ou trabalho, foi o maior responsável pelo crescimento da economia norte-americana. São usadas três séries: o *output* por unidade de trabalho, o capital por unidade de trabalho e a divisão do capital.

Solow constatou que o *output* por homem-hora quase dobrou, com 87,5% do aumento sendo atribuídos às mudanças tecnológicas e os 12,5% restantes atribuídos ao aumento do uso de capital (Solow, 1970). No mesmo período a tendência crescente cumulativa na função de produção foi de 80%. É possível dizer que 1/8 do crescimento deveu-se ao aumento do capital por homem-hora e os outros 7/8 à mudança tecnológica. Em termos reais, o PNB por homem-hora cresceu nesse período 65 centavos de dólar (em valores de 1949), dos quais apenas 8 centavos deveram-se a aumentos da intensidade de capital e os outros 57 centavos foram provenientes de melhorias de produtividade.

Solow verificou que o crescimento do produto *per capita* deveu-se à taxa de variação do progresso tecnológico (Solow, 1957). Apesar desta constatação, ele não conseguiu explicar o que levava ao progresso tecnológico, passando então a considerá-lo um fator exógeno à economia, ou seja, que surge na economia automaticamente, sem levar em consideração outros acontecimentos que estejam afetando a economia.

⁶ A situação em que capital, produto, consumo e população crescem a taxas constantes é denominada crescimento equilibrado.

⁷ Este trabalho baseia-se nas premissas neoclássicas de competição perfeita, ausência de externalidades e de bens públicos, produtividade marginal decrescente e uma função de produção macroeconômica homogênea de grau um.

De modo geral algumas conclusões emergem da aplicação do modelo aos dados americanos no período 1909-1949:

1. A mudança tecnológica nesse período foi neutra, em média;
2. A tendência crescente na função de produção apresentou, expurgadas as flutuações, taxas de 1% ao ano na primeira metade do período e de 2% para o período final;

Um outro estudo citado por Solow que chega a resultados semelhantes é o de Fabricant (1954) que utilizou o período de 1871 a 1951 e concluiu que 90% do aumento do *output per capita* pode ser atribuído ao progresso tecnológico.

Mais recentemente tem sido notado algum ceticismo acerca de medidas como esta sob o argumento de que, atribuindo-se o resíduo dessa operação ao progresso tecnológico estar-se-ia considerando implicitamente influências de outros fatores como o aumento na qualidade do trabalho derivado de um melhor nível educacional, etc. (Hahn, 1970).

3.4 Romer

A teoria do crescimento endógeno, ou a nova teoria do crescimento, em vez de supor que o crescimento se dá em decorrência de melhorias tecnológicas automáticas e não-modeladas (exógenas) busca entender as forças econômicas que estão por trás do progresso tecnológico. Uma contribuição importante a esse trabalho é o reconhecimento de que o progresso tecnológico ocorre quando empresas ou inventores maximizadores de lucro procuram obter novos e melhores produtos. Desse modo, melhorias tecnológicas e o próprio processo de crescimento são entendidos como um resultado endógeno da economia.

O modelo de crescimento de Romer, desenvolvido durante a segunda metade da década de 1980, é considerado schumpeteriano, pois foi antecipado pelo trabalho de Schumpeter em fins dos anos 1930 e início dos anos 1940. Ao prever e aceitar as premissas básicas adotadas por Romer, Schumpeter abriu caminho para o desenvolvimento do modelo que introduziu explicitamente o poder de mercado na economia.

Romer escreveu sua teoria do crescimento econômico incorporando a inovação tecnológica, ou em suas palavras, a produção de idéias, como o principal motor do crescimento. Quando fala em idéias, Romer refere-se desde novas formas de se produzir um mesmo bem até a criação de um novo bem. Em ambos os casos, a nova idéia combina, de uma nova maneira, os recursos de produção existentes de modo a produzir uma maior quantidade de um bem ou de outros tipos de bens.

Na primeira versão da chamada “nova teoria do crescimento” Romer assume que a acumulação de capital leva ao aumento da mudança tecnológica, que funciona como subproduto de outras atividades econômicas.

No modelo a tecnologia seria a maneira como os insumos são transformados em produto no processo produtivo e o progresso tecnológico consistiria em encontrar novas variedades de bens de capital, isto é, não apenas produzir algumas formas de bens de capital mais produtivos como também produzir novos tipos de bens de capital.

O argumento desenvolvido por Romer baseia-se em três premissas básicas (Romer, 1989a):

1. A mudança tecnológica – melhorias na forma de combinar insumos brutos – é o essencial para o crescimento econômico. A mudança tecnológica dá incentivos para a acumulação continuada de capital e, juntamente, acumulação de capital e mudança tecnológica contam para muito do crescimento do produto por hora trabalhada;
2. Mudanças tecnológicas emergem, em grande parte, de ações intencionais de pessoas que respondem a incentivos de mercado, de modo que se pode considerá-la um fator endógeno;
3. Investimentos para desenvolver novos produtos ou insumos são herdados, diferentes de outros bens econômicos. Uma vez que o investimento em criar um novo produto foi realizado, o *know-how* pode ser usado diversas vezes sem custos adicionais.

Para Romer o crescimento é induzido pela mudança tecnológica que surge de decisões de investimento intencionais realizadas por agentes maximizadores de lucro. Esse modelo torna endógeno o progresso tecnológico no processo de desenvolvimento econômico ao introduzir a busca de novas idéias por pesquisadores interessados em lucrar a partir de suas invenções.

Pelo modelo de Romer há retornos constantes à escala para capital e trabalho. Contudo, quando se admite que as idéias também são um insumo da produção, a função passa a apresentar retornos crescentes. Os retornos crescentes exigem a concorrência imperfeita. As empresas neste setor são monopolistas, e os bens de capital são vendidos a um preço superior ao custo marginal.

Contudo, os lucros auferidos por essas empresas são captados pelos inventores e simplesmente os compensam pelo tempo despendido para “explorar” em busca de novos projetos. Não há lucros econômicos no modelo, todas as rendas compensam algum insumo de

fator (Jones, 2000). O progresso tecnológico, por sua vez, seria movido pela pesquisa e desenvolvimento (P&D) no mundo avançado.

3.4.1 As Idéias

Um dos aspectos centrais da economia das idéias é o fato de que a economia das idéias envolve custos potencialmente elevados que só serão desembolsados uma vez. Bens não-rivais, como as idéias, envolvem altos custos fixos de produção e um custo marginal zero, ou seja, embora seja dispendioso produzir a primeira unidade do bem, as unidades subsequentes são produzidas pela simples cópia da primeira unidade, beneficiando-se dos investimentos previamente realizados.

O que distingue a tecnologia como insumo é que esta não é um bem convencional nem um bem público. É um bem não rival parcialmente excluível. Por causa da não convexidade introduzida pela hipótese de se tratar de um bem não rival, não se pode assumir competição perfeita com preços dados, em vez disso, o equilíbrio é alcançado com a competição monopolística.

Para Romer há dois tipos de firmas, aquelas que produzem bens de capital e aquelas que fazem pesquisas em novas variedades de bens de capital e, portanto, têm o monopólio desses novos bens e vendem ou alugam seus direitos às firmas essencialmente produtoras. Uma das características inerentes às idéias é que elas são não-rivais. A empresa que inventa um novo bem ou processo pode restringir o acesso ao projeto, ao menos temporariamente⁸. Os inventores não incorreriam nesses custos a menos que tivessem alguma expectativa de captar, em forma de lucro, parte dos ganhos que a sua invenção traz para a sociedade⁹.

No modelo de Romer o crescimento do nível de tecnologia foi tornado endógeno. O número de novas idéias geradas em qualquer ponto do tempo é igual ao número de pessoas que tentam descobrir novas idéias, multiplicado pela taxa à qual elas descobrem novas idéias.

Para gerar crescimento econômico o número de novas idéias deve crescer ao longo do tempo. Isso ocorrerá como decorrência do aumento do número de pesquisadores conjuntamente como o aumento da população, de modo que um esforço de pesquisa constante não permite o aumento proporcional do estoque de idéias que se faz necessário para gerar crescimento de longo prazo (Romer, 1989b). Em suma, é a criação e, mais precisamente, o

⁸ Os sistemas de direito autoral e de patentes asseguram aos inventores que registram suas idéias o direito de cobrar pelo seu uso.

⁹ Patentes e direitos autorais são mecanismos legais que permitem assegurar aos inventores um poder de monopólio durante algum tempo, a fim de que possam recuperar os custos iniciais de produção de suas invenções.

uso de novas idéias que geram o progresso tecnológico, aumentam a produtividade de uma economia e fomentam seu crescimento.

3.4.2 Capital Humano

Para Romer as pessoas são os insumos-chave para o processo criativo. Uma população maior gera mais idéias, e como as idéias são não-rivais, todos na economia se beneficiam. Romer supõe que a produtividade da pesquisa é proporcional ao estoque existente de idéias.

Uma das hipóteses de Romer é que a taxa de crescimento da variedade de bens de capital é proporcional à quantidade de capital humano alocado em atividades de pesquisa para descobrir novas variedades de bens de capital. Assim sendo, a taxa de crescimento do *output* depende da quantidade de capital humano disponibilizada para pesquisas de desenvolvimento de novas variedades de bens de capital.

Pelo modelo verifica-se que disponibilizar mais capital humano para pesquisa proporciona maiores taxas de produção de novas idéias. Assim como, o estoque total de idéias e conhecimento é maior quanto maior for a produtividade de um trabalhador no setor de pesquisa.

Se o total de capital humano na economia for muito pequeno, não haverá alocação de capital humano em pesquisa, pois a utilidade marginal do consumo corrente será tão alta que o consumidor otimizador preferirá não investir na invenção de novos tipos de bens de capital. (Solow, 2000).

3.4.3 Modelo

Na segunda versão de seu modelo Romer torna mais clara a endogeneidade da mudança tecnológica tendo os seguintes pressupostos: Há três setores na economia: o setor de pesquisas, o de produção de bens intermediários e o de bens de consumo final.

Os indivíduos que possuem capital humano (trabalho especializado) decidem se vão utilizá-lo trabalhando no setor de pesquisa ou no de produção de bens finais, tomando como dados os estoques de conhecimento, o preço das inovações e o salário pago no setor de produção de bens finais.

Os consumidores, a seu tempo, decidem o que vão consumir e poupar, tomando a taxa de juros e salários como dados e os produtores de bens finais decidem quanto vão usar de trabalho, capital humano e quais bens intermediários vão utilizar, considerando exógenos os preços.

As firmas do setor intermediário tomam como dados a taxa de juros e uma curva de demanda negativamente inclinada e escolhem preços para maximizar lucros. Cada firma

decide se vai começar a produzir determinado bem intermediário, tomando o preço da tecnologia como dado.

As firmas do setor de pesquisa escolhem a quantidade de trabalho especializado que vão contratar, tomando como dados os salários e o preço que podem vender uma patente. O setor produtor de conhecimento na economia supre os outros setores de novas tecnologias e as inovações são resultado de esforços deliberados de firmas numa estrutura otimizadora. Não há difusão simultânea de novo conhecimento propiciando que as firmas cubram os custos de seus investimentos em novas tecnologias.

Ao mesmo tempo, os retornos decrescentes de escala do investimento em novas tecnologias no nível da firma são neutralizados pelos efeitos transbordantes (externalidades) da produtividade de projetos subsequentes, assim sendo, os projetos de inovação aumentam em toda a economia. Supõe-se que a nova tecnologia tem um caráter público e privado em contraste com o modelo anterior no qual a nova tecnologia é uma mera externalidade. No novo modelo a taxa de crescimento da economia depende do quanto é investido em nova tecnologia, tipicamente na forma de pesquisa e desenvolvimento e de quanto é possível se apropriar da nova tecnologia.

3.4.4 Crescimento

Pelo modelo de Romer o produto *per capita*, a razão capital/trabalho e o estoque de idéias crescerão à mesma taxa ao longo da trajetória de crescimento equilibrado. Se não houver progresso tecnológico no modelo, então, não há crescimento.

Para Romer a introdução de novos bens seria a força propulsora do crescimento econômico embora a introdução de novos bens e a absorção de parte da extensão do mercado pareçam fundamentalmente inconsistentes com a competição perfeita. Uma forma natural de conceber a introdução de novos bens é supor que há um custo fixo associado à introdução do bem. Uma vez que a demanda agregada para o bem seja grande o suficiente, o fluxo de lucros que pode ser extraído pela firma que introduz o bem deverá ser grande o bastante para compensar os custos fixos iniciais.

A fim de gerar crescimento, o número de novas idéias deve crescer ao longo do tempo. Isto ocorre se o número de pesquisadores aumentar – em decorrência, por exemplo, do crescimento da população mundial. Mais pesquisadores significa mais idéias sustentando o crescimento no modelo. Nesse caso, o crescimento das idéias está claramente relacionado com o crescimento da população. Um aumento permanente na proporção da população dedicada à pesquisa aumenta temporariamente a taxa de progresso tecnológico, mas não o faz no longo prazo.

A taxa de crescimento de longo prazo não é afetada por alterações na taxa de investimento, e nem mesmo por mudanças na participação da população envolvida na pesquisa. Isto se vê quando se observa que nenhum dos parâmetros da função é afetado quando, digamos, a taxa de investimento ou participação da mão-de-obra em P&D muda. Em vez disso, estas políticas afetam a taxa de crescimento ao longo da trajetória de transição para o novo estado estacionário ao alterar o nível de renda. Isto é, mesmo depois de tornar endógena a tecnologia, a taxa de crescimento de longo prazo não pode ser manipulada por formuladores de políticas públicas por meio de instrumentos convencionais como os subsídios a P&D.

O nível de tecnologia cresce ao longo da trajetória de crescimento equilibrado. Neste ponto a taxa de crescimento aumenta e o nível de tecnologia se eleva mais rápido do que anteriormente. Contudo, no correr do tempo, a taxa de crescimento cai até voltar aos níveis iniciais. O nível de tecnologia se situará em um patamar permanentemente mais elevado em consequência do aumento permanente em P&D.

O produto *per capita* é proporcional à população da economia (mundial) ao longo da trajetória de crescimento equilibrado. Em outras palavras, o modelo apresenta um efeito de escala em níveis: uma economia mundial será mais rica. Esse efeito de escala decorre, fundamentalmente, da não-rivalidade das idéias: uma economia maior oferece um mercado maior para uma idéia, aumentando o retorno à pesquisa (um efeito da demanda). Além disso, uma economia mundial mais populosa tem, simplesmente, mais criadores de idéias em potencial (um efeito de oferta).

3.3 Conclusões

O objetivo deste capítulo foi mostrar a evolução do pensamento econômico sobre a importância da inovação tecnológica para o crescimento econômico das sociedades. Partindo-se dos trabalhos de Malthus, em que não havia espaço para o crescimento sustentado, passando por Schumpeter, cujas conclusões afirmam que as conquistas econômicas da época capitalista devem ser atribuídas ao sistema capitalista e não meramente ao progresso técnico considerado como algo independente e exógeno.

Schumpeter admitia que as inovações não se distribuíssem uniformemente ao longo do tempo, mas tendessem a surgir mais ou menos ciclicamente. Isso porque as inovações apresentavam a distribuição de eventos raros, em torno delas aglomerando, em enxames, as inovações menores. O resultado seria consideráveis flutuações, ao longo do tempo, no volume de investimentos privados. Conhecido o modelo keynesiano, é fácil compreender como tais flutuações se transmitiriam, via multiplicador, ao produto real.

Solow, por sua vez, conseguiu verificar e constatar empiricamente que o progresso tecnológico tem influência sobre o crescimento econômico, mas não conseguiu ir mais além, determinando quais fatores levariam à inovação tecnológica, passando então a considerá-la um fator exógeno à economia.

Uma das contribuições importantes de Romer (1990) foi a explicação de como construir uma minieconomia de agentes maximizadores de lucro que torne endógeno o progresso tecnológico (Jones, 2000). Conclui-se, portanto que o estoque de capital humano determina a taxa de crescimento, que pouco capital humano direcionado para pesquisa no equilíbrio, que integração em mercados no mundo aumentarão as taxas de crescimento e que ter uma grande população não é suficiente para gerar crescimento.

Em suma, o desenvolvimento da análise da teoria neoclássica sob o aspecto tecnológico foi muito implementado: a tecnologia deixou de ser vista como um bem público exógeno e sim produzido dentro da economia com aspectos públicos e privados. Mas há ainda questões a serem respondidas: Que diferentes tipos de conhecimento são importantes? Como o investimento em conhecimento difere do investimento em capital? Onde, como e por que um novo conhecimento é produzido, difundido e armazenado? Que fatores e relações podem fazer diferença entre países e períodos no qual o novo conhecimento é desenvolvido e como isso afeta os processos econômicos? Questões como estas não são contempladas na teoria neoclássica de crescimento econômico, talvez porque sejam necessários estudos mais desagregados (Gregersen, 1997).

4. MENSURAÇÃO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Diversos trabalhos têm mostrado que a inovação tecnológica tem sido uma das principais impulsionadoras do crescimento econômico no último século (Solow, 1957; Kendrick, 1961; Fabricant, 1954). É senso comum que o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias são fatores-chave para o crescimento do produto e da produtividade. Apesar disso, o entendimento do processo inovativo e de seus impactos econômicos é ainda incipiente. As informações que permitam entender sua geração, difusão e incorporação pelo processo produtivo são de fundamental importância para o desenho, implementação e avaliação de políticas voltadas para a sua promoção e definição de estratégias privadas.

As iniciativas mais fundamentadas de mensuração de inovação tecnológica surgiram a partir da última década do século XX, quando os governos têm se tornado mais ativos em utilizar a inovação para fomentar sua performance econômica e competitividade.

Administradores que precisam alocar recursos públicos em institutos de pesquisa ou em projetos estão constantemente buscando ferramentas para avaliar a qualidade e o potencial de pesquisadores individuais, grupos de pesquisadores e instituições, associados a valores sociais e econômicos e atividades inventivas e inovativas em geral.

É fundamental aos governos averiguar a performance qualitativa de instituições científicas, principalmente para testar a eficácia de políticas de ciência e tecnologia em nível nacional. Para tanto os governos precisam de ferramentas que possam servir como parâmetros para essa avaliação. Administradores industriais na tomada de decisões de investimento em atividades tecnológicas têm feito uso continuamente de indicadores que tentam refletir esse processo para averiguar os custos e benefícios da inovação tecnológica para a tomada de decisões diante de um ambiente de altos riscos e incertezas.

Por vários anos pesquisadores em países industrializados têm feito esforços para desenvolver uma visão científica e tecnológica da empresa como um sistema que interage com outros sistemas – social, econômico, educacional, ambiental, etc. Ao mesmo tempo eles têm sido ativos em procurar os indicadores adequados para refletir a demanda e os resultados de atividades inventivas e inovativas (Sirilli, 1998).

A definição de tecnologia, apresentada no capítulo II, permite constatar que conceituar e medir inovação tecnológica não são tarefas simples. Os principais complicadores dessa tarefa são a inexistência de um bom grau de consenso a respeito do assunto e a ausência de técnicas de mensuração suficientemente eficazes.

Os indicadores de inovação tecnológica atuais estão em rápida evolução e constantes modificações. É de se esperar que nos próximos anos os esforços de estatísticos,

pesquisadores e técnicos das mais diversas áreas devam se concentrar na melhoria e aprimoramento de metodologias e conceitos, bem como na padronização da coleta de dados, o que deve resultar na construção de um sistema conceitual e de informações que nos permita entender e analisar a geração e difusão do conhecimento.

4.1 Indicadores de Inovação Tecnológica

Os indicadores permitem elaborar e avaliar *ex-ante* políticas, planos, programas, projetos ou atividades, assim como acompanhar e avaliar seu desempenho e seus resultados, efeitos e impactos. Como elementos estratégicos, permitem visualizar condições específicas de determinados fatores essenciais à inovação, possibilitando uma atuação mais efetiva.

4.1.1 Propriedades dos Indicadores

Um indicador, para ser útil e adequadamente utilizado, deve atender a alguns critérios essenciais:

1. Deve fazer parte das políticas nacionais, setoriais, regionais, institucionais ou empresariais, conforme o grau de abrangência do objeto em análise;
2. Deve ser comparável com as respectivas metas de desenvolvimento estabelecidas, assim como com parâmetros reconhecidos e utilizados em outros países, regiões, estados ou setores;
3. Deve ser confiável, particularmente no que relaciona à qualidade da informação recolhida e seu processamento.

Um problema fundamental no estudo da inovação ou mudança tecnológica é a ausência de formas de mensuração satisfatórias do novo conhecimento e de sua contribuição para o progresso tecnológico. Não existem medidas que satisfaçam plenamente a complexidade de mensurar o desempenho inovativo de um país.

Nenhum indicador isolado consegue refletir a complexidade e amplitude da atuação de uma instituição e, muito menos, de um sistema de inovação. Os indicadores devem refletir a natureza de atividades determinadas e seus resultados. Além disso, os indicadores devem cobrir um espectro significativo das atividades implementadas pelos diversos agentes econômicos, de modo especial as empresas, outras instituições inovadoras e os centros de pesquisa.

Apesar dessa constatação empírica, há alguns indicadores mais ou menos padrão que os estudiosos no assunto normalmente fazem uso para dar uma dimensão indicativa do comportamento ou estágio evolutivo da aquisição do novo conhecimento e das estratégias tomadas pelos agentes econômicos no sentido de dinamizar suas atividades inovativas.

Os indicadores de inovação tecnológica podem ser definidos como uma série de dados desenhados para responder questões sobre o atual estágio e as mudanças nas empresas, sua estrutura interna e suas relações com o mundo exterior em relação a suas atividades inovativas. O objetivo dos indicadores de inovação tecnológica é similar ao objetivo de qualquer outro tipo de indicador: obter um retrato do atual estado das atividades inovativas e antecipar as consequências dos avanços científicos das mudanças tecnológicas nas economias dos diversos países.

O desenvolvimento e a difusão científicos e tecnológicos são processos extremamente complicados devido à multiplicidade e intensidade dos componentes do sistema. Com respeito à natureza do processo, a distinção vem tradicionalmente sendo feita entre indicadores de *input*, de *output* e de impacto.

