

Padrões de Esforço Tecnológico da Indústria Brasileira: Uma Análise Setorial a Partir de Técnicas Multivariadas

Eduardo Gonçalves^a, Rodrigo Simões^b

^aFaculdade de Economia e Administração,
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF),

^bUniversidade Federal de Minas Gerais (CEDEPLAR/UFMG),
Brasil

Resumo

O objetivo deste artigo é aplicar análise de componentes principais e de cluster sobre um conjunto de indicadores, provenientes da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC), que medem esforço inovador de forma mais ampla possível, considerando tanto aqueles vinculados ao pessoal alocado e aos gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) quanto aqueles vinculados aos gastos com a aquisição externa de tecnologia e conhecimentos. Os resultados revelam uma clara oposição entre dois grupos de setores, que são os setores “dominados por fornecedores” e os setores cujo esforço interno de P&D é relevante. Particularidades da mudança técnica no Brasil são expostas à medida que se constata que os setores de maiores oportunidades tecnológicas possuem um esforço inovador, baseado em P&D, relativamente pequeno no Brasil, em razão do processo de absorção das economias em desenvolvimento, caracterizado como passivo e dependente de canais internacionais de transferência de tec-

nologia. Além disso, os setores que mais gastam com inovação no Brasil são “intensivos em escala”, possuem importância produtiva relevante e foram estimulados por políticas industriais nos anos 60 e 70.

Palavras-chave: Padrões Setoriais de Mudança Técnica, PINTEC, Análise Multivariada, Brasil
Classificação JEL: O33, O14, L52

Abstract

The aim of this paper is to apply principal components and cluster analysis on a set of technological effort indicators calculated using the Brazilian Innovation Survey (PINTEC). Such indicators are employed in order to consider innovative effort in the broadest possible way. Thus, these indicators take into account as the R&D expenditures and graduated staff in R&D as acquisition of external technology and knowledge. The results highlight a clear contrast between two groups of sectors. The first are called “suppliers dominated” whereas the second is composed by sectors in which the innovative effort with R&D is relevant. Some peculiarities of the technical change in Brazil are emphasized to the extent that those sectors with the greatest technological opportunities present a very limited R&D-based innovative effort. This empirical evidence is explained by the nature of the technological absorption process in developing countries, which is characterized as passive and dependent on international means of technology transfer. Furthermore, sectors with the majority of the innovative expenditures in Brazil are “scale intensive”, have significant productive

* Os autores agradecem ao Professor Mauro Borges Lemos pelos valiosos comentários e sugestões para realização deste artigo, o qual, porém, não tem qualquer responsabilidade sobre erros e omissões deste trabalho.

Email address: eduardo.goncalves@ufjf.edu.br (Eduardo Gonçalves)

performance and were supported by industrial policies in the 1960's and 1970's.

1 Introdução

Muitos trabalhos têm tentado descrever o comportamento setorial da indústria brasileira em relação a diversos temas vinculados à mudança técnica. O problema comum a todos os estudos, porém, é a escassez de dados sobre dispêndios em C&T. Três têm sido as principais fontes de informação usadas até recentemente no Brasil.

A primeira é o Censo Econômico de 1985, como no trabalho de Matesco (1994), que buscou caracterizar setorialmente o esforço tecnológico com base em informações sobre P&D, contratos de licenciamento de transferência de tecnologia e gastos com patentes. Esta também foi a fonte de dados do trabalho de Macedo e Albuquerque (1999), que buscaram estabelecer uma relação setorial entre o tamanho da empresa, medido pelo faturamento, e a intensidade de P&D.

A segunda foram os Indicadores Empresariais de Inovação Tecnológica da Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Industriais (ANPEI), a partir da qual Resende e Hasenclever (1998) implementaram testes de transformação de *ranking* para a mesma relação acima.

A terceira foi construída pela Fundação SEADE-SP, em 1997, sendo denominada Pesquisa da Atividade Econômica Paulista (PAEP). Essa pesquisa foi a que mais incorporou temas e variáveis diferentes sobre mudança técnica, mas teve abrangência circunscrita ao estado de São Paulo, o que limitou o alcance das conclusões que puderam ser feitas sobre a heterogeneidade do

esforço tecnológico setorial no Brasil. Além disso, tal fonte não possuía indicadores de gastos referentes à aquisição externa de bens, serviços e conhecimentos pelas empresas.

Este problema influenciou o trabalho de Quadros et alii (2003), os quais tentaram delimitar e caracterizar o grupo de inovadores por setores industriais também baseados primordialmente em indicadores tradicionais, como os gastos com P&D e o pessoal envolvido nesta atividade.

Gastos com P&D e estatísticas de patentes têm sido as alternativas mais viáveis para minimizar o problema de restrição de informações sobre mudança tecnológica no Brasil e, dessa forma, medir o progresso tecnológico (Bernardes e Albuquerque (2003)). Entretanto os primeiros só retratam parcialmente o esforço tecnológico e o aprendizado envolvido na inovação, enquanto as segundas limitam-se a refletir uma invenção tecnológica que poderá ou não ter valor econômico. Além disso, existem diferentes propensões a patentear entre os setores econômicos. Portanto, as patentes são uma medida parcial do resultado do esforço tecnológico.

Para que se possa medir mais adequadamente o esforço tecnológico é preciso combinar um conjunto de indicadores que expressem os diversos tipos de gastos que podem ser empreendidos na inovação em países com particularidades como o Brasil. Nestes, o principal meio para atualizar a tecnologia é através da compra de máquinas e equipamentos, fabricados em países desenvolvidos, tendo em vista que a atividade de P&D ainda não foi plenamente internalizada no setor empresarial.