Na literatura internacional a mensuração de uma atividade inovativa envolve, pelo menos, um dos três principais indicadores do processo de inovar: primeiro, uma mensuração de *input* do processo de inovação, tal como gastos com P&D (cientistas, pesquisadores, etc); segundo, uma produção intermediária, tal como o número de invenções patenteadas; e, terceiro, uma mensuração direta de produção inovadora, ou seja, o impacto de certo número de inovações introduzidas no mercado.

Mais recentemente, esta distinção tem sido suplantada por uma visão de inovação como um processo no qual os *feedbacks* têm papel fundamental em modelos inter-relacionados. O sistema nacional de inovações propõe uma perspectiva na qual a ciência e tecnologia podem ser analisadas simultaneamente com fatores organizacionais, institucionais e econômicos, entre outros.

A OECD tem desenvolvido alguns manuais estatísticos que apontam para a homogeneização em nível internacional de procedimentos para coleta de dados e análise de vários indicadores, é o caso do Manual de Oslo e Manual de Frascati. Obviamente as diretrizes contidas nos manuais são recomendações de uma organização internacional baseadas no princípio de senso comum e devem ser observadas dentro dos limites do factível em função da comparabilidade internacional. Várias organizações internacionais – OECD, EUROSTAT, UNESCO – vêm desenvolvendo e publicando indicadores baseados em dados coletados por organizações nacionais baseados em procedimentos internacionais e em bancos de dados comerciais.

A classificação básica da OECD em relação aos indicadores levantados é de indicadores primários e secundários. Os primeiros compreendem os indicadores de fonte (dispendio nacional bruto em C&T, pessoal envolvido nessa atividade) e de resultado (concessões de patentes, importação e exportação de tecnologia). Os indicadores secundários

representam relações ou índices obtidos a partir dos indicadores primários, geralmente usados para fins específicos (participação dos dispêndios sobre o produto nacional bruto, orçamento direcionado a atividades de C&T sobre orçamento total).

Além dos indicadores de fonte e resultado, outro grupo de indicadores é utilizado para subsidiar a análise do desempenho inovativo das empresas. São os indicadores de eficiência econômica evidenciando, principalmente, a relação entre tecnologia e crescimento. No que diz respeito a esse tipo de indicadores, as técnicas existentes são guiadas para a investigação do uso dos fatores de produção. Estimativas de produtividade (do fator trabalho, capital ou de uma combinação destes), aquelas derivadas da função de produção ou mesmo análises com base em coeficientes técnicos de matrizes de insumo produto, são todas baseadas em indicadores de eficiência onde se busca sinais de maior rendimento no uso dos fatores considerados.

Os indicadores que vêm sendo produzidos atualmente podem ser divididos em dois grupos:

- Um grupo que inclui os indicadores nos quais uma metodologia estatística foi desenvolvida e cujos dados vêm sendo coletados de forma padronizada. Entre estes indicadores pode-se destacar as estatísticas sobre pesquisa e desenvolvimento, patentes, inovações e balança de pagamentos tecnológica (BPT), entre outros.
- Um segundo grupo de indicadores, cujas metodologias ainda estão em fase de desenvolvimento e que não podem ser comparados entre os diversos países e ao longo do tempo. Trata-se de indicadores baseados em informações de jornais técnicos, investimentos intangíveis, levantamentos de tecnologias industriais, mensuração de mudanças organizacionais e previsões tecnológicas.

Organizações nacionais e internacionais têm publicado por vários anos indicadores resultantes de pesquisas e dados reunidos com propósitos administrativos, contábeis, operacionais e científicos. Estes indicadores são disponibilizados por bases de dados mantidas por organizações internacionais e privadas. Tomadas individualmente essas informações não representam um panorama completo de vários aspectos de ciência e tecnologia, mas, analisados em conjunto, eles podem retratar os diversos aspectos do mesmo fenômeno, proporcionando maior profundidade à análise. Finalmente, pode-se apontar que, em nível de ciência política, indicadores de inovação tecnológica podem ser importantes ferramentas para o conhecimento, avaliação e tomada de decisão de empresas e governos.

A seguir são apresentados alguns dos indicadores mais utilizados para mensurar as atividades inovativas de países.

4.2 Indicadores para os quais há metodologias padronizadas

4.2.1 Gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

O dispêndio nacional bruto em P&D é um indicador usado para medir o custo de produção de novos conhecimentos e constitui-se um dos indicadores mais utilizados, certamente pela facilidade de obtenção desse tipo de informação.

Este indicador representa os gastos totais internos em P&D executados em território nacional durante um dado período. Uma parcela significativa dos institutos que se dedicam a estudar o assunto tem utilizado os gastos em P&D de forma indireta, como uma relação entre os gastos e o PIB e os gastos e as vendas da indústria ou setor.

4.2.2 Recursos Humanos

É um indicador muito utilizado que diz respeito à quantidade de recursos humanos qualificados empregados nas atividades de P&D, realmente ou potencialmente, destinados à geração, avanço, difusão e aplicação sistemáticos do conhecimento científico e tecnológico.

É representado pelo número total de pessoas ocupadas nas atividades de P&D em equivalência à dedicação plena. Esta variável é obtida pela soma do número de pessoas em dedicação exclusiva e do número de pessoas dedicadas parcialmente à atividade de P&D, ponderado pelo percentual médio de dedicação.

4.2.3 Estatísticas de Patentes¹⁰

A patente é um dos métodos formais utilizados pelas empresas para garantir a apropriação dos resultados da inovação. Os indicadores de patentes, de *output*, portanto, são largamente disponibilizados e cada vez mais usados como indicadores do sucesso tecnológico de empresas e países. Este indicador verifica o número depósitos de patentes e as patentes em vigor em um período de referência. As empresas respondem também sobre o percentual das vendas do período que são cobertas por patentes solicitadas ou em vigor.

¹⁰ Patente é o direito que o Estado garante ao inventor como retorno por sua invenção por um período limitado e sob certas condições, dá ao inventor direitos exclusivos sobre a exploração comercial da invenção. As provisões jurídicas e legais a respeito de sua aplicação para garantir a proteção da patente variam consideravelmente de país para país, embora esteja havendo certo nivelamento nos últimos anos.

Alguns indicadores mais sofisticados estão sendo desenvolvidos para atribuir valores às patentes baseados em técnicas econométricas e utilizando informações possivelmente correlacionadas a valor, tais como: renovação, patentes internacionais e citações.

4.2.4 Pesquisas de Inovação Tecnológica

Estas pesquisas têm sido realizadas de duas formas: identifica-se as inovações significativas e então se envia questionários para as empresas que introduziram estas inovações no país; ou submete-se questionários para as firmas que introduziram inovações durante um dado período de tempo. O primeiro caso foca em inovações individuais, enquanto o segundo foca nas firmas inovadoras. Os questionários contêm informações sobre o processo inovativo, os objetivos de se inovar tecnologicamente, os obstáculos e facilidades encontrados nesse processo etc.

4.2.5 Análise do Comércio Internacional de Produtos de Alta Tecnologia

A análise do comércio em termos de produtos agrupados de acordo com o nível tecnológico tem aumentado entre os institutos que se dedicam a mensurar esta atividade, é o caso dos indicadores de Balança de Pagamentos Tecnológica que refletem o fluxo de bens e capital dentro e fora do país. Esses indicadores são calculados em função da intensidade de P&D baseadas em matrizes de insumo-produto.

4.2.6 Bibliometria¹¹

A bibliometria é uma ferramenta na qual o estado da ciência e tecnologia pode ser observado através da produção científica em publicações. Pode ser apontada como atividade científica e a mais complexa e multifacetada que é capturada por indicadores que focam apenas em publicações.

Os indicadores bibliométricos, que se baseiam no número de publicações, citações e co-citações em jornais e revistas científicos, se referem principalmente a pesquisa básica, muito da qual é desenvolvida por instituições acadêmicas.

4.3 Indicadores cujas metodologias estão em estágio de desenvolvimento

4.3.1 Indicadores baseados em informações de jornais técnicos

¹¹ Pode ser definida como a aplicação de métodos estatísticos para dados de artigos em jornais científicos, livros e outros meios de comunicação.

Os *outputs* de inovação baseados na literatura consistem na análise de informação de inovações publicadas em jornais técnicos e comerciais. As informações desses jornais normalmente consistem em uma breve descrição do novo produto ou serviço e o telefone e endereço da firma. Isso torna possível fazer questionamentos às firmas sobre as inovações (grau de complexidade, grau de inovação, propriedades qualitativas da inovação, etc.) como os objetivos e obstáculos à inovação, as fontes de inovação usadas para introduzir a inovação.

4.3.2 Investimento Intangível

O investimento intangível pode ser definido como os custos de produtos intangíveis disponíveis em um período de observação e que permanecem em uso por mais de um ano. Em princípio inclui uma série de itens: P&D, treinamento, software, marketing, bem como exploração mineral, desenvolvimento das organizações, direitos de propriedade intelectual ou concessões, etc.

4.3.3 Pesquisas de Tecnologias de Manufaturas

A inovação e a aplicação de novas tecnologias tem se tornado o centro das estratégias das firmas. Estudos têm investigado os objetivos e barreiras à introdução de novas tecnologias, sua difusão entre as firmas, as políticas públicas para a adoção de tecnologias e o impacto de sua adoção pelas firmas.

4.3.4 Indicadores de uso de Tecnologias de Informação e Comunicação

A convergência da tecnologia da informação e comunicação possibilita a investigação das possibilidades de uso da tecnologia através de indicadores que refletem as mudanças no número e lucratividade dos empregados numa economia em contínuo ajuste, as oportunidades de trabalho em casa, a maior participação das mulheres no mercado de trabalho, as implicações do comércio eletrônico usando a Internet para conduzir os negócios e as implicações do banco eletrônico são exemplos de indicadores em uso.

4.3.5 Mensuração de Mudanças Organizacionais em Empresas

Os indicadores de mudanças organizacionais buscam captar a efetividade e o impacto da adoção de novas tecnologias na estrutura organizacional das empresas. As mudanças, que podem ou não estar diretamente associadas à introdução de novas tecnologias, levam em consideração a estratégia, a estrutura, a organização do espaço de trabalho, a administração de recursos humanos da firma, assim como seu relacionamento com outras firmas.

4.3.6 Previsão Tecnológica¹²

A previsão de tecnologia caracteriza-se pela identificação das tecnologias mais promissoras em termos de retornos sócio-econômicos cedo o bastante para facilitar seu desenvolvimento e utilização. A metodologia utilizada para a previsão tecnológica consiste em fazer os especialistas interagirem em diferentes técnicas: discussões em painel, *brainstorm*, cenários, estudos comissionados, redes de especialistas, etc.

4.4 Críticas aos indicadores em uso

Um grande número de indicadores de C&T e de inovação utilizados atualmente – como no Manual de Oslo – são resultado da experiência dos países desenvolvidos e, conseqüentemente, estão focalizados em um amplo espectro de atividades que não são necessariamente da mais alta prioridade para a grande maioria dos países subdesenvolvidos, os quais têm uma base de C&T fraca e incipiente.

Em geral, as características dos produtores de países subdesenvolvidos diferem notavelmente dos produtores de países desenvolvidos quanto à cultura de C&T e empresarial, nível dos recursos humanos, possibilidades econômicas e financeiras. Em face dessas dificuldades, surgem iniciativas como as do Manual de Bogotá, que tem a finalidade de adequar a investigação sobre a inovação tecnológica à realidade de países subdesenvolvidos, ou em desenvolvimento.

Os indicadores comparáveis internacionalmente são, sem dúvida, necessários, sobretudo em um mundo economicamente globalizado, particularmente quando se quer medir os níveis de competitividade internacional (OECD, 1992a). No entanto, devido a diferenças importantes no nível de desenvolvimento entre países e interior de países como Brasil e México, por exemplo, com grande diversidade e disparidades econômicas e sociais entre regiões e estratos da população, torna-se também necessário desenvolver indicadores que permitam medir essas diferenças (Smith, 2001) e, de modo especial, se e em que medida elas estão sendo vencidas. Além dos indicadores que demonstram o esforço global para o avanço da ciência, da tecnologia e da inovação no país, deve-se medir também como esse esforço se estabelece e se reflete de forma diferenciada nas regiões e estratos sociais.

¹² A Previsão tecnológica pode ser definida como uma tentativa sistemática de ver no longo prazo o futuro da ciência, tecnologia, economia e sociedade, com o objetivo de identificar as áreas de pesquisa estratégica e a criação de tecnologias genéricas que criarão maiores benefícios econômicos e sociais, cedo o bastante para facilitar seu desenvolvimento e utilização.

4.4.1 Indicadores de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Estatísticas de Patentes

Em relação aos indicadores de gastos em P&D e recursos humanos destinados a inovação tecnológica, Cohen e Levin fazem a seguinte crítica:

Mais comumente, o esforço inovativo é medido pelos gastos em P&D ou pelas pessoas envolvidas em P&D. Embora ambas as medidas são pretendidas representar o fluxo corrente de recursos alocados para geração de inovação, ambos são falhos. Usar o pessoal envolvido em P&D exclui fluxos de serviços dos equipamentos e materiais de laboratório, que podem ser combinados com trabalho em várias proporções, enquanto os gastos em P&D inclui compras de equipamentos de longo prazo que são gastos ao invés de serem capitalizados sobre regras de contas correntes. Além disso, essas variáveis estão sujeitas a considerável erro de apresentação, porque as definições usadas para classificação financeira dão às firmas considerável latitude na classificação. (*Cohen & Levin, 1990, p. 1064*)

Patel e Pavitt argumentam sobre as limitações da utilização desse indicador como proxy das atividades inovativas:

Em relação aos recursos aplicados em P&D, tem-se que este indicador subestima as atividades tecnológicas relacionadas com a produção, isto se verifica porque:

1. As atividades de P&D são mais freqüentemente classificadas em relação à performance da atividade principal da firma, enquanto a tecnologia da produção é desenvolvida pelas firmas em todos os setores;
2. As estatísticas em P&D capturam imperfeitamente o desenvolvimento de tecnologia nas pequenas firmas;
3. P&D subestimam o desenvolvimento (principalmente de software) do processo de informação;
4. Uma limitação mais séria é que os gastos em P&D são uma medida de insumo e não de produto. (*Stoneman, 1995*)

Se, como se verifica, os indicadores de fonte têm suas deficiências, os indicadores de resultado são mais limitados no sentido de responder satisfatoriamente como proxies das atividades inovativas. Nesse grupo, destaca-se o uso de patentes como indicador do resultado do esforço inovativo de indivíduos, empresas ou países.

Leonard (1971, p. 234) destaca que o uso de patentes como proxy do produto da atividade inovativa traz alguns problemas:

- a) Muitas invenções não são patenteadas;
- b) Patentes diferem muito quanto ao uso;
- c) Invenções representam somente um produto do laboratório industrial, sendo que a pesquisa básica e a atividade de desenvolvimento são conduzidas sem considerar patentes.

Adicione-se ainda o fato de que, parece consenso na literatura, as informações encontradas nas patentes dificilmente podem ser diferenciadas quanto ao conteúdo tecnológico nelas contido e são por demais agregadas, ou classificadas com regras próprias e específicas para permitir um maior uso desta fonte de informações, principalmente no que se refere a sua articulação com outras estatísticas nacionais.

Cohen e Levin (1990) apontam ainda que há significantes problemas no uso das patentes como medida de inovação, alguns afetam comparações dentro e entre indústrias. Mais notadamente, o valor econômico das patentes é altamente heterogêneo. A grande maioria das patentes não é explorada comercialmente, e poucas estão associadas a valores tecnológicos significativos.

Muitas firmas dependem mais fortemente de patentes para proteger suas atividades inovativas, outras sentem que as patentes fazem pouca diferença em seu esforço inovativo.

Leonard (1971) faz um interessante confronto comparativo entre o uso de P&D e patentes como medida do esforço inovativo das empresas. Segundo o autor, como medida de insumo do progresso técnico, os gastos em P&D têm um número de vantagens sobre as patentes. Primeiro, permitem a separação do esforço científico da firma em pesquisa básica, aplicada e de desenvolvimento. Segundo, os gastos com P&D evidenciam como a firma está alocando seus recursos entre estas atividades e as demais estratégias alternativas como investimento em capital, promoção de vendas ou publicidade. Diferentemente das patentes, gastos em P&D fornecem uma medida de insucesso tanto quanto de sucesso das atividades de pesquisa da firma, ou seja, as medidas de P&D oferecem uma indicação dos recursos orçamentários alocados na tentativa de produzir atividade inovativa, mas não a quantidade de inovações resultantes.

Matesco chama a atenção para o caso dos indicadores de desempenho tecnológico dos países em desenvolvimento que devem levar em conta, também, a absorção de conhecimento técnico-científico, introduzido nos produtos e processos industriais já em desenvolvimento externamente.

Nestas economias os processos de imitação (cópia) e de aperfeiçoamento (adaptação) são tão importantes quanto os de geração de inovações, que trazem em seu bojo toda a complexidade tecnológica e de altos custos. Sendo assim, os indicadores de formação de capital fixo, como por exemplo, máquinas e equipamentos adquiridos no exterior e investimentos estrangeiros diretos, constituem importantes sinalizadores de tecnologia incorporada transferida. (Matesco, 1998, p. 5)

Nesses países, as especificidades do progresso tecnológico, em termos de sua origem e natureza, exigem apreciações mais criteriosas quando se faz uso desses indicadores como proxies do desempenho desses países. Eles geralmente investem muito pouco em P&D e importam tecnologias de países mais avançados, têm carência de recursos humanos mais qualificados, principalmente ligados às atividades de pesquisa e desenvolvimento.

Com relação aos países em desenvolvimento, a Unesco (1980) tem realizado esforços no sentido de dar parâmetros para o levantamento de indicadores de ciência e tecnologia, mas com alguma ênfase em indicadores de geração de tecnologias um pouco mais amplos que aqueles considerados pelo Manual de Frascati. Estes seriam, por exemplo, a infra-estrutura e os recursos tecnológicos existentes (serviços científicos e tecnológicos, educação e treinamento científico). A tentativa de montagem de estatísticas internacionais sobre recursos humanos esbarra em dois tipos de problemas. O primeiro é que, pelas disparidades de estágio de desenvolvimento, muitos países não dão grande importância a aspectos de ciência e tecnologia. Em segundo lugar, a própria prática de coletar informações ainda não está consolidada em todos os países. (Sant'Ana et al., 1990, p. 10)

4.5 O Community Innovation Survey (CIS)

Uma das mais recentes e importantes iniciativas para o desenvolvimento de indicadores de inovação é o Community Innovation Survey (CIS), que se utiliza dos conceitos dos manuais desenvolvidos pela OECD (Manuais de Frascati, Oslo, etc.). Ele é um projeto significativo por três aspectos essenciais. O primeiro é a natureza dos dados: nunca houve um esforço em larga escala para coletar dados comparáveis internacionalmente sobre o esforço de inovação tecnológica que leva em consideração informações de recursos destinados a inovação, além de atividades de pesquisa e desenvolvimento.

Um outro aspecto é que o CIS agrega dados em nível de firma e torna-os disponíveis à análise com o intuito de permitir aos seus usuários uma visão do que acontece no nível das indústrias. O terceiro aspecto que o diferencia das demais iniciativas em mensurar inovação tecnológica é a escala e escopo do projeto, que coleta dados de aproximadamente 200 variáveis em cada empresa. O banco de dados do CIS contém dados de aproximadamente 40.000 empresas.

O CIS desenvolve indicadores em diversas áreas:

1. Despesas em atividades relacionadas à criação de novos produtos (pesquisa e desenvolvimento, design, aquisição de equipamentos, etc);
2. Vendas e lucros provenientes de novos produtos ou produtos melhorados;
3. Recursos de informações relevantes ao processo de inovação;
4. Performance em pesquisa e desenvolvimento e colaboração tecnológica;
5. Percepção dos obstáculos e de fatores colaboradores à inovação.

Alguns estudos usam indicadores derivados dos *Innovation Surveys* e verificam diferenças substanciais na performance inovativa entre os diversos países da OECD (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico). Guellec e Pattinson (2001) analisaram os resultados do *Second European Community Innovation Survey* (CIS 2) e constataram que o nível geral de inovação de indústrias manufatureiras europeias, caracterizado pelo percentual de firmas inovadoras do total pesquisado, é de 51%, variando de 73% para as empresas irlandesas a 26% para as empresas portuguesas.

Os principais indicadores são dados de atividades de pesquisa e desenvolvimento, recursos humanos, pesquisas de inovação tecnológica, balança de pagamentos tecnológica, análise do comércio internacional em produtos tecnológicos e bibliometria.

Alguns desses indicadores serão analisados mais detidamente no capítulo VI com dados do Eurostat, OECD e IBGE.

4.6 Iniciativas no Brasil

4.6.1 Pintec

No Brasil há algumas iniciativas de mensurar inovação tecnológica, dentre as quais a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) realizada pelo IBGE (2002) que, seguindo a metodologia do Manual de Oslo, fornece indicadores para os anos de 1998 a 2000 sobre os esforços da indústria brasileira em empreender inovação tecnológica em processo ou em produto.

O estudo explora as relações entre atividade inovativa, lucratividade e crescimento das firmas na indústria brasileira, permitindo analisar a lucratividade e o crescimento ao longo do tempo de firmas envolvidas em atividades inovativas no ano de 2000 ou em firmas que introduziram novos produtos no período de 1998-2000. Finalmente, é possível investigar se a lucratividades nos anos que precedem a pesquisa de atividades inovativas pode ter algum efeito na ocorrência ou no nível de inovação.

Do ponto de vista metodológico a Pintec optou por utilizar em grande medida o modelo harmonizado proposto pelo Eurostat, mais especificamente a terceira versão do Community Innovation Survey (CIS 3) do qual participaram 15 países membros da União Européia. Este procedimento, apesar de suscitar algumas críticas (já que o padrão de inovação de países como o Brasil difere significativamente daquele dos países mais avançados), permite, com alguma cautela, uma comparação. As informações referem-se a inovações tecnológicas de produto e processo (excluindo-se, portanto, as inovações organizacionais) e é adotada a abordagem de sujeito, isto é, as informações obtidas são relativas ao comportamento, às atividades empreendidas, aos impactos e aos fatores que influenciam a empresa no que se refere à sua estratégia relativa à inovação.

Os dados coletados pela Pintec podem ser divididos em algumas categorias: informações gerais, *inputs* e *outputs* de inovação, ao longo de mais informações qualitativas de objetivos de inovação, fontes de informação, transferência de tecnologia, e obstáculos à inovação.

A pesquisa mostra que 31,5% das indústrias implementaram produto e/ou processo tecnologicamente novo ou substancialmente aprimorado para a empresa ou para o mercado nacional durante o período de 1998 a 2000. As inovações podem ser classificadas como na tabela 4.1.

Tabela 4.1: Participação percentual do número de empresas que implementaram inovações – 1998/2000

Tipo de inovação	%
Produto	6,3
Processo	13,9
Produto e Processo	11,3
TOTAL	31,5

Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

A Pintec constatou que as taxas mais elevadas de inovação são verificadas em atividades caracterizadas pelo rápido avanço nos conhecimentos técnico-científicos. Uma análise mais detalhada dos resultados da pesquisa é realizada no capítulo V.

4.6.2 CNI: A Indústria e a questão tecnológica

Uma outra iniciativa é a pesquisa intitulada “*A Indústria e a Questão Tecnológica*”, realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI). Foram pesquisadas 531 empresas industriais, com o objetivo de conhecer melhor a percepção do setor industrial sobre suas estratégias de desenvolvimento tecnológico em relação aos demais do seu setor de atividade no período de 1995 a 2000.

Promovida em conjunto pela CNI e pela FINEP, a pesquisa permite identificar as formas de atuação, as metas, as parcerias, as dificuldades e os desafios que as empresas têm encontrado na busca pela inovação tecnológica.

Os resultados da pesquisa mostram o avanço tecnológico durante a década de 90, percebido pelas empresas em relação aos seus competidores, e a capacidade para inovar, destacada por metade dos informantes da pesquisa. Revela também que a inovação de produtos e processos e a expansão da capacidade produtiva têm sido as principais estratégias das empresas para o aumento da competitividade. A principal atividade de desenvolvimento tecnológico implementada pelas empresas tem sido a aquisição de máquinas e equipamentos com o objetivo principal de melhorar a qualidade dos produtos. (CNI, 2002)

4.6.3 ANPEI: Associação nacional de pesquisa e desenvolvimento das empresas Industriais

A Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Industriais (ANPEI) é também uma das principais fontes de informação no Brasil sobre o processo de inovação tecnológica no país. Ela congrega empresas e instituições dos mais variados setores

da economia que tem como convergência a busca da competitividade através da inovação tecnológica.

Além de realizar pesquisas periódicas sobre o assunto, mantém uma base de dados que contém informações de mais de 1100 empresas que informam anualmente seus dispêndios em inovação tecnológica, bem como os impactos de seus projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia Não Rotineira (P&D&E).

A Base de Dados sobre indicadores Empresariais de Inovação Tecnológica vem sendo operada desde 1992 pela ANPEI, contando com o apoio do MCT e financiamento do SEBRAE e da FINEP(ANPEI, 1995).

4.7 Conclusões

Para que se possa formular, acompanhar e avaliar estratégias de desenvolvimento econômico baseadas em inovações tecnológicas, bem como verificar sua efetividade e resultados, é preciso contar com um conjunto de indicadores que permita realizar comparações internacionais.

Neste capítulo foram apresentadas algumas propriedades essenciais aos indicadores em geral que são válidas também para os indicadores de inovação tecnológica. Os indicadores apresentados foram divididos em dois grupos essenciais, um grupo de indicadores cujas metodologias estão padronizadas e que vêm sendo aplicados ao longo dos anos e um outro grupo de indicadores cujas metodologias estão em fase de desenvolvimento e compatibilização, não sendo, portanto, definitivo os conceitos e metodologias utilizados atualmente. É preciso ressaltar que, mesmo os indicadores com metodologias padronizadas, vêm sofrendo críticas em seu uso e interpretação.

As iniciativas de mensuração de inovação tecnológica têm como um dos marcos principais o CIS – pesquisa desenvolvida pela Eurostat que analisa indicadores para os países da União Européia. No Brasil, são diversas as iniciativas, destacando-se a Pintec, desenvolvida pelo IBGE, que utiliza metodologia compatível com a dos demais órgãos internacionais de pesquisa de inovação, sendo possível, portanto, realizar comparações entre esses países.

5. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO BRASIL

A preocupação em estudar o processo de inovação tecnológica no Brasil não é recente, remonta ao último Censo Econômico realizado pelo IBGE em 1985, no qual foram inseridas questões sobre os gastos e pessoal alocados em atividades de pesquisa e desenvolvimento nas empresas, utilizando os conceitos desenvolvidos pelo Manual de Frascati.

Além do IBGE, a Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Industriais (ANPEI) vem realizando pesquisas sistemáticas sobre a situação do processo de pesquisa e desenvolvimento desde 1992, construindo uma base de dados de indicadores empresariais de inovação tecnológica. Esta base de dados é composta de mais de 1100 empresas que informam anualmente seus dispêndios em inovação tecnológica, bem como os impactos de seus projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia Não Rotineira (P&D&E).

Uma iniciativa mais recente de averiguar o processo de inovação tecnológica da indústria no Brasil foi desenvolvida pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) através de uma pesquisa intitulada “A Indústria e a Questão Tecnológica” que afere a percepção do empresário industrial sobre suas estratégias de desenvolvimento tecnológico em relação aos demais do seu setor de atividade no período de 1995 a 2000.

Os resultados da pesquisa mostram que a inovação de produtos e processos e a expansão da capacidade produtiva têm sido as principais estratégias das empresas para o aumento da competitividade. A principal atividade de desenvolvimento tecnológico implementada pelas empresas tem sido a aquisição de máquinas e equipamentos com o objetivo principal de melhorar a qualidade dos produtos.

A mais recente iniciativa de mensurar o processo de inovação tecnológica no Brasil é a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) que tem por objetivo gerar um conjunto de indicadores setoriais para as atividades de inovação tecnológica da indústria brasileira. A pesquisa realizada pelo IBGE com o apoio da FINEP, adota a metodologia recomendada pelo Manual de Oslo, e, mais especificamente, o modelo proposto pelo Eurostat, a terceira versão da *Community Innovation Survey* (CIS) 1998 - 2000, da qual participam os 15 países membros da União Européia.

Os resultados da PINTEC são relativos às empresas industriais com 10 ou mais empregados, cerca de 70 mil no país e fornecem indicadores para os anos de 1998 a 2000 sobre os esforços da indústria brasileira em empreender inovação tecnológica de processo ou de produto. Alguns conceitos básicos e os resultados da pesquisa serão analisados neste capítulo.

5.1 Pintec: Conceitos Básicos

A inovação tecnológica na indústria é analisada sob dois enfoques pela PINTEC: a inovação de produto (inovação nos bens e serviços produzidos pela indústria) e a inovação de processo (inovação na forma como esses bens e serviços são produzidos).

A implementação da inovação ocorre quando o produto é introduzido no mercado ou quando o processo passa a ser operado pela empresa. Caso o produto ou processo não tenha sido implementado até dezembro de 2000, estando ainda em fase de desenvolvimento, este é considerado projeto incompleto pela metodologia. Além dos projetos incompletos consideram-se abandonados aqueles projetos que no período de referência estavam em desenvolvimento e foram abandonados antes de dezembro de 2000.

A inovação de produto e de processo pode ocorrer simultaneamente ou de forma independente, ou seja: um produto tecnologicamente inovador pode ser lançado no mercado como consequência de um novo processo de produção ou sua produção pode seguir um processo convencional. O mesmo ocorre com os processos produtivos, tanto podem estar associados ao lançamento de novos produtos ou representar uma nova forma de produzir os bens convencionais.

A pesquisa verifica ainda se a inovação ocorre em nível de empresa - unidade de investigação dessa pesquisa - ou o mercado nacional. No primeiro caso as inovações, sejam elas de produto ou processo, já foram implementadas por outras empresas no Brasil e estão sendo adotadas pela empresa entrevistada. A inovação para o mercado tem um maior grau de ineditismo, ou seja, a empresa está promovendo uma inovação até então inexistente no território nacional.

Assim sendo, a classificação de uma empresa como inovadora ou não considera dois aspectos principais: o tipo de inovação – de produto ou de processo – e a abrangência dessa inovação – para a empresa ou para o mercado nacional. Estes distintos tipos e níveis de alcance da inovação tecnológica resultam em diferentes possibilidades de classificação de uma empresa que implementou inovação, ou seja, a empresa pode ser inovadora: em produto novo para a empresa, já existente no mercado nacional; em processo novo para a empresa, já existente no mercado nacional; em produto novo para o mercado; em processo novo para o mercado; em processo e produto novo para a empresa, mas já existentes no mercado; em processo e produto novo para o mercado nacional.

Pode também ocorrer o caso de uma empresa haver lançado e/ou implementado mais de um produto ou mais de um processo tecnologicamente inovador, isso ocorrendo a empresa é

classificada em ambos os referenciais de inovação caso um desses (processo/produto) seja novo para a empresa e outro novo para o mercado.

A inovação de produto também pode ser progressiva, através de um significativo aperfeiçoamento tecnológico de produto previamente existente, cujo desempenho foi substancialmente aumentado ou aprimorado. Um produto simples pode ser aperfeiçoado (no sentido de obter um melhor desempenho ou um menor custo) através da utilização de matérias-primas ou componentes de maior rendimento. Um produto complexo, com vários componentes ou subsistemas integrados, pode ser aperfeiçoado via mudanças parciais em um dos seus componentes ou subsistemas. É importante destacar que desta definição são excluídas: as mudanças puramente estéticas ou de estilo e a comercialização de produtos novos integralmente desenvolvidos e produzidos por outra empresa.

Estes novos métodos podem envolver mudanças nas máquinas e equipamentos e/ou na organização produtiva (desde que acompanhada de mudanças no processo técnico de transformação do produto). Desse conceito são excluídas as mudanças: pequenas ou rotineiras nos processos produtivos existentes, puramente administrativas ou organizacionais, ou criação de redes de distribuição e os desenvolvimentos necessários para comércio eletrônico de produtos.

5.2 Resultados: Brasil X Países Selecionados

Nesta seção serão analisados alguns indicadores de inovação tecnológica pesquisados pela Pintec em comparação com os resultados da OECD para alguns países membros.

A tabela 5.1 a seguir mostra a evolução do número de patentes depositadas nos EUA de alguns países em desenvolvimento em alguns anos selecionados da última década.

Tabela 5.1 – Patentes nos EUA – Países selecionados

	1992	1996	1998	1999	2000	2001
Formosa	1001	1897	3100	3693	4667	5371
Coréia do Sul	538	1493	3259	3562	3314	3538
México	39	39	57	76	76	81
Austrália	409	471	720	707	704	875
Espanha	133	157	248	222	270	269
Brasil	40	63	74	91	98	110

Fonte: NSF (2000)

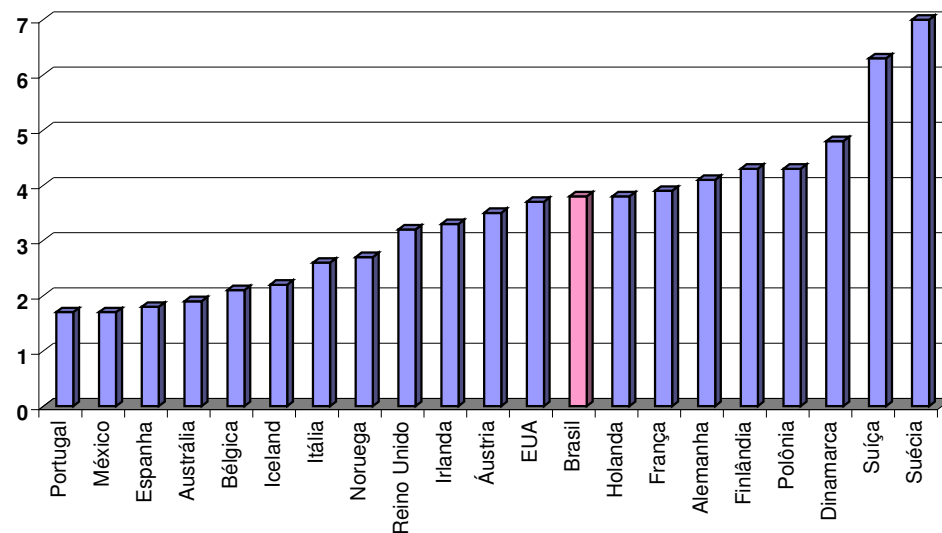
Os resultados do Brasil são pouco expressivos se comparados a países como Formosa e Coréia do Sul que apresentaram crescimento do número de patentes de 437% e 558%, respectivamente. O número de patentes depositadas nos EUA por empresas e/ou instituições

brasileiras cresceu apenas 175% no mesmo período, considerando-se ainda que o número de patentes brasileiras não chega a 5% desses países.

5.2.1 Participação dos gastos em inovação sobre vendas do setor manufatureiro

O padrão geral de baixa taxa de inovação da indústria brasileira, já apresentado no capítulo anterior, está associado a gastos relativamente elevados realizados pelas empresas em atividades consideradas inovativas. A relação de gastos em inovação por parte do setor privado em relação ao faturamento é de 3,7% para as empresas industriais brasileiras, equivalente à média da União Européia e superior à de 11 países inclusive Reino Unido (3,2%), Itália (2,6 %) e Austrália (1,9%).

Gráfico 5.1 – Participação dos gastos em inovação sobre vendas do setor manufatureiro

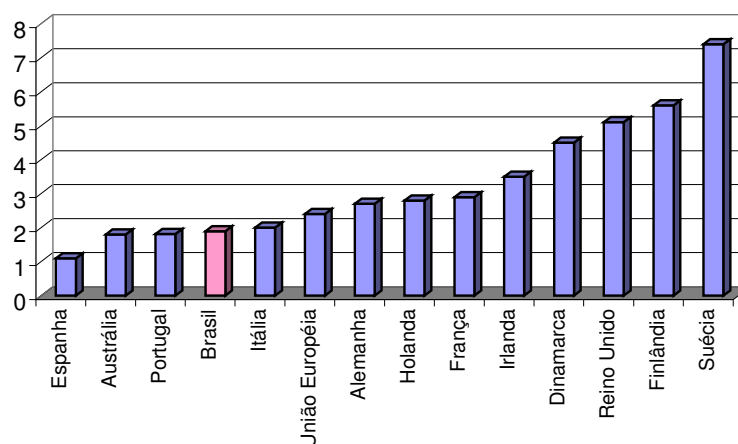


Fonte: Eurostat; OECD, STI/EAS Division, May 2001 e Pintec/IBGE 2002.

5.2.2 Participação dos gastos em inovação sobre o PIB

Situação semelhante aos dos gastos sobre as vendas ocorre quando o referencial é o PIB dos países. Os números do Brasil estão bem abaixo da média de países menos desenvolvidos de uma amostra da União Européia. Em 1999, as empresas brasileiras investiram em atividades inovativas, 1,91% do PIB, um índice superior ao de Portugal (1,82%), Austrália (1,65%) e Espanha (1,16%) e próximo à Itália (1,97%).

Gráfico 5.2 – Participação dos gastos em inovação sobre o PIB (%)

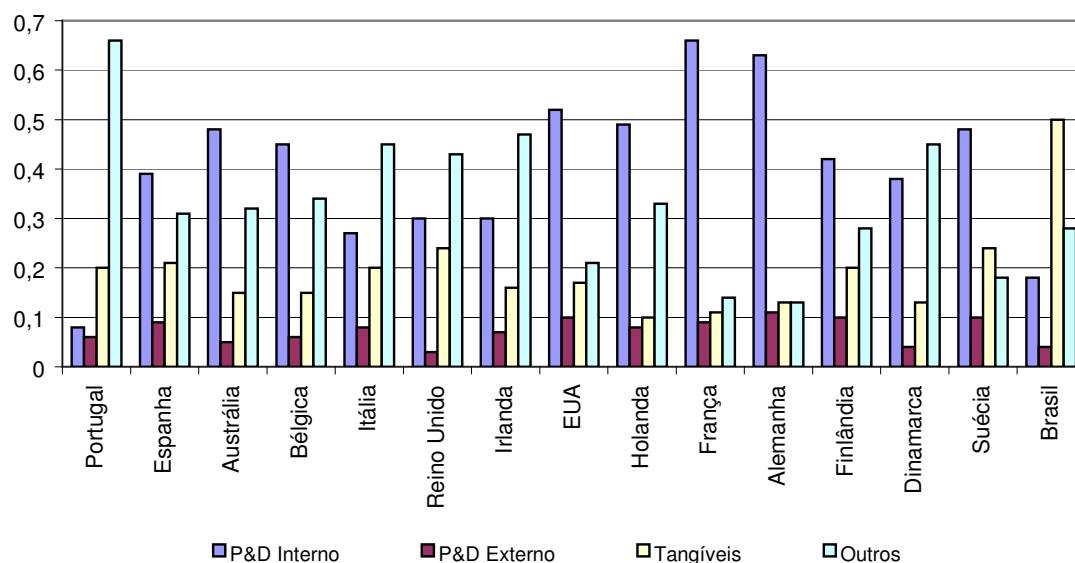


Fonte: Brasil - IBGE (2002). União Europeia - OECD (2002).

5.2.3 Estrutura dos gastos em inovação

Os gastos em inovação foram divididos em diferentes categorias, a saber: P&D interno, P&D externo, aquisição de máquinas e equipamentos e outros. O gráfico 5.3 a seguir mostra uma elevada participação dos gastos com aquisição de ativos tangíveis. Este fato está relacionado ao fato de que os investimentos em P&D das empresas brasileiras são majoritariamente direcionados à aquisição de máquinas e equipamentos, em consequência disso os gastos em atividades de P&D são baixos comparativamente aos outros países, com exceção de Portugal.

Gráfico 5.3 – Estrutura dos gastos em inovação



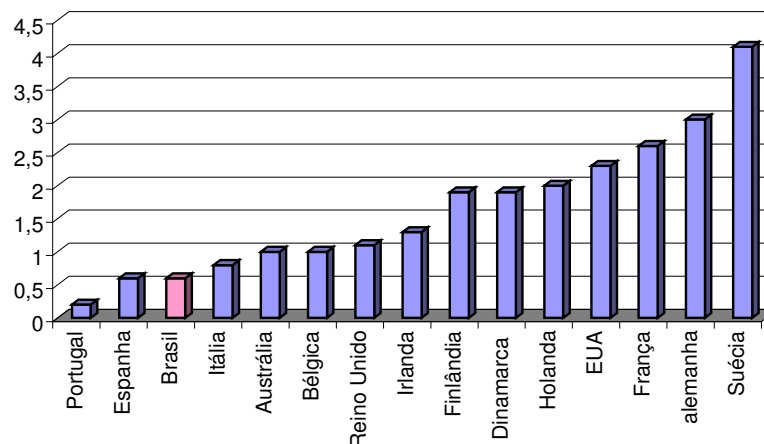
Fonte: Eurostat; OECD, STI/EAS Division, May 2001; Pintec/IBGE 2002.

Principalmente entre os países mais avançados a categoria, com maior participação no total dos gastos em inovação são as atividades internas de P&D. É o caso de países como Espanha, Austrália, Bélgica, EUA, Holanda, França, Alemanha, Finlândia e Suécia. Outros países intermediários como Portugal, Itália, Reino Unido, Irlanda e Dinamarca têm a categoria de “outros gastos” com maior participação no total de gastos em inovação, na qual estão inclusos os gastos em treinamento e qualificação de mão-de-obra e engenharia.

5.2.4 P&D interno e relações de cooperação

O índice brasileiro de participação dos gastos em atividades de P&D internas sobre as vendas (em média de 0,64%) é bastante inferior ao da maioria dos países da OECD, nos quais essa participação é sempre superior a 1,0%, com exceção da Itália (0,8%), Espanha (0,6%) e Portugal (0,2%). Nos países mais desenvolvidos, o índice chega a ultrapassar os 4%, é o caso da Suécia, cujos gastos chegam a 4,1%.

Gráfico 5.4 – P&D interno



Fonte: Eurostat; OECD, STI/EAS Division, May 2001 e Pintec/IBGE 2002.

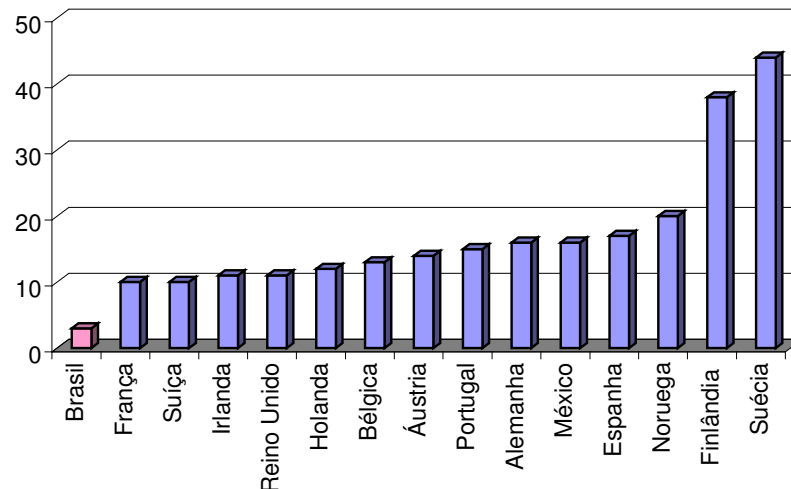
(*) Os dados de Brasil e Espanha referem-se ao ano de 2000.

A esse padrão de baixa intensidade de gastos internos em P&D se associa uma reduzida cooperação com universidades e institutos de pesquisa, como mostra o gráfico 5.5 no qual estão registradas as participações das firmas que cooperaram com institutos de pesquisa e universidade no total de firmas inovadoras no Brasil e na OECD. O Brasil é o país com menor cooperação: apenas 1,2% das empresas inovadoras tem algum vínculo com instituições de ensino e pesquisa.

Na maior parte dos países, a percentagem de firmas que cooperam com institutos de pesquisa e universidades encontra-se entre 9% e 13%. Os países escandinavos (Noruega, Finlândia e Suécia) são aqueles que apresentam um maior índice de cooperação entre firmas e universidades e institutos de pesquisa (19%, 38,2% e 44,5%, respectivamente). A forte

tradição de cooperação entre empresas e universidades e instituto de pesquisa voltada para a inovação, nos países nórdicos, associa-se a um clara padrão de especialização e a um forte envolvimento dos governos de tais países no processo de capacitação inovativa das empresas locais.

Gráfico 5.5 – Relações de cooperação



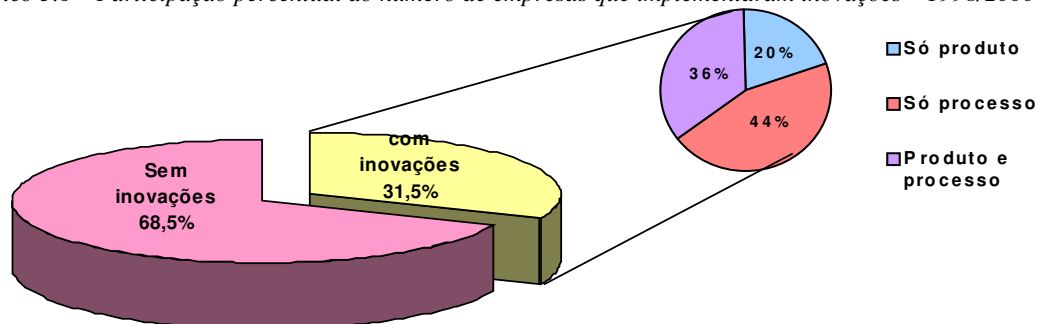
Fonte: Eurostat, May 1999; OECD, STI/EAS Division, May 2001; Pintec/IBGE, 2002.

Obs: Os dados do Brasil referem-se ao período 1998-2000.

5.3 Resultados: Brasil

Das 70 mil empresas industriais pesquisadas, 31,5% implementaram inovações, ou seja, 22,7 mil empresas implementaram produto e/ou processo tecnologicamente novo ou substancialmente aprimorado para a empresa ou para o mercado nacional, durante o período de referência da pesquisa. Os resultados a serem analisados nessa seção referem-se à parcela das empresas industriais contempladas pela pesquisa e que declararam haver realizado inovação tecnológica no período de 1998-2000.

Gráfico 5.6 – Participação percentual do número de empresas que implementaram inovações – 1998/2000



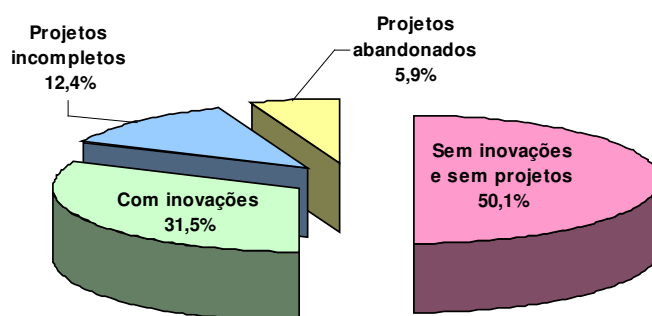
Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

Esta parcela dos 31,5% que implementaram inovações é assim dividida: 20% das empresas que implementaram inovações o fizeram em produtos, outros 44% implementaram inovações de processo e os 36% das empresas inovadoras restantes o fizeram tanto em produto como em processo (Gráfico 5.6).

5.3.1 Situação dos projetos de inovação

Além dos 31,5% de empresas que implementaram inovações no período de 1998-2000, foi verificado também que há empresas com projetos incompletos (12,4%) e abandonados (5,9%).

Gráfico 5.7 – Situação dos projetos de inovação implementados – 1998/2000

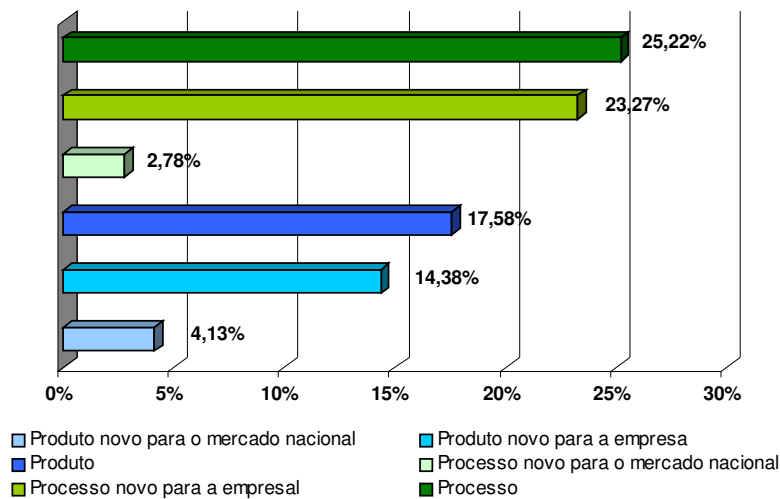


Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

5.3.2 Referencial de inovação

As taxas de implementação da inovação sofrem modificações consideráveis quando o referencial se expande além da própria empresa. Enquanto 17,6% das empresas implementaram produtos novos ou substancialmente aprimorados, apenas 4,1% das empresas afirmaram que este produto era novo para o mercado nacional. Na inovação de processo este fenômeno se verifica com maior intensidade, uma vez que 25,2% das empresas inovaram e somente 2,8% implementaram processos novos para o mercado nacional (Gráfico 5.8).

Gráfico 5.8 – Referencial de inovação, a empresa e o mercado nacional – 1998/2000



Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

5.3.3 Implementação de Inovações Tecnológicas

As atividades inovativas necessárias à implementação de inovações tecnológicas podem ser desenvolvidas dentro da própria empresa e/ou através da aquisição de bens, serviços e conhecimentos externos. A empresa que desenvolve internamente a sua inovação o faz através de atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), que pode ter caráter contínuo, quando executado durante todo o período de 1998 a 2000, ou ocasional, quando direcionada a um projeto específico com um prazo específico duração. Além disso, as atividades de P&D podem ser formais, quando dispõem de *status* formal dentro da estrutura organizacional da empresa, ou informais, quando os recursos humanos e materiais são alocados parcialmente para essas atividades, embora não haja uma estrutura montada para tal.

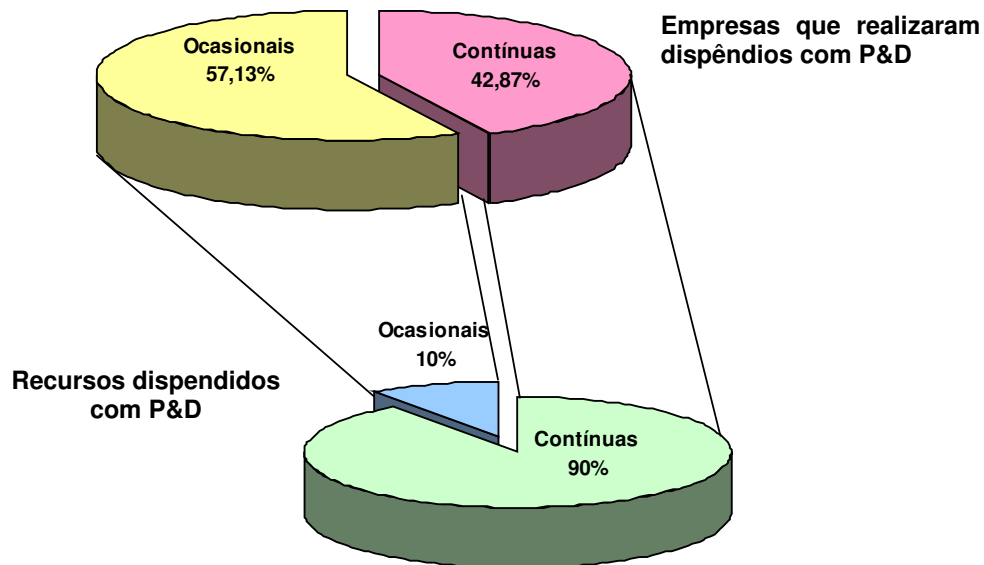
O Gráfico 5.9 a seguir relaciona a distribuição das empresas que realizaram atividades de pesquisa e desenvolvimento segundo a frequência dessas atividades, se ocasionais ou contínuas, com os gastos realizados por estas para aquelas empresas que declararam ter realizado inovações.

Pode-se verificar que as atividades ocasionais de P&D são maioria entre as empresas (57,13%). Entretanto, os dispêndios com esta atividade não têm o mesmo comportamento, os 42,87% das empresas que realizaram atividades de P&D continuamente, utilizaram 90% dos

recursos nesta atividade, enquanto as empresas que o fazem em caráter ocasional (57,13%) utilizaram apenas 10% do total de recursos despendidos nesta atividade.

Os resultados mostram que a maior parte das empresas que realizaram atividades de pesquisa e desenvolvimento não tem, de fato, uma estrutura que favoreça a inovação, esta ocorre em processos isolados, com duração e orçamentos fixos para atender alguma necessidade de curto prazo, além de utilizar mão-de-obra deslocada de outras atividades da empresa.

Gráfico 5.9 - Distribuição das empresas que realizaram P&D e os dispêndios realizados, com indicação da natureza desta atividade - 2000



Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

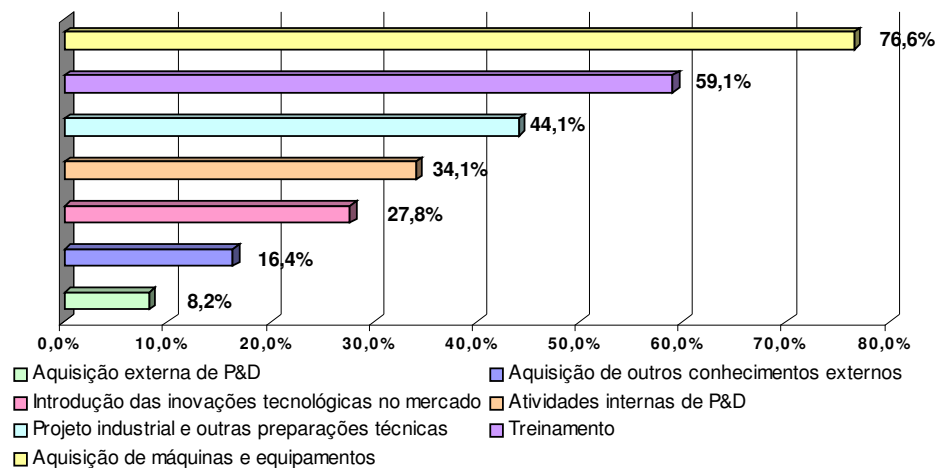
5.3.4 Atividades Inovativas

Além de P&D, as empresas empreendem uma série de atividades que a permitem a incorporação de novas tecnologias, tais como aquisição de tecnologia incorporada em máquinas e equipamentos tecnologicamente mais avançados que aqueles em uso, aquisição de conhecimentos externos (como *know how*, patentes, licenças), contratação de P&D externa (de empresas e laboratórios externos para realização de atividades de P&D fora da empresa), treinamento, realização de atividades ligadas à introdução no mercado (propaganda, pesquisas de mercado) e preparações industriais (tudo necessário para adequar a planta industrial ao novo processo produtivo ou à obtenção do registro final do novo produto).

As atividades inovativas e sua importância para as empresas foram analisadas de duas formas: as empresas foram questionadas inicialmente sobre quais atividades realizadas teriam sido mais significativas durante o processo de inovação, em seguida foi verificada a estrutura de gastos efetivamente realizados pelas empresas nestas atividades.

Os resultados são apresentados a seguir e se referem à percepção qualitativa da importância das atividades inovativas para o desempenho da empresa inovadora no período de 1998 a 2000:

Gráfico 5.10 - Importância das atividades inovativas realizadas - 1998/2000



Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

O número de empresas que atribuíram importância alta ou média para a atividade de aquisição de máquinas e equipamentos foi elevado 76,6%, indicando a grande importância no processo de inovação tecnológica da aquisição de tecnologia incorporada aos bens de capital.

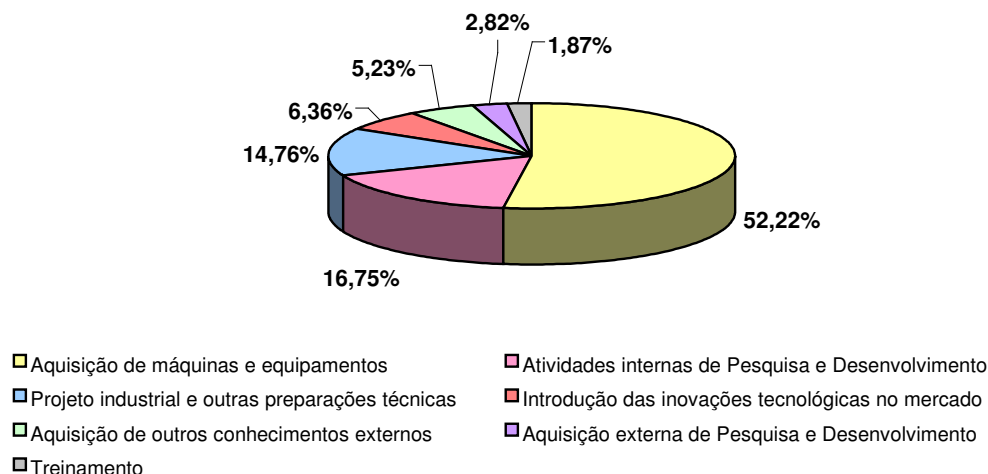
As atividades inovativas, além da aquisição de máquinas e equipamentos, que também se mostram importantes segundo as empresas e que acompanham a lógica do destaque ocupado pelos bens de capitais, foram o treinamento (59,1%) e projeto industrial e outras preparações técnicas (44,1%). São em geral atividades complementares ligadas à operação e manuseio dos novos equipamentos como instalação e orientação de uso aos operadores.

As atividades relacionadas à aquisição de conhecimento externo não incorporado em máquinas foram indicadas como de menor relevância para a inovação, a saber: aquisição de P&D (8,2%) e aquisição de outros conhecimentos externos (16,4%).

Além de questionar o grau de importância das atividades inovativas sobre o processo inovativo (P&D, aquisição de P&D e conhecimentos externos, aquisição de máquinas e

equipamentos, treinamento, introdução no mercado e preparações industriais), foram mensurados os esforços realizados nessas atividades, através do registro dos gastos realizados no ano de 2000. A seguir são apresentadas as participações percentuais de cada uma das atividades relacionadas na estrutura dos gastos efetivamente realizados em atividades inovativas no ano de 2000 (Gráfico 5.11):

Gráfico 5.11 – Estrutura dos dispêndios nas atividades inovativas - 2000



Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

Os recursos aplicados na aquisição de máquinas e equipamentos estão coerentes com a percepção de que esta seria a atividade mais importante para o processo inovativo, sendo gastos 52,22% nesta atividade. O treinamento, indicado como o segundo fator mais importante para a inovação, representa apenas 1,87% dos gastos realizados, sendo o menor percentual entre os pesquisados. Em parte essa distorção pode ser explicada pela diferença do custo unitário destas atividades, além da dificuldade dos gastos nessa atividade, haja vista que boa parcela os custos de treinamento já estão incorporados ao preço da máquina (com o fornecedor da máquina promovendo o treinamento necessário ao comprador), ou ainda com a possibilidade do treinamento *on the job*, sem a parada total da produção ou separação entre fases de treinamento e produção.

As atividades internas de P&D, que se revelaram importantes para 34,1% das empresas, representam 16,7% dos gastos. É a confirmação dos resultados apresentados anteriormente, embora menos empresas realizem atividades de P&D de forma sistemática, a grande parcela de gastos é proveniente destas empresas.

O projeto industrial e outras preparações técnicas corresponde a 14,76% dos gastos para a inovação. Esta atividade está associada a algum projeto específico, que resulte em alterações no processo produtivo ou no registro final de novos produtos, atividades que não são

realizadas continuamente pelas empresas. A importância financeira desses recursos está ligada à diferença na natureza destas atividades dentro da dinâmica inovativa da empresa.

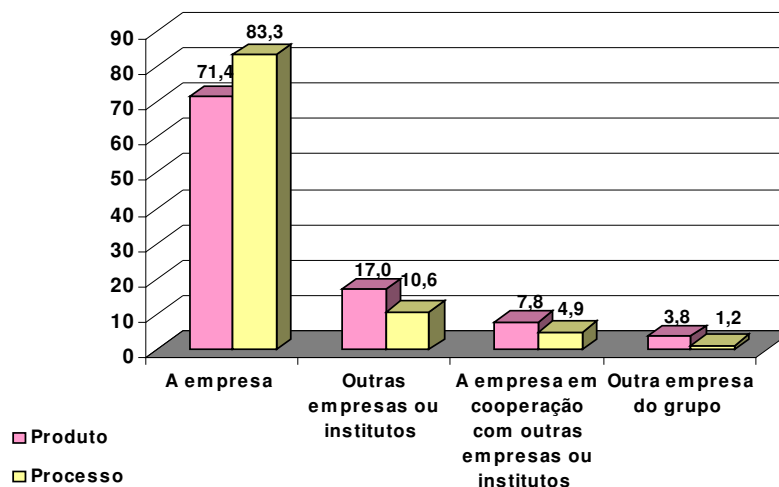
Somados, os três fatores principais com os quais se realiza mais gastos representam cerca de 84% dos investimentos em inovação tecnológica.

5.3.5 Responsável pelo Desenvolvimento da Inovação Tecnológica

No caso do principal responsável pelo desenvolvimento da inovação não ser a própria empresa, foi verificado que uma outra empresa não associada à que está inovando, uma outra empresa do grupo ou ainda relações de cooperação, nas quais ocorre integração entre diversos agentes envolvidos no desenvolvimento da inovação, foram os outros agentes que possibilitaram o processo de inovação.

Os resultados obtidos revelam uma diferença significativa quanto a esta questão entre os inovadores de produto e de processo. Em relação à inovação de produto, a própria empresa é a principal responsável, em 71,4% dos casos no total da indústria. Essa proporção é de 83,3% no caso de inovação de processo, sendo outras empresas ou institutos os principais responsáveis por 10,6% da inovação de processo e 17% da inovação de produto (Gráfico 5.12).

Gráfico 5.12 - Principal responsável pelo desenvolvimento da inovação implementada - 2000



Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

5.3.6 Fontes de Informação para Empresas que Implementaram Inovação Tecnológica

No processo de inovação tecnológica as empresas podem desenvolver atividades que produzam novos conhecimentos (P&D) ou utilizar conhecimentos científicos e tecnológicos

incorporados nas patentes, máquinas e equipamentos, *papers*, *softwares*, etc. Nesse processo as empresas utilizam informações de uma variedade de fontes e sua habilidade para inovar é influenciada por sua capacidade de absorver e combinar tais informações.

Um aspecto fundamental com relação ao processo de inovação é a origem das idéias e informações e sua difusão, tanto dentro da empresa como na indústria como um todo. A importância da análise das fontes de informação e das relações de cooperação para inovação baseia-se na idéia de que o fortalecimento das interações entre os diferentes agentes do Sistema Nacional de Inovação (SNI)¹³ tem um papel fundamental no desenvolvimento tecnológico à medida que facilita o fluxo de informações, promove o aprendizado e a difusão de novas tecnologias.

Um maior fluxo de informação externo à empresa, bem como um número mais elevado de relações de cooperação entre distintos elementos, revela um maior ou menor desenvolvimento de um Sistema Nacional de Inovação.

Usualmente, na origem de um projeto de inovação existe uma idéia que pode ser proveniente da própria empresa ou de uma fonte externa. Ao longo do seu desenvolvimento e implementação, outras idéias se somam à idéia original e, a partir de então, são necessárias informações técnicas para sua realização. As fontes de informação que a empresa pode utilizar são variadas e a escolha destas fontes irá depender da estratégia de inovação escolhida e da capacidade das empresas de absorver e combinar tais informações.

Se por um lado as empresas que estão implementando inovações de produtos e processos originais tendem a fazer uso mais intenso de informações geradas pelas instituições de produção de conhecimento tecnológico (universidades e institutos de pesquisa, centros de capacitação profissional e assistência técnica, instituições de testes, ensaios e certificações). De outro lado, empresas envolvidas no processo de incorporação e de adaptação de tecnologias tendem a fazer uso dos conhecimentos obtidos através de empresas com as quais se relacionam comercialmente (fornecedores de máquinas, equipamentos, materiais, componentes ou *softwares*, clientes ou consumidores, concorrentes), para implementar novidades tecnológicas.

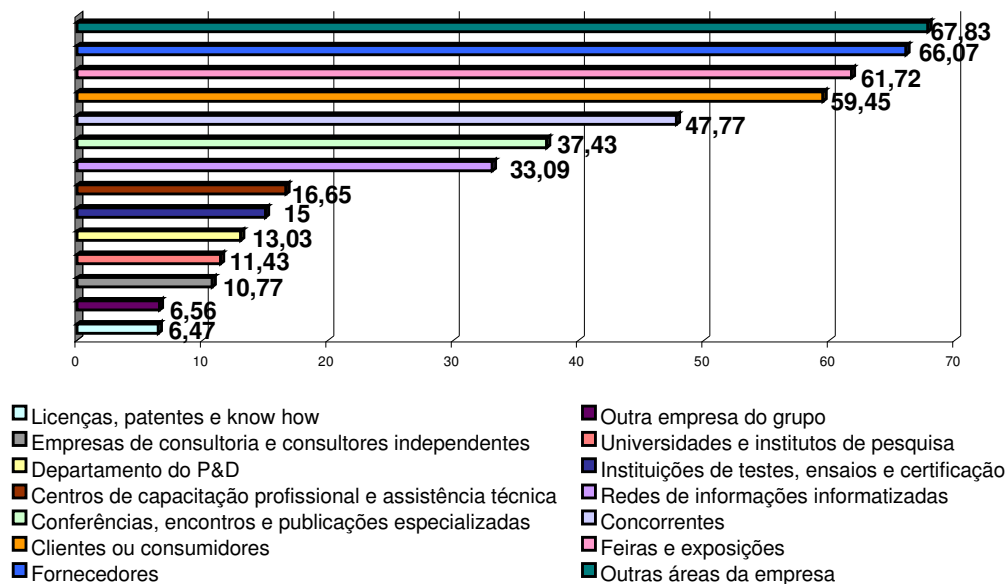
A seguir são apresentadas as principais fontes de informação para inovação e a proporção das empresas inovadoras no período de 1998-2000 que indicaram uma importância alta ou média para cada categoria de fonte de informação (Gráfico 5.13).

¹³ O conceito de SNI amplia o escopo da inovação para além da empresa, incorporando elementos cruciais para a inovação, tais como políticas governamentais, comportamento do sistema universitário e de entidades técnico-científicas em geral. O SNI é formado pelas relações entre empresas, Estado e instituições de pesquisa, interligados por canais de troca de conhecimento e/ou articulados em redes.

As áreas internas à empresa apresentaram o maior número de indicações (67,8%), seguidas de fontes ligadas às atividades de mercado das empresas que apresentam elevadas frequências - fornecedores (66,1%), clientes e consumidores (59,5%) e concorrentes (47,8%) - sugerindo que as empresas valorizam, além da sua própria experiência, os conhecimentos obtidos a partir das suas relações comerciais.

Entre as fontes de informação de caráter profissional, as feiras e exposições se destacam (61,7%), embora as conferências, encontros e publicações especializadas e as redes de informações informatizadas também apresentem elevadas frequências (37,4% e 33,1%, respectivamente).

Gráfico 5.13 - Fontes de informação para inovação - 1998/2000



Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

O fato da área de P&D apresentar uma baixa frequência (13,0%) é indicativo do caráter informal destas atividades na maioria das empresas. As fontes especializadas e institucionais são as menos citadas como tendo importância no processo de absorção de informações. Este dado está em conformidade com as estratégias de inovação e a importância relativa das atividades inovativas desenvolvidas pelas empresas.

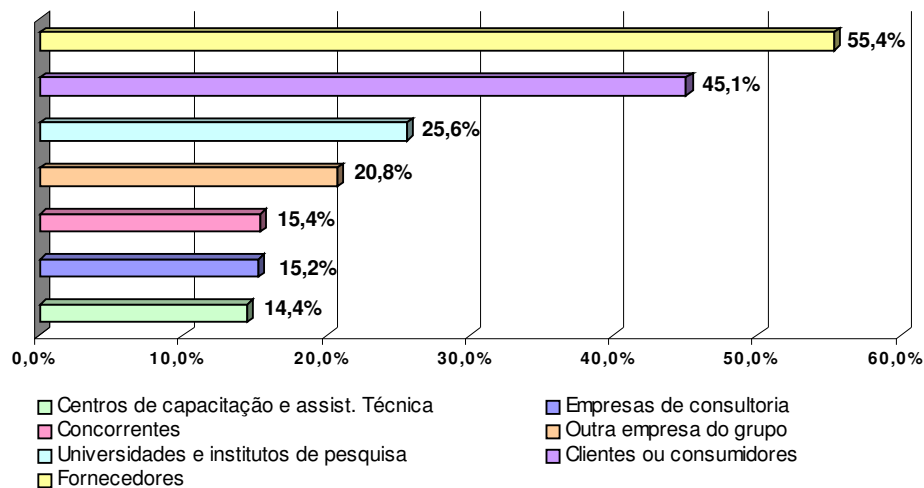
Entre as atividades inovativas, a aquisição de P&D desenvolvido externamente e a aquisição de conhecimentos externos são atividades realizadas por uma parcela reduzida de empresas, sendo, portanto esperado que o número de empresas que se utilizam da aquisição de licenças, patentes e know-how e das universidades e institutos de pesquisa como fonte de informação, também seja menor.

5.3.7 Cooperação

A cooperação entre os diversos agentes envolvidos no processo de inovação é um elemento de importância significativa dentro do SNI. A cooperação para inovação foi definida como a participação ativa em projetos conjuntos de P&D e outros projetos de inovação com outra organização (empresa ou instituição), o que não implica, necessariamente, que as partes envolvidas obtenham benefícios comerciais imediatos.

Na Pintec constatou-se que cerca de 11,0% das empresas que implementaram inovações tinham arranjos de cooperação para inovação com outras organizações. A seguir é apresentada a proporção das empresas que estabeleceram relações de cooperação e que atribuíram alta e média importância ao tipo de parceiro. As empresas atribuem, a exemplo do que ocorre com as fontes de informação, maior importância aos parceiros de suas relações de mercado, fornecedores (55,4%) e clientes ou consumidores (45,1%). Em seguida, com quase metade da frequência das fontes anteriores, encontram-se as universidades e institutos de pesquisa (25,6%).

Gráfico 5.14 - Importância dos parceiros das relações de cooperação - 1998/2000



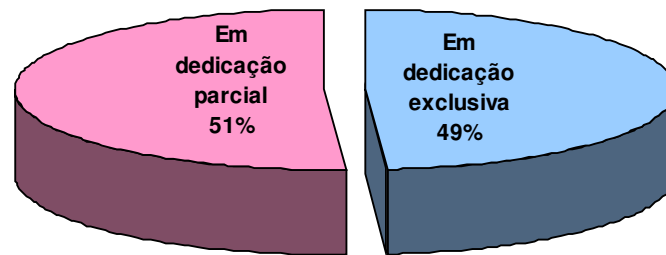
Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

5.3.8 Recursos Humanos Envolvidos em Atividades de P&D

Com relação aos recursos humanos envolvidos, cerca de 31,4 mil pessoas se ocupam integralmente nas atividades de P&D e 32,9 mil se dedicam parcialmente a esta atividade. São apresentadas duas medidas do número de pessoas dedicadas à P&D em proporção do pessoal ocupado total da empresa em dezembro de 2000: o número de pessoas ocupadas em

dedicação exclusiva nesta atividade e o número de pessoas em equivalência à dedicação plena (obtido a partir da soma do número de pessoas em dedicação exclusiva e do número de pessoas em dedicação parcial, ponderado pelo percentual médio de dedicação).

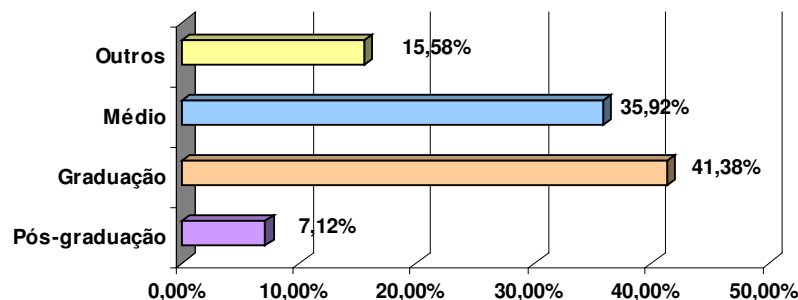
Gráfico 5.15 – Participação das pessoas ocupadas, exclusiva e parcialmente, nas atividades de P&D no total de pessoas ocupadas em 31/12/2000



Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

Das 41,6 mil pessoas ocupadas em P&D, em equivalência à dedicação plena, cerca de 41% são de nível superior e 36% de nível médio, sendo consideradas apenas as pessoas ocupadas em empresas que declararam ter realizado inovações tecnológicas no período de referência da pesquisa.

Gráfico 5.16 – Pessoas ocupadas em P&D por nível de qualificação - 2000



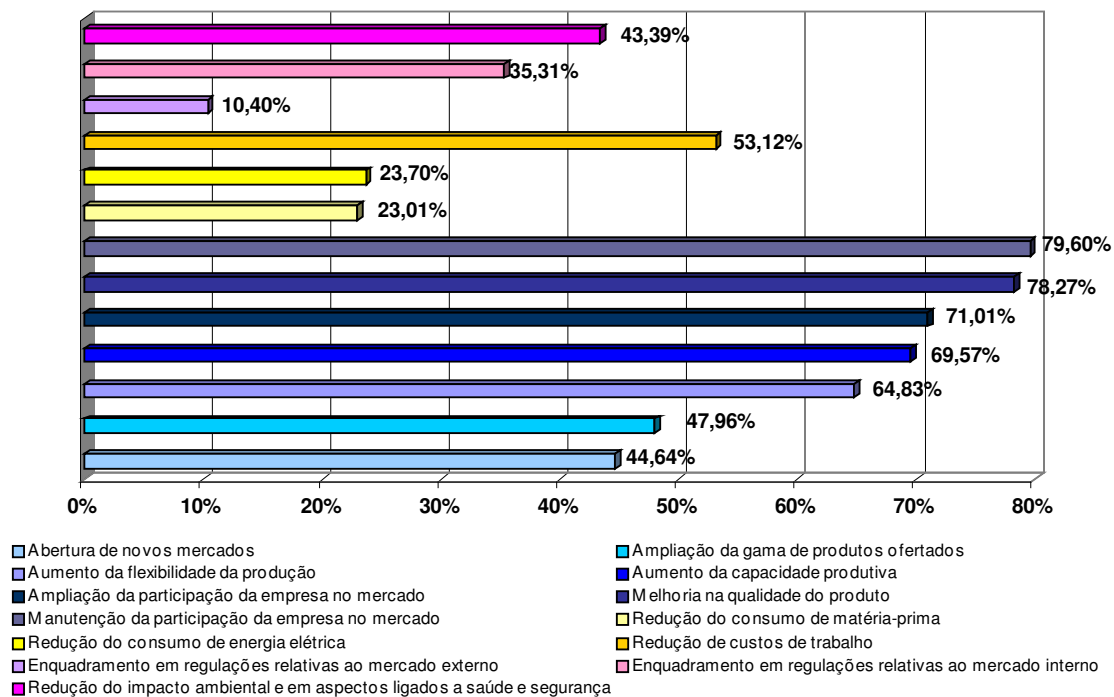
Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

5.3.9 Impactos da Inovação Tecnológica

Os ganhos de competitividade e, conseqüentemente, de lucro que a implementação de produtos e processos tecnologicamente novos ou substancialmente aprimorados pode gerar são motivações centrais para a inovação. A seguir são apresentados os principais impactos da inovação divididos em três grupos: os impactos relacionados à posição da empresa no mercado, os impactos que se referem mais diretamente ao processo produtivo e aqueles que consideram os custos de produção. Dentre os impactos da inovação selecionados, os que se mostraram mais significativos foram os primeiros, que fazem menção à posição da empresa no mercado.

Os resultados estão relacionados no Gráfico 5.17, divididos por grupos. No grupo de impactos relacionados à posição da empresa no mercado destacam-se a manutenção (79,6%) e a ampliação (71%) do mercado da empresa e a melhoria da qualidade dos produtos, com 77,8% das empresas acusando serem esses resultados significativos da inovação implementada.

Gráfico 5.17 - Impactos da inovação- 1998/2000



Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

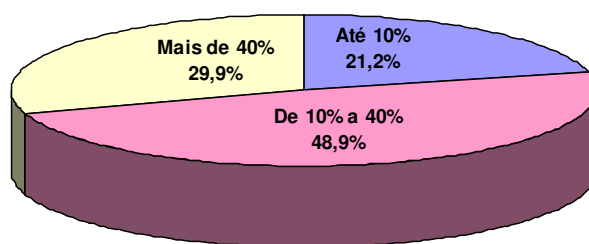
Em relação ao processo produtivo, o principal impacto citado por 43,39% das empresas foi a redução do impacto ambiental e em aspectos de saúde e segurança. O aspecto de custos foi significativo principalmente pela redução dos custos de trabalho (53,12%), sendo seguido pela redução de consumo de energia elétrica e de matéria-prima, com percentuais similares (23,7% e 23,0%, respectivamente).

5.3.10 Participação dos Produtos Tecnologicamente Novos ou Substancialmente Aprimorados no Total de Vendas Internas

A participação dos produtos novos ou substancialmente aprimorados no total do faturamento das empresas representa uma medida da importância econômica da inovação (Gráfico 5.18). À medida que as inovações de produto são bem sucedidas, sendo aceitas no mercado, é de se esperar que o produto novo ganhe participação na receita de vendas das empresas.

Para cerca de 21,2% das empresas inovadoras, as inovações de produto significam 10% ou menos da receita de vendas. Para a parcela mais significativa de empresas (48,9%) o produto novo representa entre 10% e 40% da receita e para 29,9% das empresas o peso do produto novo é superior a 40%.

Gráfico 5.18 - Participação dos produtos tecnologicamente novos ou substancialmente aprimorados, no faturamento - 1998/2000



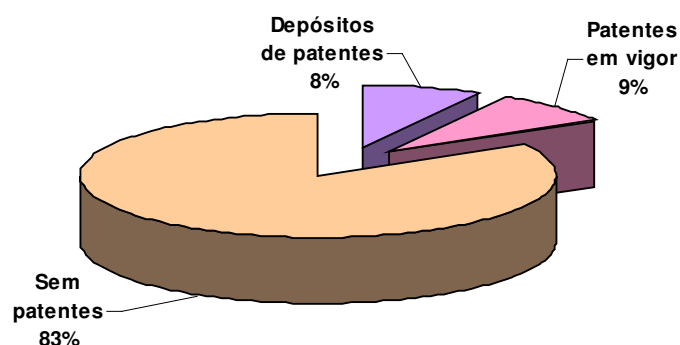
Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

5.3.11 Patentes

A patente é um dos métodos formais muito utilizados pelas empresas para garantir a apropriação dos resultados da inovação. As empresas foram questionadas sobre o depósito de patentes e as patentes em vigor no período de referência da pesquisa. Os resultados são discutidos a seguir.

Observou-se que 8,05% das empresas que desenvolveram inovação tecnológica realizaram depósitos de patentes no período de 1998-2000 e outros 8,50% delas tinham patentes em vigor neste período. O pequeno número de empresas com patentes é indicativo do caráter ocasional e informal das inovações no país. Não podem ser desprezados, no entanto, os custos associados à implantação das patentes como fator que imponha maiores dificuldades e possam ter reduzido esse número.

Gráfico 5.19 – Percentual de empresas com depósitos de patentes e patentes em vigor – 1998/2000



Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

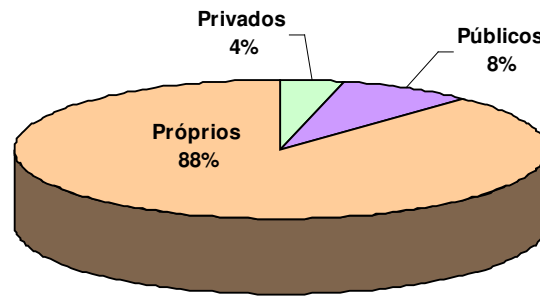
5.3.12 Fontes de Financiamento: Apoio do Governo

As empresas foram questionadas quanto ao financiamento das atividades inovativas e ao suporte do Governo para estas atividades. O apoio do Governo engloba desde financiamentos, incentivos fiscais, subvenções e participação em programas públicos voltados ao desenvolvimento tecnológico e científico, entre outras.

As origens dos recursos para atividades inovativas foram divididas em dois grupos, os recursos para atividades de pesquisa e desenvolvimento e para as demais atividades de cunho inovativo. Os resultados são mostrados a seguir:

Os recursos próprios são maioria entre as fontes de financiamento. Há, entretanto, uma diferença significativa quando o destino dos recursos é a atividade de pesquisa e desenvolvimento ou quando os recursos são destinados a outro tipo de atividade inovativa. Enquanto na pesquisa e desenvolvimento 88% dos recursos são próprios (apenas 4% de fontes privadas e 8% do Governo), nas outras atividades o percentual de recursos próprios é de 65%, havendo ainda uma inversão, com os recursos privados (19%) atingindo um percentual mais alto do que os públicos (16%).

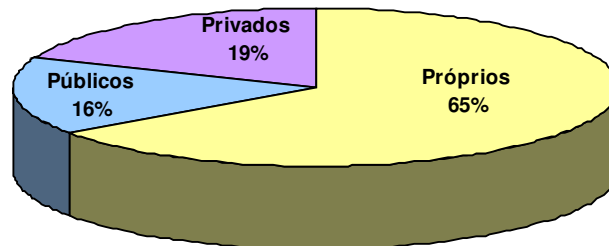
Gráfico 5.20 – Fonte dos recursos para atividades de Pesquisa e Desenvolvimento - 2000



Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de o investimento em atividades de pesquisa e desenvolvimento ser considerado de alto risco entre os investidores fora da empresa. O retorno do investimento não é garantido e com estas atividades não há, necessariamente, ativos (máquinas e equipamentos, imóveis, etc.) que possam ser garantias, reduzindo em muito a possibilidade de obter financiamentos.

Gráfico 5.21 – Fonte dos recursos para atividades inovativas - 2000



Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

5.3.13 Fatores que Dificultam ou Impedem a Inovação

Na pesquisa foram identificados os principais problemas e obstáculos à inovação. Esses fatores podem tanto ter inviabilizado inovações como tê-las tornado mais lentas. Esses problemas referem-se basicamente às condições estritamente técnicas como, inadequação da mão-de-obra, falta de informação tecnológica e de mercado, escassez de serviços técnicos

etc., ou a restrições de ordem econômica como custo da inovação, dificuldades de financiamento, risco econômico etc.

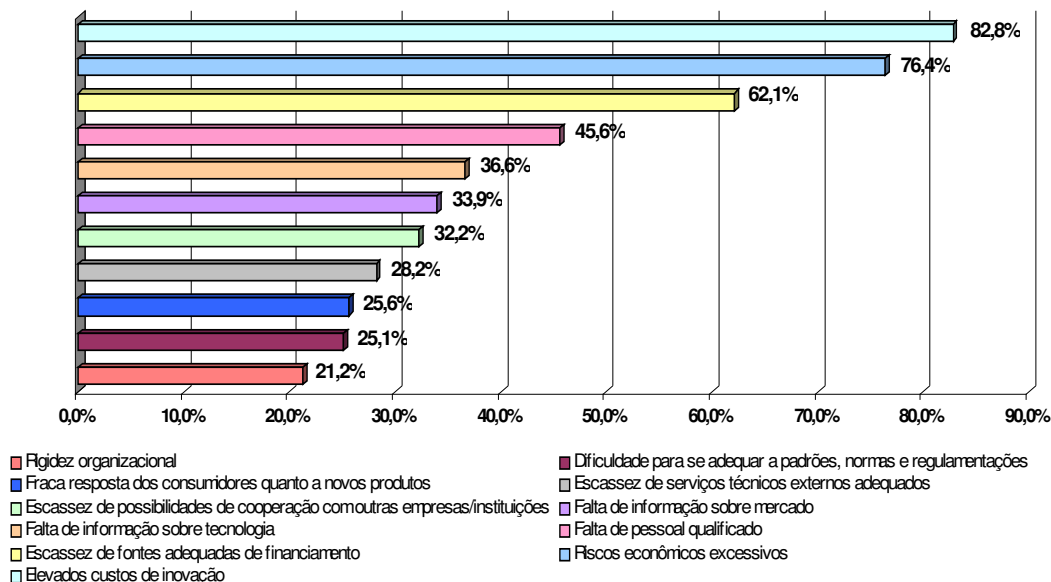
A análise dos motivos pelos quais as empresas não inovam e dos obstáculos que elas encontram no desenvolvimento das suas atividades inovativas pode oferecer informações valiosas para a formulação de políticas que visem a promover a inovação.

Das empresas que implementaram inovações cerca de 54,7% afirmaram ter encontrado problemas que tornaram mais lenta a implementação de determinados projetos ou que os tenham inviabilizado. Os mais indicados são de natureza financeira, ou seja, os custos, os riscos e a escassez de fontes adequadas de financiamento.

Além desses, problemas de natureza interna ligados à falta de pessoal qualificado, de informação sobre tecnologia e sobre mercados formam um segundo grupo na ordenação.

Em seguida, em um terceiro bloco por ordem de relevância, são apontados problemas associados às possibilidades de cooperação com outras empresas/instituições e à escassez de serviços técnicos externos adequados, que representam dificuldades na relação com o Sistema Nacional de Inovação. A dificuldade para se adequar a padrões, normas e regulamentações e a rigidez organizacional ocupam as últimas posições.

Gráfico 5.22 - Problemas e obstáculos apontados pelas empresas que implementaram inovações- 1998/2000



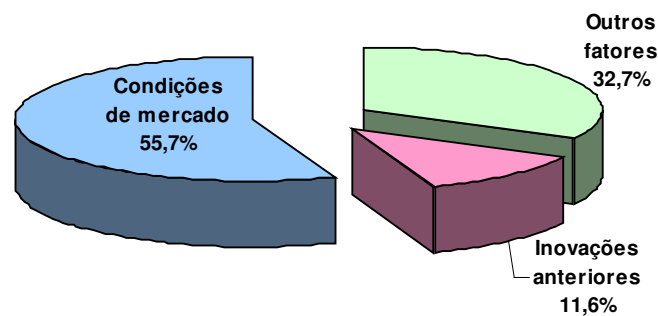
Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

5.3.14 Problemas e Obstáculos

Entre as empresas que não inovaram são identificadas aquelas que não o fizeram por outras razões que não dificuldades técnico-econômicas específicas, como por terem inovado em período imediatamente anterior ao de referência da pesquisa, ou ainda quando as condições de mercado não exigiram ou não foram favoráveis para que a empresa se engajasse em tal atividade.

Das empresas que não implementaram inovações e que não desenvolveram projetos, a maioria (55,7%) apontou as condições de mercado como fator impeditivo, ou seja, as condições de demanda vigentes no período de 1998 a 2000 não favoreciam esta atividade ou as condições competitivas do mercado não estimularam a empresa a inovar (Gráfico 5.22). Apenas 11,6% das empresas não o fizeram por terem implementado inovações no período anterior ao de referência da pesquisa. As restantes, cerca de 32,7%, apontaram outros problemas para não desenvolver e implementar inovações. Para estas empresas o padrão é semelhante àquele apontado pelas empresas inovadoras, ou seja, os principais obstáculos se referem aos custos (84,5%), aos riscos (73,3%) e à escassez de fontes apropriadas de financiamento das atividades inovativas (57,2%).

Gráfico 5.22 - Razões apontadas para não inovar - 1998/2000



Fonte: Elaboração própria, baseado em IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Indústria, Pesquisa Industrial - Inovação Tecnológica 2000.

5.4 Conclusões

Os dados analisados permitem concluir que o Brasil em geral, e as empresas industriais em particular, caracterizam-se por níveis extremamente baixos de gastos em P&D. Não sendo surpreendente, portanto, que os resultados dos esforços inovativos no Brasil não se mostrem significativos quando comparados a outros países.

Uma importante diferença do setor industrial brasileiro em comparação aos países mais avançados e em relação a outros que perseguiram, com sucesso, a industrialização nos últimos 20 anos, é que as empresas industriais brasileiras, com poucas exceções, não desenvolveram

capacitação inovativa própria. Em geral, o esforço tecnológico acumulado ao longo do processo de substituição de importações limitou-se àquele necessário à produção propriamente dita. A insuficiente capacitação das empresas nacionais para desenvolver novos processos e produtos, aliada à ausência de um padrão nítido de especialização da estrutura industrial brasileira e sua deficiente integração com o mercado internacional, constituem-se em elementos potencialmente inibidores do processo de industrialização brasileiro (IEDI, 2003).

Pode-se concluir que a utilização de tecnologia estrangeira durante o processo de substituição de importações não foi, excetuando-se alguns casos, acompanhada por esforço tecnológico interno além da adaptação de tais tecnologias às condições locais e de pequenas melhorias tecnológicas.

Aliado a isso se constata que há um número insuficiente de firmas com atividades formais de P&D e, mesmo entre essas empresas, os gastos em P&D tendem a se concentrar em pagamento de pessoal. Como consequência, os esforços em P&D, com algumas exceções, limitam-se a melhorias incrementais de processo e produto, não alcançando inovações mais radicais.

Um outro fator que dificulta a inovação no país é o fato de as ligações técnicas externas à firma serem muito tênues; isto é verdadeiro tanto para relações entre empresas quanto no que se refere a relações entre empresas e universidades e instituições de pesquisa. A possibilidade do estabelecimento de relações técnicas entre empresas é dificultada pela excessiva heterogeneidade tecnológica da indústria.

6. DETERMINANTES DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

6.1 Determinantes da Probabilidade de Inovar

A decisão de investir em inovações depende de condicionantes macroeconômicos, institucionais e microeconômicos. Os condicionantes macroeconômicos - internos e externos ao país – são relevantes para quaisquer ações de investimentos. Um ambiente favorável, com estabilidade, é condição necessária para alcançar um retorno positivo de capital investido; esse ambiente, associado ao apoio institucional – por exemplo, financiamento e capacidades físicas nacionais (laboratórios de pesquisa, universidades, etc.), constitui o suporte necessário para empresas que decidem inovar. Além disso, os fatores microeconômicos, relacionados ao mercado interno e constituição das firmas têm papel fundamental nessa decisão.

Na prática, no atual estágio de desenvolvimento dos indicadores de ciência e tecnologia, não há um modelo explícito capaz de determinar relações causais entre ciência, tecnologia, economia e sociedade em uma síntese simples. Como regra, as referências são feitas de forma implícita ou em esquemas teóricos parciais como os modelos que relacionam atividades inovativas e economia.

As limitações e imperfeições desses modelos não podem, no entanto, ser considerados obstáculos intransponíveis para a criação e aplicação de uma série de indicadores. Ao contrário, eles podem ser considerados uma parte natural do processo de desenvolvimento de conhecimento, processo que tem trazido resultados significativos e que promete justificar as expectativas de pesquisadores, comunidade científica e tomadores de decisão nos anos vindouros.

De fato, os dados estatísticos relacionados a vários aspectos de atividades inventivas e inovativas têm sido reunidos continuamente nos últimos trinta anos. Isso comprova o interesse da comunidade científica e dos tomadores de decisão que demonstram que há teorias, ao menos implícitas, que guiam o operador na escolha e análise de certos dados, rejeição de outros e apreciação da necessidade de adquirir dados adicionais (Sirilli, 1998).

Uma vez apresentados os modelos que podem ser utilizados com as variáveis disponíveis, e considerando a estrutura dos dados e a definição da variável explicada, o modelo a ser utilizado neste trabalho é o probit, que relaciona a decisão de inovar a uma série de fatores, discriminando entre países de empresas inovadoras e não inovadoras. Neste caso é necessário analisar cada observação sob a ótica dos modelos de probabilidade, onde

$$\begin{aligned}\Pr(\text{país.inovador}) &= \Pr(\text{inovação} = 1) \\ &= F(\text{parâmetros.relevantes})\end{aligned}$$

Com este modelo é possível comparar a performance de inovação dos países, ao mesmo tempo em que permite identificar alguns determinantes da probabilidade de inovar das empresas e da intensidade de inovação (Mohnen e Therrien, 2001). A comparação da performance de inovação entre os diferentes países baseia-se basicamente na proporção de empresas que se declararam inovadoras do total de empresas pesquisadas.

6.1.1 O Modelo

A variável utilizada para definir o grau de inovação dos países foi o percentual de firmas que declararam ter exercido atividades inovadoras em relação ao total de firmas consultadas. Para os países selecionados foram selecionadas algumas variáveis com as quais foi estimada uma função de inovação pelo método de máxima verossimilhança, a qual deu origem ao modelo *probit* utilizado neste trabalho. O modelo é apresentado na tabela a seguir:

Tabela 6.1 – Modelo *probit* estimado

Variável Dependente	Variáveis Independentes	Coefficiente	Sinal Esperado
INNO	%PIBP&D	β_1	+
	%PESQPERCAPITA	β_2	+
	CRESCPIB	β_3	+
	CREDPRIV	β_4	+
	PIBCOMBENS	β_5	+
	CRESCCOM/CRESCPIB	β_6	+
	R&DINDUST	β_7	+
	CRESCVEGET	β_8	+
	PIBPERCAPITA	β_9	+

O modelo *probit* foi estimado em função de algumas variáveis explicativas descritas a seguir:

- **Percentual do PIB investido em atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (%PIBP&D)** – variável que relaciona o total de recursos investidos em atividades de pesquisa e desenvolvimento e o PIB. É utilizada como *proxy* para o grau de importância que se observa por parte do Governo e iniciativa privada a atividades de cunho inovativo;
- **Número de Pesquisadores Per Capita (PESQPERCAPITA)** – variável que relaciona o total de pesquisadores dedicados em tempo integral a atividades de pesquisa e desenvolvimento em relação ao total da população dos países analisados. Esta variável foi obtida a partir dos dados do total de pesquisadores e da população;
- **Taxa de crescimento do PIB a preços ao consumidor (CRESCPIB)** – o PIB é a soma dos valores adicionados por todos os residentes no país mais os impostos, deduzidos os subsídios não inclusos no valor dos produtos. O valor adicionado é o *output* líquido de uma economia após adicionar todos os *outputs* e subtrair os *inputs* intermediários¹⁴. Os números do PIB são utilizados para indicar o tamanho da economia e sua taxa de crescimento pode, em última análise, refletir o crescimento da economia como um todo. Com a inclusão dessa variável busca-se verificar se há relações de causalidade significativas entre a taxa de crescimento da economia e a decisão de inovar dos países. Intuitivamente espera-se que uma economia que apresente taxas de crescimento elevadas sejam mais inovadoras;
- **Percentual do crédito doméstico para o setor privado (CREDPRIV)** – esta variável refere-se aos recursos financeiros do setor privado, através de empréstimos, compra de seguros, crédito de negócios e outros créditos contábeis recebíveis que estabelecem um direito de recebimento. Para que haja inovação, é necessário que haja financiamento, quer seja público ou privado. É conhecido, também, o papel do setor privado no financiamento aos investimentos tanto de inovação quanto de ampliação da capacidade produtiva. Por isso, espera-se que esta variável tenha uma influência positiva sobre a possibilidade de inovar dos

¹⁴ O PIB é calculado sem as deduções por depreciação de ativos fabricados ou por degradação de recursos naturais. O valor adicionado industrial é determinado pelo International Standard Industrial Classification (ISIC).

países, sendo tanto maior quanto for a participação do setor privado nos investimentos;

- **Percentual do PIB originado pelo comércio internacional de bens (PIBCOMBENS)** – variável utilizada como *proxy* para a integração do país com a economia global. Refere-se à soma dos negócios de exportação e importação dividida pelo valor do PIB, depois de deduzidos o valor adicionado em serviços (medidos em dólares americanos). Faz parte de uma economia desenvolvida e em expansão a abertura ao comércio internacional, supondo-se que quanto mais aberta às relações comerciais, mais exposto estará o país à concorrência internacional e mais necessário se faz a esse país ser inovador para manter e conquistar novos mercados;
- **Relação entre o crescimento dos negócios reais e o crescimento do PIB real (CRESCCOM/CRESCPIB)** – é a diferença entre o crescimento anual de negócios de bens e serviços internacionais e o crescimento anual do PIB. As taxas de crescimento são calculadas utilizando séries de preços constantes retiradas dos sistemas de contas nacionais e expressos em percentual. Entre os objetivos principais de inovar está a necessidade dos países/economias de aumentar sua lucratividade, seu *market share* e, conseqüentemente, conseguir exportar mais e obter maior crescimento econômico. Se essa relação é maior que 1, isso pode indicar que o país está tendo sucesso em sua política de crescimento e, possivelmente, estaria investindo em inovação, se a relação for menor que 1, é provável que não haja inovação neste país;
- **Percentual dos gastos de P&D financiados pelo setor industrial (R&DINDUST)** – a variável que corresponde à fração do financiamento para atividades de P&D devida ao setor industrial, sendo excluídos os financiamentos de Governos e de institutos de pesquisa e ensino superior. Em última análise representa o quanto o setor privado industrial representa no total do esforço inovador do país. A conjuntura econômica nos últimos anos tem demonstrado que cada vez mais o setor privado vem se tornando o principal financiador da pesquisa e desenvolvimento no setor industrial, sendo pequenos os investimentos governamentais nessa área e destinados quase sempre a empresas industriais estatais;

- **Crescimento Vegetativo (CRESCVEGET)** – esta variável refere-se à taxa de nascimentos deduzida a taxa de mortalidade, o que implica na taxa anual de crescimento populacional, descontados os movimentos migratórios no ano 2000. Essa variável está inserida no modelo em função das observações de Solow (1956, 1957) e Romer (1989a, 1989b), que mostraram que o tamanho da população é variável relevante para o processo inovativo (vide capítulo III);
- **PIB per capita (PIBPERCAPITA)** – variável que corresponde à contribuição de cada indivíduo para o Produto Interno Bruto, é calculado pela soma dos valores adicionados pelos residentes no país dividido pelo total da população. Espera-se que uma economia de maior PIB per capita, maior grau de desenvolvimento, portanto, tenha maiores chances de inovar, pois os seus indivíduos estão expostos a maiores estímulos e, portanto, deve ser maior a resposta inovativa.

6.1.2 Dados

Os países selecionados que compuseram a amostra foram os países que compõem a Comunidade Econômica Européia (Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Holanda, Irlanda, Itália, Noruega, Portugal, Reino Unido e Suécia), além de Brasil, Canadá e Estados Unidos.

A maior parte dos dados utilizados neste modelo tiveram como fonte o FMI. Foram utilizadas as seguintes informações desta instituição: taxa de crescimento do PIB, percentual do crédito doméstico para o setor privado, percentual do PIB originado pelo comércio internacional de bens e a relação entre o crescimento dos negócios reais e o crescimento do PIB real, esta última variável reflete os dados médios do período 1990-2000.

As variáveis percentual do PIB investido em atividades de P&D e PIB per capita tiveram como fonte a Unesco e referem-se ao ano 2000.

Os dados da OECD para o ano 2000 serviram de fonte para as variáveis número de pesquisadores per capita e percentual de gastos de P&D financiados pelo setor industrial.

A taxa de crescimento vegetativo, também calculada para o ano 2000, foi retirada do Population Reference Bureau.

6.1.3 Resultados

A análise dos resultados encontrados pelo modelo deve ser feita com algum cuidado, haja vista que os valores coeficientes estimados encontrados não representam o efeito marginal na variável dependente. A análise ocorre de forma diferenciada daquela realizada nos modelos de variáveis convencionais (Vide Anexo).

Nas tabelas a seguir são mostrados os resultados de alguns modelos que apresentaram maior adequação à realidade, para que possa ser determinado aquele que será utilizado.

Com estas variáveis explicativas e seguindo os critérios de maior ajustamento, o modelo que representa mais significativamente a probabilidade de um país ser inovador é o modelo 3, conforme apresentado na tabela 6.2. O McFadden – R^2 não apresenta diferença significativa entre os modelos demonstrados, assim sendo, cabe aos demais critérios já mencionados (Akaike, Schwarz e Hannan-Quinn) a responsabilidade pela escolha do modelo. Assim sendo, a regressão da probabilidade de inovar para os países selecionados é a seguinte:

$$INNO = \alpha + \beta_1 \%PIBP \& D + \beta_2 \%PESQPERCAPITA + \beta_3 CRESCPIB + \beta_4 \%CREDPRIV + \beta_5 \%PIBCOMBENS + \beta_6 CRESCCOM | CRESCPIB$$

Dentre as variáveis que apresentaram efeito positivo na decisão de inovar destacam-se o percentual do PIB investido em atividades de P&D, a taxa de crescimento do PIB a preços ao consumidor, o percentual do crédito doméstico para o setor privado e percentual do PIB devido ao comércio internacional de bens. As variáveis que se destacaram por efeito negativo foram o número de pesquisadores per capita e o percentual dos gastos de P&D financiados pelo setor industrial. Uma breve análise de cada uma das variáveis será realizada a seguir:

A variável taxa de crescimento do PIB mostrou-se significativa, colaborando positivamente para o processo de inovação dos países. Como preconizado por Schumpeter e Romer e provado empiricamente por Solow, o processo de acumulação de capital é primordial para a inovação, seja através da poupança do próprio investidor, seja através do investimento de capitalistas. A variável que relaciona melhor esse processo de acumulação de capital é o Produto Interno Bruto. Por estarmos tratando com países de variadas dimensões econômicas e por termos o PIB medido em cada país em sua moeda, optamos por utilizar as taxas de crescimento do PIB como forma de verificar o grau de crescimento de cada economia nacional.

Tabela 6.2 – Estimativas dos modelos probit

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	Estimativa	Teste z	Estimativa	Teste z	Estimativa	Teste z
Intercepto	-6,730462	-0,423532	7,093191	-1,155827	-8,667959	-1,400897
%PIBP&D	2,347506	0,746913	1,815800	1,151574	1,713053	1,617023
%PESQPERCAPITA	-1,064044	-0,718336	7,149004	-1,304845	-8,638173	-1,529220
CRESCPIB	3,207021	0,948885	2,517814	1,183670	2,853180	1,297548
%CREDPRIV	0,000000	0,285000	0,020887	0,492441	0,015992	0,899808
%PIBCOMBENS	0,008252	0,703587	0,023456	1,243919	0,028756	1,308458
CRESCCOM/CRESCPIB	-1,515155	-1,618700	9,432089	-1,595822	-1,489011	-1,752250
%R&DINDUST	0,046981	0,054834	0,336412	0,382131	-	-
CRESCVEGET	-0,018129	-0,180426	0,075040	-0,338017	-	-
PIBPERCAPITA	-0,000094	-0,102422	-	-	-	-
Critério de Akaike	2,027578	-	1,903233	-	1,666050	-
Critério de Schwarz	2,510446	-	2,337815	-	2,004058	-
Critério de Hannan-Quinn	2,052305	-	1,925488	-	1,683359	-
McFadden – R ²	0,432685	-	0,432207	-	0,422856	-

Tabela 6.3 – Estimativa do modelo probit selecionado

VARIÁVEIS INDEPENDENTES	SINAL ESPERADO	ESTIMATIVA PROBIT
%PIBP&D	+	1,713053
%PESQPERCAPITA	+	-8,638173
CRESCPIB	+	2,853180
%CREDPRIV	+	0,015992
%PIBCOMBENS	+	0,028756
CRESCCOM/CRESCPIB	+	-1,489011

O número de pesquisadores per capita mostrou ter efeito negativo sobre o processo de inovação. Embora inicialmente possa parecer surpreendente este resultado, uma análise mais detalhada dos conceitos associados a esta variável pode explicar seu comportamento. Inicialmente é necessário apontar a diferença existente entre as atividades de pesquisa e desenvolvimento e a implementação de produtos ou processos novos no setor industrial. A primeira observação a ser feita é que uma parcela significativa destes pesquisadores está exercendo suas atividades em centros de pesquisa não direcionados ao setor produtivo industrial, como universidades e centros de pesquisa sociais, os quais não necessariamente tenham influência sobre o setor produtivo industrial. Uma outra consideração a ser feita é que o número de pesquisadores dos países está sendo analisado em função da população total do país, o que não necessariamente reflete as condições de realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento do país e a intensidade do esforço de ciência e tecnologia do país. Um país de maior população tem proporcionalmente uma perda em relação aos países menos populosos.

Por razões similares às da adoção de taxas de crescimento do PIB, optamos por utilizar o percentual do PIB investido em atividades de pesquisa e desenvolvimento como uma proxy para o esforço tecnológico de cada país, de modo que poderíamos considerá-la um fator que colaborasse com a implementação de atividades inovativas. O comportamento esperado foi confirmado pelos dados, demonstrando que o capital investido nesse tipo de atividade refletisse diretamente na capacidade de inovar dos países.

A variável que relaciona o quantum de recursos financeiros que está em circulação na economia em função do setor privado mostrou-se significativa, apresentando influência positiva na probabilidade de inovar dos países. Com isso pode-se constatar que, muito mais que o Governo, o setor privado é responsável pela capacidade inovativa dos países. Foi também testada a variável que relaciona os recursos financeiros do Governo com o total de recursos da economia, esta variável não se mostrou significativa no nível mínimo de 95% de confiança.

Uma outra variável que apresentou influência positiva sobre a probabilidade de inovar dos países foi a PIBCOMBENS, que relaciona o total de recursos movimentados pela economia em função do comércio internacional e o PIB do país. Em última análise, representa o grau de integração da economia ao comércio internacional, o nível de concorrência que o país enfrenta ao tentar vender seus produtos no mercado global e suas despesas com importação de bens. Os resultados mostram que a integração ao comércio internacional tem relação direta e positiva sobre a decisão de inovar dos países.

A última variável analisada no modelo adotado também se relaciona ao comércio internacional dos países, com a diferença de que desta vez em nível interno da economia. Com ela busca-se verificar se a relação entre a taxa de crescimento do comércio de bens e a taxa de crescimento do PIB é significativa a ponto de influenciar a decisão de investir em inovação dos países, tornando-os inovadores. A influência verificada pelo CRESCCOM/CRESCPIB é negativa, fazendo-se supor que, embora concorra positivamente para a decisão de inovar dos países, o comércio internacional de bens em relação à taxa de crescimento do PIB dos países não seja uma variável que favoreça a inovação nos países.

6.2 O Caso do Brasil

Conforme pode ser verificado na seção anterior, diversos fatores interagem no processo de decisão das firmas de investir em atividades inovativas. No âmbito dos fatores externos, as instituições exercem um papel relevante no ambiente econômico social em que as firmas e demais agentes econômicos se inter-relacionam.

Para compreender o atual estado da inovação tecnológica no Brasil, passaremos a fazer um breve relato acerca da conjuntura político-econômica do país na última década, a qual atuou decisivamente para que apenas um terço das indústrias brasileiras tenha realizado algum tipo de inovação entre os anos 1998-2000.

Ao longo dos anos 1990, o Brasil passou por profundas transformações estruturais que abriram caminho para um novo tipo de inserção internacional do país. A abertura econômica e a privatização, associadas à estabilidade resultaram em forte incentivo aos investimentos tanto nacionais quanto estrangeiros, fazendo a reestruturação industrial avançar – é certo que em alguns setores mais rapidamente que em outros. Como resultado, a produtividade cresceu, ainda que partindo de um patamar bastante baixo.

O papel do Estado na economia mudou de forma drástica, passando de um Estado-empresário, que procurava impulsionar o desenvolvimento econômico definindo diretamente onde os fatores de produção deveriam ser alocados, para um Estado regulador e fiscal da economia. A prioridade não era mais a simples acumulação de capital, mas a busca da eficiência, com o mercado substituindo o Estado na definição da alocação de recursos. Dessa maneira, o novo modelo de desenvolvimento caracteriza-se por uma economia mais aberta, com maior integração com o resto do mundo, não apenas no que tange aos fluxos comerciais, como também ao investimento direto estrangeiro.

6.2.1 A Herança dos anos 80: A Década Perdida

A década de 80 foi marcada pela estagnação do nível de atividade econômica, por profundos desequilíbrios macroeconômicos e, em especial, pela hiperinflação. No período 1980-1993, a taxa de crescimento média da economia brasileira foi muito baixa, de apenas 2,1%a.a., fazendo com que o país registrasse uma estagnação do PIB per capita entre 1980 e 1993. O crescimento do produto foi também irregular, alternando anos de grande expansão com outros de significativo declínio. O setor industrial, alavanca do crescimento econômico desde o governo de Juscelino Kubitschek, foi particularmente atingido e sua participação no PIB diminuiu de 33,7% em 1980 para 29,1% em 1993 (Pinheiro, 1996).

Alie-se a isso, a expressiva redução das taxas de investimento no país¹⁵, particularmente na segunda metade da década de 80, está traçado o cenário econômico da indústria brasileira na década de 80. A queda nos investimentos refletiu tanto a menor poupança agregada, particularmente as menores poupanças pública e externa, como também o aumento do preço relativo dos bens de investimento, resultado da própria instabilidade econômica e das políticas públicas adotadas para combatê-la.

O atraso tecnológico a que o setor industrial foi submetido no Brasil, reflexo do sistema de substituição de importações, é tão ou mais importante que a própria estagnação do setor, haja vista as expressivas transformações (tecnológicas e organizacionais) pelas quais passou o setor em nível internacional.

A década perdida foi caracterizada também pelo esgotamento do processo de industrialização por substituição das importações, no qual o Estado era a força motriz para a implantação de um diversificado parque industrial nacional, por vezes assumindo diretamente a posição de investidor direto, como nos casos de siderurgia e da infra-estrutura.

O regime de substituição de importações gerou grandes distorções que podem ser condensadas em cinco pontos principais:

1. A proteção favoreceu particularmente setores que demandavam recursos escassos no país, como capital e tecnologia, gerando uma utilização inadequada dos recursos abundantes, como trabalho e recursos naturais;
2. A proteção elevada incentivou a entrada de grande número de produtores nos setores intensivos em capital e tecnologia, em sua maioria empresas multinacionais, inviabilizando a obtenção de escalas competitivas;

¹⁵ Em 1980, a taxa de investimento, a preços constantes desse mesmo ano, era de 23,6% do PIB. Em 1990, o indicador tinha caído para 15,5% do PIB e continuou a diminuir até atingir 14% do PIB em 1992.

3. O recurso freqüente a índices de nacionalização elevados, incompatíveis com o grau de desenvolvimento tecnológico e com o tamanho do mercado brasileiro, promoveu a ineficiência e o desperdício de recursos ao longo da cadeia produtiva;
4. A elevada proteção ao mercado interno criou forte viés contra as exportações, bloqueando os ganhos de escala e eficiência a elas associados, uma vez que permitiu que os preços domésticos fossem muito superiores aos do mercado internacional;
5. A proteção contra as importações e o desestímulo às exportações isolaram da concorrência internacional o produtor local, minando os incentivos para a redução de custos e a introdução de novos produtos.

Ao final da década de 80, a importância e a gravidade dessas distorções se manifestavam por meio de sinais como produtos defasados, baixa produtividade e baixo crescimento da produtividade, escalas pouco competitivas e queda no desempenho das exportações de manufaturados.

6.2.2 Os anos 90

A década de 90 marcou a transição da indústria brasileira para um novo regime de comércio, deixando para trás pelo menos quatro décadas de forte proteção contra as importações.

No começo da década de 90 o parque industrial brasileiro se encontrava tecnologicamente atrasado em relação aos padrões internacionais. Isso ocorreu em decorrência da instabilidade econômica da década de 80. Os investimentos como percentual do PIB, que em meados da década de 70 alcançaram a expressiva cifra de 25%, caíram para 16,1% em 1984. Isso se traduziu na precariedade de serviços de infra-estrutura econômica, o que elevou em muito o Custo Brasil, dificultando, cada vez mais, a inserção da economia no cenário internacional.

Frente a esse cenário, inicia-se o governo Collor em 1990. Gozando de grande respaldo popular, surgia como um governo que poderia fazer grandes transformações na economia. A essa altura a economia brasileira, além da obsolescência de seu parque industrial, com raras exceções, também estava atrasada em termos administrativos. O novo governo adotou o discurso da modernidade: prometia desregulamentar a economia, promover a abertura comercial, ao mesmo tempo em que deveria, urgentemente, acabar com a inflação.

Foram tomadas então medidas que viriam a mudar sensivelmente a economia brasileira nos próximos anos. Em março de 1990 o governo editou a Medida Provisória 158, que

destacava a competitividade como a base para a nova política industrial, cujos objetivos eram a modernização da indústria brasileira e sua inserção no cenário internacional.

Ao mesmo tempo, dois outros instrumentos foram criados: o Programa de Competitividade Industrial (PCI) e o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP). Também em 1990, através da Lei 8.031/90, foi criado o Programa Nacional de Desestatização (PND) que, entre seus objetivos, trazia a redefinição do papel do Estado na economia e dava enfoque à questão da desregulamentação como um dos principais elementos para o desenvolvimento econômico brasileiro futuro.

Os resultados foram significativos: a produtividade do trabalho vem crescendo, desde 1991, a taxas superiores a 7% anuais e o programa de privatizações brasileiro desponta como um dos maiores e mais importantes do mundo.

6.2.3 A Política Nacional de C&T

Apesar de contar com um ambiente institucional de apoio às atividades de C&T, as políticas direcionadas ao desenvolvimento de capacitação tecnológica no Brasil ficaram muito mais no nível das intenções, apresentadas nos diversos planos nacionais e políticas mais específicas, e, de certa forma, condicionadas a outras prioridades conjunturais do país.

Observando-se a evolução das intenções de políticas apresentadas nos diversos planos de desenvolvimento, é possível constatar que nos anos 90 houve uma mudança com relação às políticas implementadas até então. Nota-se claramente uma reorientação das políticas industrial e de comércio exterior no país, apontando na direção de um novo padrão de crescimento industrial com reflexos na política científica e tecnológica.

Essa nova postura não representa um fato isolado, é também reflexo de uma conjuntura internacional, decorrente da aceleração do progresso técnico, da difusão de novas formas de organização da produção e das mudanças nas estratégias de competição das empresas, entre outros fatores.

A transição para um regime de economia aberta é geralmente associada na literatura a ganhos de eficiência técnica e alocacional. Os primeiros geram ganhos de produtividade e decorre de três tipos de efeitos (Tybout e Westbrook, 1995):

1. Efeito de escala – a abertura da economia expõe as firmas locais à concorrência dos importados, o que aumenta a elasticidade-preço de suas curvas de demanda e pressiona no sentido de aumentar a escala de produção e reduzir o custo médio;
2. Efeito de participação – a maior pressão da concorrência faz com que as firmas mais eficientes aumentem a sua participação no mercado, o que acaba por elevar a produtividade média da indústria;

3. Efeito “residual” – ganhos de produtividade derivados de outras fontes que não as já mencionadas, como inovações de produto e processo, inovações gerenciais, learning, externalidades, etc.

Assim sendo, as políticas propostas nos anos 90 expuseram as empresas do país à competição internacional, reduzindo a participação do Estado na economia e as formas de proteção anteriormente existentes.

6.3 Conclusões

As colocações abordadas neste capítulo tiveram por objetivo destacar os aspectos macroeconômicos, associados à questão das inovações tecnológicas que extrapolam o contexto microeconômico da firma, influenciando em suas decisões de investir em atividades inovativas, haja vista toda a complexidade de inter-relações geradas na cadeia do processo inovativo com reflexos sobre toda a economia.

A literatura do sistema nacional das inovações foi pioneira ao focalizar o ambiente institucional nacional como determinante no processo de inovação, afirmando que as instituições nacionais, tais como o sistema financeiro, o sistema educacional e o apoio do governo para atividades de pesquisa influenciam diretamente as atividades inovativas das firmas e dos diversos setores industriais.

Para os economistas os fatores tecnológicos são atualmente a principal variável explicativa para a existência de inovações. O progresso tecnológico externo, isto é, as inovações tecnológicas, seriam os principais fatores capazes de mudar a função de produção de tal forma a alterar a razão entre inputs e outputs de uma economia.

Pela teoria desenvolvida nos capítulos iniciais é possível verificar que os aspectos impulsionadores da inovação tecnológica e, em última instância, do crescimento econômico, estão ligados a empresários inovadores como sugere Schumpeter (1984) e à acumulação de fatores de produção, notadamente o capital como sugerem Solow (1956, 1957) e Romer (1989a, 1989b).

Foram verificados neste estudo os efeitos de alguns fatores institucionais e do ambiente macroeconômico para o estímulo à inovação em países da Europa, além do Brasil e Canadá. Os resultados mostram que, de fato, os fatores econômicos têm relevância significativa na decisão de inovar de uma firma.

É importante observar, no entanto, que a dificuldade e o nível de agregação das informações utilizadas para retratar a realidade dos países em análise, tornaram impeditiva uma análise mais desagregada sobre as decisões de investir dos países. Diante das

dificuldades encontradas, a seleção dos fatores determinantes dos investimentos em inovação tecnológica fundamentou-se em alguns critérios básicos, a saber:

- Disponibilidade da informação;
- Importância da informação como fator explicativo;
- Adaptação da informação à realidade em análise.

A dificuldade de obtenção de informações estatísticas com maior confiabilidade sobre a natureza do processo inovativo, em parte pela falta de consenso observado nas relações causais envolvidas entre as variáveis explicativas selecionadas pelos autores, pode ter sido o principal elemento complicador neste trabalho.

Vale ainda ressaltar que este capítulo é um exercício teórico de limitado poder de explicação e aderência à realidade em função das dificuldades em obter a quantidade de observações suficientes que possibilitasse uma estimação com os graus de liberdade necessários à aceitação do modelo. A amostra foi composta de dezessete observações e os modelos apresentados têm de sete a nove variáveis, deixando menos de dez graus de liberdade ao modelo, o que é pouco para uma análise mais rigorosa. Este fato, entretanto, não invalida o esforço teórico realizado, demonstrando como deve ser feita a modelagem e estimação, desde que disponíveis um número suficiente de observações.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inovação tecnológica está sendo analisada atualmente num contexto mais amplo que no passado. Os formuladores de políticas e industriais estão interessados em desenredar o relacionamento entre C&T de um lado e crescimento, emprego, ambiente organizacional, governabilidade institucional do sistema, enfim, desenvolvimento, de outro lado.

Para atender a esse novo campo de investigação a construção de indicadores está se tornando um exercício para a ciência. Esta, no entanto, não é uma tarefa simples. Há muitas nuances que devem ser consideradas e as diferenciações de cultura organizacional e de C&T entre países dificulta ainda mais a elaboração de indicadores que possam ser amplamente utilizados e comparáveis entre si. Como os governos e as organizações não podem realizar essa tarefa sozinhos, as organizações internacionais, como OECD e Unesco, devem continuar a desempenhar o papel de promotores dos avanços metodológicos e fornecedores de dados e estudos analíticos sobre o tema.

Um dos principais desafios em desenvolver indicadores nessa área é a dimensão temporal na construção dos indicadores. Uma década decorrida desde a identificação da necessidade do indicador até tornar viável sua utilização com dados internacionalmente comparáveis. Isso torna fundamental a habilidade de bem identificar as necessidades dos usuários e construir um design robusto que possa acomodar esses objetivos.

Há iniciativas de instituições diversas em mensurar e criar indicadores que reflitam com a maior fidelidade possível o processo de inovação tecnológica, ao mesmo tempo em que se preocupam em compatibilizar os dados de modo que seja possível analisar comparativamente os diferentes países. Exemplos dessas iniciativas são o CIS e a Pintec, pesquisas que utilizam metodologias unificadas e que, portanto, podem ser comparadas entre si, dando uma dimensão geral do estado do processo de inovação tecnológica.

Através dessas pesquisas foi possível verificar o nível em que se encontra o Brasil em relação à inovação tecnológica, comparando seus resultados com o de outros países. Constatase que o país ainda investe pouco em inovação tecnológica, e que estes investimentos estão irregularmente distribuídos.

Com pesquisas dessa natureza é possível verificar um ponto central dos estudos sobre inovação: os efeitos da inovação na performance das indústrias e responder a questões como: É lucrativo estar envolvido em atividades inovativas? Que tipos de benefícios as inovações propiciam – a inovação aumenta a lucratividade de curto prazo, ou contribui para o crescimento da firma, ou as duas coisas, ou nada disso?.

Um ponto importante a se ressaltar sobre inovação é que promovê-la não é barato, requer a criação de fundamentos tangíveis e intangíveis que aumentam os custos de produção. Sob essa perspectiva as firmas inovadoras não necessariamente são mais lucrativas, mas estarão mais aptas a sobreviver e crescer num ambiente competitivo.

Um outro argumento básico sobre inovação e performance da firma é que a inovação de produtos novos ou tecnologicamente superiores cria monopólios temporários que podem ser claramente explorados de duas formas ao menos: de um lado, a firma pode reduzir seus preços devido a melhoras na performance dos produtos e essa vantagem de competição imperfeita poderá levá-la a aumentar seus retornos de vendas. Alternativamente, as firmas podem reduzir seus preços, levando a maiores ou menores lucros nas taxas de qualidade-preço do produto, resultando em aumento de vendas e de parcela de mercado; neste caso a lucratividade pode não ser aumentada pelas inovações, mas as inovações melhorarão a performance da firma e possibilitarão seu crescimento.

Nesse sentido, aplicar recursos para inovação tecnológica significa investir nas atividades de pesquisa e desenvolvimento, visando ao desenvolvimento, via aumento da capacidade interna de gerar o novo conhecimento científico e tecnológico; ou direcionar recursos para obtenção de inovações já desenvolvidas externamente por outros agentes, através, por exemplo, da importação de bens de capital ou da importação explícita de tecnologia (esse aspecto é particularmente importante quando se tenta analisar o esforço tecnológico dos países em desenvolvimento), bem como investir em recursos humanos.

Em relação aos indicadores utilizados para mensurar inovação há de se fazer uma ressalva, as diferenças na caracterização do esforço de inovação devem ser consideradas. Nos países em desenvolvimento, o progresso técnico apresenta especificidades em sua origem e natureza que sugerem um esquema de avaliação ligeiramente modificado. Em primeiro lugar, esses países investem relativamente pouco em P&D, adquirindo no exterior as tecnologias mais sofisticadas, requeridas para o seu desenvolvimento industrial. Em segundo lugar, tipicamente, seus esforços em P&D são dirigidos para tecnologias mais simples, tais como imitação de desenhos, modificação de equipamentos, diversificação de produtos, etc.

De modo geral pode-se considerar que os indicadores de inovação tecnológica estão em processo de rápida evolução. Espera-se que nos próximos anos os esforços de estatísticos, pesquisadores e formuladores de políticas públicas concentrem-se em direcionar e resolver possíveis problemas de dificuldades conceituais e metodológicas, possibilitando que as particularidades individuais sejam captadas e consideradas. Ao mesmo tempo em que os sistemas de coleta de dados e padronização sejam aprimorados.

Com isso será possível o desenvolvimento de conceitos e sistemas de informação que nos possibilitarão um melhor entendimento acerca do complexo fenômeno da criação e difusão de conhecimento, bem como os seus efeitos, os quais estão crescentemente em nossos valores e necessidades em nossa vida diária.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANPEI. *Incentivos à inovação tecnológica: a experiência mundial nos países inovadores e sugestões para o modelo brasileiro*. São Paulo.

BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia. *Ciência e Tecnologia no Governo Federal*. Brasília: MCT, 1995.

CNI. *A Indústria e a Questão Tecnológica*. Brasília, 2002.

COHEN, Wesley & LEVIN, Richard C. *Empirical Studies of Innovation and Market Structure*. In: SCHMALENSEE, Richard. *Handbook of Industrial Organization*. New York: Elsevier Science, v.2, p. 1060-1107, 1990.

DOSI, Giovanni. *Technical Change and Industrial Transformation*. London, The Macmillan, 1984.

FABRICANT, Solomon. *Economic Progress and Economic Change*. 1954. IN *Growth Economics* edited by Amartya Sen. Penguin Books. Middlesex. England. 1970.

FONSECA, Renato. *Inovação Tecnológica e o Papel do Governo*. Brasília. CNI, Jan/2001. [On-line]. Janeiro 2003. Disponível na Internet: <<http://www.cni.org.br>>.

FOYN, Frank. *Community Innovation Survey: Sectorial Innovation Performance*. Statistics in Focus. Eurostat. Theme 9, 1/2001.

GREENE, William. *Econometric Analysis*. 3ª Edição. Prentice-Hall. 1997.

GREGERSEN, Birgitte e JOHNSON, Björn. *How do innovations affect economic growth? Some different approaches in economics*. Innovation Systems and European Integration (ISE). Denmark. Janeiro 1997. [On-line]. Fevereiro 2003. Disponível na Internet: <http://www.tema.liu.se/tema-t/sirp/PDF/312_2.pdf>

GUELLEC, D. e PATTINSON B. *Innovation Surveys: A Few Lessons from OECD Countries Experience*. STI Review. Special Issue on New Science and Technology Indicators 27. OECD. 2001

GUJARATI, Damodar N. *Econometria Básica*. 1ª Edição. São Paulo. Makron Books. 2000.

HAHN, F. H., *Growth and Technical Progress: a Survey*. Growth Economics edited by Amartya Sen. Penguin Books. Middlesex. England. 1970.

HANSEN, Gary e PRESCOTT, Edward C. *Malthus to Solow*. National Bureau of Economic Research. Working Paper 6858. Cambridge. December 1998. [On-line] Fevereiro 2003. Disponível na Internet: <<http://www.nber.org/papers/w6858>>.

IBGE. *Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica*. Rio de Janeiro, 2002.

IMF. *Global Economic Growth and Income Distribution*. [On-line]. Março 2003. Disponível na Internet: <<http://www.imf.org>>

JOHNSTON, Jack e DINARDO, John Enrico. *Econometric Methods*. 4ª Edição. McGraw-Hill. 1997.

JONES, Charles. *Introdução à Teoria do Crescimento Econômico*. Rio de Janeiro. Campus. 2000.

KENDRICK, J. G. *Productivity Trends in the United States*. National Bureau of Economic Research. Princeton University Press. Princeton. N.J. 1961. In: STIGLITZ, Joseph e UZZAWA, Hirofumi. *Readings in the Modern Theory of Economic Growth*. The MIT Press. England. 1969.

LEONARD, William N. *Research and development in industrial growth*. Journal of Political Economy. V. 79, n.2, p. 197-210, 1971.

MALTHUS, Thomas. *An Essay on the Principle of Population*. Oxford. Oxford University Press. 1993.

MATESCO, Virene Roxo. *Inovação tecnológica das empresas brasileiras: a diferenciação de competitividade e a motivação para inovar*. In: SANTOS, Sandra M. *Determinantes de Investimentos em Capacitação Tecnológica nas empresas brasileiras*. Tese de Doutorado em Ciências Econômicas, Universidade Federal de Pernambuco, 1998.

MCFADDEN, D. *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior*. Em P. Zarembka (Org.), *Frontiers in Econometrics*. Academic Press. Nova York. 1973. [On-line]. Junho 2003. Disponível na Internet: <<http://elsa.berkeley.edu/~train/e244.html>>

MOHNEN, Pierre & THERRIEN, Pierre. *Comparing the Innovation Performance of Canadian Firms and Those of Selected European Countries: An Econometric Analysis*. Set/2001. [On-line]. Fevereiro 2003. Disponível na Internet: <<http://www.cirano.qc.ca>>

OECD. *Frascati Manual. Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development*. 2002. [On-line]. Janeiro 2003. Disponível na Internet: <<http://www.oecd.org>>

OECD. *Main Science and Technology Indicators*. November/2002. [On-line]. Março 2003. Disponível na Internet: <<http://www.oecd.org>>

OECD. *Manual on the Measurement of Human Resources devoted to S&T. "Canberra Manual"*. 1995. [On-line]. Janeiro 2003. Disponível na Internet: <<http://www.oecd.org>>

OECD. *OECD proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. "Oslo Manual"*, 1996. [On-line]. Janeiro 2003. Disponível na Internet: <<http://www.oecd.org>>

PAVITT, P. & PATEL, Keith. *Patterns of technological activity in their measurement and interpretation*. In: STONEMAN, P. *Handbook of Economics of Innovation Change*. Cambridge: Blackwell, 1995.

POPULATION REFERENCE BUREAU. *2002 World Population Data Sheet*. [On-line]. Março 2003. Disponível na Internet: <<http://www.prb.org>>

ROMER, Paul M. *Endogenous Technological Change*. National Bureau of Economic Research. NBER Working Papers nº 3210. Cambridge. Dezembro 1989b. [On-line]. Fevereiro 2003. Disponível na Internet: <<http://www.nber.org/papers/wp3210.pdf>>

ROMER, Paul M. *Increasing Returns and New Developments in the Theory of Growth*. National Bureau of Economic Research. NBER Working Papers nº 3098. Cambridge. Setembro 1989a. [On-line]. Fevereiro 2003. Disponível na Internet: <<http://www.nber.org/papers/wp3098.pdf>>

ROSENTHAL, David. *Os primeiros 15 anos da política nacional de informática: o paradigma e sua implementação*. Recife: PROTEM-CC, 1995.

RYCYT, OEA, CYTED. *Manual de Bogotá: Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe*. 2001 [On-line] Outubro 2003. Disponível na Internet: <http://www.oict.gov.ve/documentos/archivos/62/manualdebogota.pdf>

SÁENZ, Tirso W. & PAULA, Maria Carlota de S. *Considerações sobre Indicadores de Inovação para a América Latina*. [On-line] Outubro 2003. Disponível na Internet: <http://www.interciencia.org/v27_08/saenz.pdf>

SANT'ANA, Maristela; FERRAZ, João Carlos., KERMSTEMETZKY, Isaac. *Desempenho industrial e tecnológico brasileiro*. Brasília: Universidade de Brasília, 1990.

SCHUMPETER. Jones A. *Business Cycles*. McGrawHill. 1939. Vol. 1, Cap. 3.

SCHUMPETER, Joseph. *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. Zahar Editores. Rio de Janeiro. 1984. Cap. 7.

SIMONSEN, Mário Henrique. *A Teoria do Crescimento Econômico*. Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas. Agosto/1973.

SIRILLI, Giorgio. *Conceptualizing and Measuring Technological Innovation*. Idea Paper Series nº 01. 1998. [On-line]. Fevereiro 2003. Disponível na Internet: <<http://www.step.org>>.

SMITH, K. *Comparing Economic Performance in the Presence of Diversity*. In: SÁENZ, Tirso W. & PAULA, Maria Carlota de S. *Considerações sobre Indicadores de Inovação para a América Latina*. [On-line] Outubro 2003. Disponível na Internet: <http://www.interciencia.org/v27_08/saenz.pdf>

SOLOW, R. *A Contribution to the Theory of Economic Growth*. 1956.

SOLOW, R. M. *Growth Theory: an Exposition*. Oxford University Press. New York. 2000. pp 144-154.

SOLOW, R. M. *Technical Progress and Productivity Change*. Growth Economics edited by Amartya Sen. Penguin Books. Middlesex. England. 1970.

STIGLITZ, Joseph e UZZAWA, Hirofumi. *Readings in the Modern Theory of Economic Growth*. The MIT Press. England. 1969.

UNESCO. *An Introduction to Policy Analysis in Science and Technology*. Science and Policy Studies and Documents, nº 46. UNESCO. Paris. 1979.

UNESCO. *New Available Data for 1996-2000. Institute for Statistics Science and Technology*. November/2002. [On-line] Março 2003. Disponível na Internet: <<http://www.unesco.org>>.

WORLD BANK. *2002 World Development Indicators*. [On-line] Março 2003. Disponível na Internet: <<http://www.worldbank.org>>.

9. MODELOS DE VARIÁVEIS DISCRETAS¹⁶

A econometria pode ser definida como a análise quantitativa de fenômenos econômicos concretos, baseada no desenvolvimento simultâneo de teoria e observação, relacionadas por métodos de inferência adequados. (Samuelson, 1954) (...) Consiste na aplicação da estatística matemática aos dados econômicos para dar suporte empírico aos modelos, construídos pela economia matemática e para obter resultados numéricos. (Tintner, 1968).

A econometria está interessada na verificação empírica da teoria econômica. A modelagem econométrica é a técnica que traduz em funções as leis econômicas. A partir da teoria, procede-se à formulação de um modelo através das variáveis que, acredita-se, tenham relação significativa com o fenômeno a ser estudado.

Há alguns casos em que o fenômeno que se busca modelar é discreto e não contínuo, é o caso de modelar a decisão de investir em inovação, um país ou uma economia decide se deve ou não investir em inovação. Essas decisões devem ser analisadas como *outputs* discretos, que assumem os valores 0 ou 1, ou ainda, que podem ter uma resposta binária como sim ou não a perguntas como o país X é inovador?

Um modelo dessa natureza não pode ser trabalhado como uma simples regressão como é feito ao analisar consumo e custos de produção. Neste caso os métodos convencionais de regressão não são adequados, pois algumas das hipóteses básicas de modelos como o de mínimos quadrados, utilizados tradicionalmente não são verificadas. Como alternativa que se adeque à singularidade dos dados, surgem os modelos que se utilizam do método de estimação por máxima verossimilhança com variáveis discretas, cujos principais representantes são os modelos *logit* e *probit*.

A seguir serão apresentadas algumas restrições impostas pela natureza da variável discreta como variável explicada na modelagem e estimação de regressões.

1. Hipóteses não verificadas nos modelos de regressão convencional com variáveis discretas

A partir da seguinte função de regressão serão demonstradas algumas hipóteses necessárias aos modelos tradicionais de regressão que não são atendidas pelos modelos de variáveis discretas.

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + u_i,$$

onde: Y_i é a variável explicada que assume os valores 0 ou um;

β_i são os parâmetros a serem estimados;

X_i é a matriz de variáveis explicativas;

¹⁶ Este anexo está baseado em Gujarati (2000) e Mittelhammer et. al (2000).

u_i é um termo de perturbação estocástica.

- *Não normalidade das perturbações u_i*

A hipótese de normalidade dos erros não é atendida pois, assim como Y_i , u_i só assume dois valores.

Dada a função $Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + u_i$, tem-se que $u_i = Y_i - \beta_1 - \beta_2 X_i$.

Logo, quando $Y_i = 1 \rightarrow u_i = Y_i - \beta_1 - \beta_2 X_i$

e $Y_i = 0 \rightarrow u_i = -\beta_1 - \beta_2 X_i$

De modo que u_i segue a distribuição binomial e não normal, como se supõe em modelos de MQO.

- *Variâncias heterocedásticas das perturbações u_i*

Mesmo havendo correlação serial, ou seja, com $E(u_i) = 0$ e $E(u_i u_j) = 0$ para $i \neq j$, não se pode garantir a homocedasticidade das perturbações¹⁷. Ao contrário, a variância de u_i é heterocedástica pois depende da expectativa condicional de Y_i que, naturalmente, depende do valor assumido por X . Assim, em última análise, a variância de u_i depende de X e, desse modo, é heterocedástica.

- *Não satisfação de $0 \leq E(Y_i / X) \leq 1$*

Uma vez que nos modelos de probabilidade linear $E(Y_i / X)$ mede a probabilidade condicional de o evento Y ocorrer dado X , ela deve necessariamente se situar dentro do intervalo 0-1. Embora isso seja verdadeiro a priori, não há garantia alguma de que $\hat{Y}_i$, os estimadores de $E(Y_i / X)$, vão necessariamente obedecer a essa restrição.

- *O R^2 não funciona como medida do grau de ajuste.*

O R^2 calculado de modo convencional é de valor limitado nos modelos de resposta dicotômica, não sendo sozinho um elemento de decisão eficiente para a escolha de um modelo que represente os dados.

¹⁷ As perturbações homocedásticas têm variância constante.

Embora os problemas apresentados até aqui sejam significativos, são dificuldades que podem com alguma facilidade ser superadas. Pode-se, por exemplo, utilizar o método de Mínimos Quadrados Ponderados (MQP) para resolver o problema da heterocedasticidade ou aumentar o tamanho da amostra para minimizar o problema da não normalidade dos u_i . Utilizando-se dos modelos de Mínimos Quadrados Restritos (MQR) ou de técnicas de programação matemática pode-se garantir que as probabilidades estimadas se limitem ao intervalo 0-1.

O problema principal em utilizar MQO a este tipo de variável é que este não é um modelo logicamente muito atraente, pois supõe que $P_i = E(Y_i = 1/X)$ aumenta linearmente com X , ou seja, o efeito marginal de X permanece constante do início ao fim.

Um modelo de probabilidade mais adequado neste caso deve atender a dois critérios básicos: 1) conforme X aumenta, $P_i = E(Y_i = 1/X)$ também aumenta, mas nunca sai do intervalo 0-1;

2) a relação entre P_i e X_i é não linear, ou seja, aproxima-se de zero mais lentamente conforme X_i fica menor e aproxima-se de um mais lentamente conforme X_i fica maior.

Por razões históricas e práticas, as funções de distribuição acumulada que asseguram que as probabilidades estimadas se situem de fato entre os limites lógicos de 0 e 1 geralmente escolhidas para representar esses modelos são a função logística, que dá origem ao modelo *logit* e a função normal, que origina o modelo *probit* ou *normit*.

2. Origem dos Modelos de Variáveis Discretas

O modelo *logit* como é atualmente usado em econometria teve sua origem em três fontes distintas e separadas: a matemática aplicada, a estatística experimental e a teoria econômica. A função logística apareceu pela primeira vez em 1845 como uma curva de crescimento; o modelo probabilístico binário, inicialmente identificado exclusivamente com o modelo *probit* normal, apareceu em bioestatística nos anos 30; a teoria de escolha discreta ou utilidade aleatória apareceu como parte da teoria econômica nos anos 50. O desenvolvimento completo do modelo *logit* generalizado se deu nos anos 70 com os modelos de análise de transporte.

As Curvas de Crescimentos foram usadas para descrever o desenvolvimento de uma população viva, ao longo do tempo. Seja $N(t)$ o tamanho de uma população no instante t , e

$\dot{N}(t)$ a sua taxa de crescimento absoluto, ou $\dot{N}(t) = \frac{\partial N(t)}{\partial t}$.

A hipótese mais simples para $N(t)$ é de proporcionalidade com o tamanho da população, isto é, $\dot{N}(t) = \alpha N(t) \Leftrightarrow \alpha = \dot{N}(t) / N(t)$.

E, portanto, a taxa de crescimento relativo é constante. A solução desta equação diferencial é dada por: $N(t) = A \exp(\alpha t)$, onde A é uma constante que depende das condições iniciais e, neste caso, pode ser denotada por $N(0)$.

Este modelo foi usado pelo Clube de Roma (Modelos Globais da Economia) e era à base da teoria de Malthus em 1740 para descrever uma população humana que, se deixada ao seu próprio destino, crescerá em progressão geométrica. Esta função exponencial também foi usada por Quetelet, um estatístico belga, para descrever estatística vital. Ele sabia dos problemas desta função exponencial que, se o horizonte de extrapolação fosse muito grande, poderia gerar valores impossíveis.

Ele pediu a um aluno, Verhulst, que pensasse numa formulação alternativa e a solução proposta foi: $\dot{N}(t) = \beta N(t)[W - N(t)]$, onde W representa um limite superior ou um valor de saturação para N . Ao expressar $N(t)$ como um fração de W , por exemplo $Z(t) = N(t)/W$ pode ser escrito da seguinte forma: $\dot{Z}(t) = \beta Z(t)[1 - Z(t)]$ e a solução desta equação diferencial é a função logística, isto é:

$$Z(t) = \frac{\exp(\alpha + \beta t)}{1 + \exp(\alpha + \beta t)}$$

Verhulst morreu logo em seguida e sua contribuição foi esquecida até Miner (1933), quase um século depois, lhe dar os devidos créditos.

Independentemente dos trabalhos em química que usavam a função logística, este modelo foi muito importante para descrever o crescimento de populações humanas, por exemplo, no estudo de populações de mosca de banana e também nos estudos de populações humanas nas colônias francesas do Norte da África.

A idéia básica de que o crescimento é proporcional tanto ao nível já atingido quanto à distância de um teto de saturação é simples e efetiva e o modelo logístico é usado para modelar crescimento populacional ou, em pesquisa de mercado, para descrever a difusão ou penetração no mercado de novos produtos ou novas tecnologias. Para novas mercadorias como televisões, CD, câmeras de vídeo, o crescimento de novos donos deve ser proporcional tanto a taxa de penetração já atingida quanto do tamanho do mercado potencial que ainda existe.

O segundo aparecimento do modelo logístico é em ensaios biológicos ou aplicações do modelo probabilístico em experimentos biológicos. No início o modelo utilizado era do tipo *probit* em que a distribuição dos erros é normal.

As primeiras aplicações econômicas do modelo probabilístico binário foram nos anos 50 com a utilização do modelo *probit*. Farrell (1954) usou este modelo para relacionar a característica de ser proprietário de carro a diferentes níveis de renda familiar, Adam (1958) ajustou curvas de demanda lognormais a dados sobre o desejo de comprar itens indivisíveis, tais como aquecedores, a vários níveis de preço. Aitchison e Brown (1957) ilustram vários exemplos do porque economistas da época preferiam o modelo *probit* ao *logit*.

A primeira generalização do modelo *logit* para mais de duas categorias deve-se a Theil (1969) e a introdução do modelo multinomial foi muito utilizada em problemas de transporte através dos trabalhos de Mc Fadden (1973). Ele utilizou estes modelos no estudo de escolha de tipos de transporte e foi também o responsável por apresentar um arcabouço teórico que deu origem a teoria da utilidade da escolha discreta.

3. Modelo Logit

O primeiro modelo a ser apresentado, também considerado o mais simples dentre os modelos de variáveis discretas é o modelo logit. Considerando-se o seguinte modelo de explicar os fatores determinantes da probabilidade de inovar em que INNO é a variável binária que determina se o país é inovador ou não:

$$P_i = E(INNO = 1 / X) = \beta_1 + \beta_2 X_i$$

onde $INNO=1$ significa que o país é inovador e X_i é a matriz de variáveis explicativas da decisão de inovar.

Considere-se então uma possível representação da decisão de inovar, na forma de uma função de distribuição logística acumulada:

$$P_i = E(INNO = 1 / X) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_1 + \beta_2 X_i)}}$$

Para simplificar a exposição, pode-se considerar $P_i = \frac{1}{1 + e^{-Z_i}}$

Através da razão de probabilidades $P_i/(1-P_i)$, tem-se que:

$$\frac{P}{1-P_i} = \frac{1 + e^{Z_1}}{1 + e^{-Z_i}} = e^{Z_1}$$

que pode ser logaritmada:

$$L_i = \ln\left(\frac{P}{1-P_i}\right) = Z_i = \beta_1 + \beta_2 X_i$$

É possível constatar que o log da razão de probabilidade tanto é linear em X, como nos parâmetros, estes últimos do ponto de vista das estimativas. Este é o modelo *logit*.

A seguir são apresentadas algumas características deste modelo:

- Conforme P vai de 0 a 1, (isto é, Z varia de $-\infty$ a $+\infty$), o *logit* vai de $-\infty$ a $+\infty$, ou seja, embora as probabilidades se situem entre 0 e 1, os *logits* não se restringem a esses limites;
- Embora L seja linear em X, as probabilidades propriamente ditas não são;
- A interpretação desse modelo é a seguinte: β_2 , a inclinação, mede a variação em L para uma mudança unitária de X, ou seja, diz como a chance de favor de ser inovador varia em log, conforme a variável independente varia em uma unidade. O intercepto β_1 é o valor da chance em log em favor de ser inovador se as variáveis independentes forem zero;
- Dado um certo nível da variável independente X^* , se se quer estimar não a chance em favor de ser inovador, mas sim a probabilidade de ser inovador, isso pode ser feito diretamente da função $P_i = E(INNO = 1 | X) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_1 + \beta_2 X_i)}}$ quando as estimativas de β_1 e β_2 estiverem disponíveis;
- O modelo *logit* supõe que o log da razão de probabilidades se relaciona linearmente com X.

4. Modelo Probit

Esse modelo relaciona a decisão de inovar a uma série de fatores, discriminando entre países de empresas inovadoras e não inovadoras. Neste caso é necessário analisar cada observação sob a ótica dos modelos de probabilidade, onde:

$$\begin{aligned} \Pr(\text{país.inovador}) &= \Pr(\text{inovação} = 1) \\ &= F(\text{parâmetros.relevantes}) \end{aligned}$$

O modelo *probit* aqui apresentado está baseado na teoria da utilidade da escolha discreta, ou seja, na perspectiva e comportamento de escolha racional dos agentes, como elaborada por McFadden (1973).

Denotando por INNO, uma variável binária que define se o país é inovador ou não e por INNO* pelo conjunto de variáveis explicativas que determinam essa decisão, para a variável binária INNO corresponde um conjunto de variáveis explicativas INNO*.

$$\Pr(INNO = 1) = F(\beta'x)$$

$$\Pr(INNO = 0) = 1 - F(\beta'x), \text{ onde os parâmetros } \beta \text{ refletem o impacto}$$

de mudanças em x na probabilidade.

Para a construção do modelo, supõe-se que um país ser ou não inovador ($INNO = 1$ para um país inovador e $INNO = 0$ para não inovador) depende de um índice de utilidade não observável diretamente $INNO_i$. Este índice seria determinado por algumas variáveis explicativas.

$$INNO_i = X\beta + \varepsilon$$

Como este índice não é observável diretamente, é razoável supor que haja um nível crítico $INNO_i^*$ para o qual se o $INNO_i$ superar $INNO_i^*$, o país será considerado inovador. Logo:

$$\begin{aligned} INNO &= 1 & \text{se} & & INNO^* = X\beta + \varepsilon \geq 0 \\ INNO &= 0 & \text{se} & & INNO^* = X\beta + \varepsilon < 0 \end{aligned}$$

Onde X é a matriz de variáveis explicativas, β são os coeficientes a serem estimados e ε é um termo de erro aleatório com média zero e variância unitária.

Uma vez que $INNO_i^*$, assim como $INNO_i$, não é observável, admite-se que ele se distribua normalmente com média zero e variância igual a um, de modo que é possível estimar os parâmetros β_i .

Pode-se então calcular a probabilidade de $INNO_i^*$ ser menor ou igual a $INNO_i$ pela função de distribuição amostral padronizada¹⁸.

De modo que:

$$P_i = \Pr(INNO = 1) = (INNO_i^* \leq INNO_i) = F(INNO_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{T_i} e^{-t^2/2} dt = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{X\beta + \varepsilon_i} e^{-t^2/2} dt$$

Onde t é uma variável normal padronizada. O modelo pode ser interpretado como uma regressão, uma vez que $E(y/X_i) = 0[1 - F(X_i\beta)] + 1[F(X_i\beta)] = F(X\beta)$.

Como P_i representa a probabilidade de ocorrer o evento, a probabilidade do país ser considerado inovador é medida pela área da curva normal padrão de $-\infty$ a $INNO_i$.

Para obter o índice de utilidade $INNO_i$ utiliza-se o inverso de $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{X\beta + \varepsilon} e^{-t^2/2} dt$ para obter $INNO_i = F^{-1}(INNO_i) = F^{-1}(P_i) = X\beta_i + \varepsilon$.

Em que F^{-1} é o inverso da função de distribuição amostral. A uma resposta zero a $INNO$, associa-se um valor negativo de $INNO^*$ e a uma resposta unitária de $INNO$ está associado um valor positivo de $INNO^*$. Chega-se então à definição do país como inovador ou não inovador a partir das variáveis selecionadas. (Gujarati, 2000).

¹⁸ Função de distribuição normal padronizada: $F(Z) = \int_{-\infty}^Z \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(z-\mu_z)/2\sigma^2}$

5. Modelo Tobit

O modelo *Tobit* é também conhecido como modelo de variável dependente limitada, pois se baseia em uma amostra na qual a informação sobre o regressando esteja disponível apenas para algumas observações.

Pode-se questionar se um país é inovador ($Y_i=1$) e, em caso positivo, quais nos seus gastos em P&D e/ou qual o número de pesquisadores no país, ou ainda, se o país não é inovador ($Y_i=0$) não se questiona sobre P&D ou número de pesquisadores.

No caso de se querer estimar essa regressão, tem-se os países divididos em dois grupos: um consistindo em n_1 países, sobre os quais há informações sobre os regressores (gastos em P&D, número de pesquisadores, etc.) e sobre o regressando; e outro considerando os n_2 países sobre os quais há informações apenas sobre os regressores.

É intuitivamente claro que a estimação com base apenas nas n_1 observações resultará em inclinação e interceptos diferentes do que se todas as $n_1 + n_2$ observações fossem levadas em conta. A estimação é então feita com base no método de máxima verossimilhança.

6. Logit x Probit

Do ponto de vista teórico, a diferença entre os dois modelos é bem pequena. As formulações logística e *probit* são bem comparáveis, sendo que a principal diferença está no fato de a logística ter caudas ligeiramente mais achatadas, ou seja, a curva normal (ou *probit*) se aproxima do eixo mais rapidamente do que a curva logística. Portanto, a escolha entre os dois é uma questão de conveniência matemática e da disponibilidade de programas de computador. Nesse aspecto, o modelo *logit* é em geral preferido ao *probit*.

É necessário ressaltar, entretanto, que embora os modelos *logit* e *probit* dêem resultados qualitativamente similares, as estimativas dos parâmetros dos dois modelos não são comparáveis. Segundo Amemiya (1978), uma estimativa *logit* de um parâmetro multiplicado por 0,625 dá uma aproximação razoavelmente boa da estimativa *probit* do mesmo parâmetro.

7. Interpretação dos resultados

Uma vez escolhido o modelo mais adequado aos dados disponíveis e estimada a regressão, passa-se a uma nova fase de análise e interpretação dos resultados representados pelos coeficientes.

Antes de interpretar esses coeficientes, deve-se considerar que os valores assumidos por estes em modelos de variáveis dependentes binárias, não podem ser interpretados da mesma forma que o são os coeficientes de uma regressão linear simples. A análise destes parâmetros

é diferenciada pelo fato de que os coeficientes estimados não representarem o efeito marginal na variável dependente. Esse efeito marginal de uma variável na probabilidade condicional é dado por:

$$\frac{\partial E(y/x, \beta)}{\partial x_i} = f(-x' \beta) \beta_i$$

onde $f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$ é a função da densidade associada a F. É necessário notar que β_i é ponderado por um fator f que depende dos valores de todos os outros regressores em X, de modo que o efeito marginal é resultado do conjunto desse fatores. Os resultados indicam que desde que a função da densidade seja não negativa, o sentido do efeito de uma mudança em x_i depende somente do sinal do coeficiente β_i . Os valores positivos de β_i indicam que aumentar x_i aumentará a probabilidade de uma resposta positiva; os valores negativos implicam o oposto.

Da mesma forma que no modelo linear de regressão é possível testar a adequação do modelo através de um teste F, no modelo de variável dependente discreta é possível testar a adequação do modelo através da comparação do logaritmo da verossimilhança do modelo estimado com o logaritmo da verossimilhança do modelo só com constante, chamado de modelo básico. Temos então a seguinte estatística de teste:

$$2[l(\alpha, \beta) - l(\alpha, 0)] \sim \chi^2_{(k-1)},$$

onde $l(\alpha, \beta)$ é o máximo do logaritmo da verossimilhança do modelo irrestrito e $l(\alpha, 0)$ é o máximo do logaritmo da verossimilhança do modelo restrito, isto é, só com constante. Como a estatística de teste tem distribuição qui-quadrada com k-1 graus de liberdade, a dimensão do vetor β é k - 1.

Mc Fadden propôs a seguinte medida de qualidade de ajuste chamada de Mc Fadden - R^2 :

$$R^2 = 1 - \frac{l(\hat{\beta})}{l(\beta)}$$

onde $l(\hat{\beta})$ é o valor máximo do logaritmo da verossimilhança do modelo irrestrito e $l(\beta)$ é o valor máximo do logaritmo da verossimilhança do modelo restrito. Este valor está sempre entre 0 e 1.

8. Critérios para escolha do modelo

Embora seja um importante indicador do grau de ajuste da regressão, o Mc Fadden - R^2 não tem o mesmo significado e poder de explicação do R^2 utilizado normalmente em

regressões de variáveis não binárias, de modo que é importante considerar outros fatores. Alguns critérios adicionais podem ser analisados para dar maior segurança na escolha do melhor modelo, dentre os quais vamos destacar os critérios Akaike, Schwarz e Hannan-Quinn.

Estes critérios são normalmente utilizados para determinação do modelo mais adequado para os dados e variáveis selecionadas.

O critério de Akaike é dado por:

$$-\frac{2l}{n} + \frac{2k}{n}$$

O critério de Schwarz::

$$-\frac{2l}{n} + \frac{k \log n}{n}$$

O critério de Hannan-Quinn:

$$-\frac{2l}{n} + \frac{2k \log(\log n)}{n}$$

onde:

k = número de parâmetros estimados

n = número de observações

l = valor máximo da função de máxima verossimilhança

Para selecionar o melhor modelo, verifica-se entre todos os possíveis modelos aquele o que apresenta o menor valor para estes critérios. Este será o modelo mais apropriado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, D. *Les Réactions du Consommateur devant lês Prix*. Paris: Sedes. 1958. In MITTELHAMMER, R. C., JUDGE, George G. e MILLER, Douglas J. *Econometric Foundations*. USA. 2000.

AMEMYA, T. *The Estimation of a Simultaneous Equation Generalized Probit Model*. *Econometrica* 46(5) pp.1193–1205. 1978.

AITCHISON, J. e BROWN, J.A.C. *The Lognormal Distribution*. Cambridge: Cambridge University Press. 1957.

FARREL, M.J. *The Demand for Motorcars in the United States*. *Journal of the Royal Statistical Society A*, 117, pp. 171-200. 1954.

GUJARATI, Damodar N. *Econometria Básica*. 1ª Edição. São Paulo. Makron Books. 2000.

GREENE, William. *Econometric Analysis*. 3ª Edição. Prentice-Hall. 1997.

JOHNSTON, Jack e DINARDO, John Enrico. *Econometric Methods*. 4ª Edição. McGraw-Hill. 1997.

MCFADDEN, D. *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior*. Em P. Zarembka (Org.), *Frontiers in Econometrics*. Academic Press. Nova York. 1973. [On-line]. Junho 2003. Disponível na Internet: <<http://elsa.berkeley.edu/~train/e244.html>>

SAMUELSON, P. A.; KOOPMANS, T. C.; STONE, J. R. N. *Report of the Evaluative Committee for Econometrica*. *Econometrica*, vol. 22, nº 2 abril 1954, pp. 141-146. In GUJARATI, Damodar N. *Econometria Básica*. 1ª Edição. São Paulo. Makron Books. 2000.

THEIL, H. *A Multinomial Extension of the Linear Logit Model*. *International Economic Review*, 10, 251-259. 1969.

TINTNER, Gerhard. *Methodology of Mathematical Economics and Econometrics*. The University of Chicago Press. Chicago. 1968. p 74. In GUJARATI, Damodar N. *Econometria Básica*. 1ª Edição. São Paulo. Makron Books. 2000.