Por isso, a motivação deste artigo é identificar grupos de setores que possuem comportamentos semelhantes em relação a um conjunto de indicadores que medem o esforço tecnológico de maneira mais ampla possível, com base nos dados da PINTEC. Devido

às limitações das bases de dados anteriores sobre inovação, este trabalho ainda não fora totalmente realizado.

Além de indicadores de gastos com P&D e pessoal alocado nesta atividade, a PINTEC considera também seis outros tipos de gastos com inovação: a compra de P&D de outras empresas, de outros conhecimentos externos, de máquinas e equipamentos, as despesas com introdução da inovação no mercado, com o projeto industrial e com o treinamento de pessoal. Assim, tanto o esforço interno às empresas quanto a aquisição externa de tecnologia são considerados.

Como geralmente se julga limitado o esforço de P&D no Brasil, a tentativa de revelar padrões setoriais de mudança técnica a partir de todos esses indicadores possui a vantagem de levar em consideração algumas particularidades do processo de inovação e difusão tecnológica num país de industrialização tardia, como aquelas citadas anteriormente.

Para tal, são usadas duas técnicas de análise multivariada, a de componentes principais e a de cluster. Indicadores relativos a gastos com tipos de atividade inovadora e relativos a pessoas envolvidas com a P&D são submetidos à redução de dimensionalidade e, posteriormente, usados como insumos para se revelar agrupamentos possíveis.

Ainda que alguns trabalhos tenham começado a explorar a PINTEC, técnicas multivariadas ainda não foram implementadas. Kannebley Jr. et alii (2003) usaram procedimentos estatísticos não paramétricos para indicar que os três principais fatores distintivos entre as empresas que inovam ou não são orientação exportadora, tamanho da empresa e origem estrangeira do capital. Araújo (2004) usou um modelo de regressão probit para avaliar os determinantes da decisão de investir em P&D em empresas nacionais, enfatizando a possibilidade de ocorrência de

transbordamentos de P&D das empresas transnacionais. Mesmo na mais abrangente exploração da PINTEC, que está presente na coletânea de trabalhos organizados por De Negri e Salermo (2005), também não há trabalhos com objetivos semelhantes aos que são pretendidos aqui. Acreditamos, portanto, que a aplicação das técnicas multivariadas citadas pode colaborar para explorar o padrão setorial de mudança técnica no Brasil, a partir de um conjunto de indicadores que medem esforço tecnológico de forma ampla.

Além dessa introdução, este artigo está estruturado em mais seis seções. Na seguinte, a literatura internacional sobre mudança técnica é abordada. Na terceira, as particularidades do processo de mudança técnica no Brasil são expostas. A quarta seção expõe os métodos multivariados utilizados no trabalho. Na quinta seção, as características da base de dados são expostas e os indicadores construídos a fim de medir o esforço tecnológico setorial são descritos. Na sexta seção, apresentam-se os principais resultados alcançados com estes métodos. Na seção conclusiva também são apresentadas algumas sugestões em termos de políticas tecnológica e industrial, focando aspectos setoriais da estrutura industrial brasileira.

2 Padrões Setoriais de Mudança Técnica da Literatura Internacional

A revisão da literatura evolucionária (neo-schumpeteriana) revela que as diferenças intersetoriais na forma de buscar, introduzir, usar e difundir inovações são inerentes à dinâmica capitalista. Os primeiros textos sobre o assunto são os de Pavitt (1984), Dosi (1988), Robson et alii (1988), Bell e Pavitt (1993) e Klevorick et alii (1995).

A taxonomia de Pavitt identifica o agrupamento setorial das firmas através de setores “dominados pelos fornecedores”, “baseados em ciência”, “intensivos em escala”, “fornecedores especializados” e “intensivos em informação”. Isso é possível porque os autores basearam-se nas características centrais da inovação que são a especificidade e a variedade. Esta última está relacionada às diferentes fontes de tecnologia de processo, tamanho das firmas inovadoras, graus de importância relativa das inovações de produto e processo e padrões de diversificação tecnológica.

Essas características tornam-se mais claras à medida que reapresentamos as causas explicativas das diferenças intersetoriais de taxas de inovação. Segundo Dosi, estas estariam relacionadas:

- i) À criação e recriação de oportunidades de progresso tecnológico, que ocorrem com o surgimento de paradigmas tecnológicos;
- ii) À possibilidade de apropriação dos retornos, que compensem os recursos investidos na inovação e, dessa forma, permitam o aproveitamento das oportunidades tecnológicas;
- iii) Ao padrão de demanda a que as firmas estão submetidas;
- iv) À natureza do conhecimento, que é específico a cada setor e explicaria, juntamente com os fatores citados anteriormente, a forma organizacional pela qual a inovação é buscada.

Acredita-se que tal taxonomia internacional é o ponto de partida para a classificação dos setores nacionais quanto ao esforço tecnológico. Espera-se que alguns aspectos dos padrões setoriais, construídos com evidências de países desenvolvidos, também ocorram no caso brasileiro.

Ou seja, espera-se que a forma de busca da inovação varie também intersetorialmente nos países de industrialização retardatária porque as oportunidades tecnológicas, as possibili-

dades de apropriação, os padrões de demanda e a natureza do conhecimento também diferem nestes países.

Alguns setores e tecnologias são dependentes de processo informal de *learning-by-doing* e melhoramentos no design; outros são mais dependentes das atividades de busca formais realizadas pelos laboratórios de P&D; e outras são geradas por grandes firmas, enquanto outras por menores.

Sabe-se que a atividade de P&D possui menor peso nos setores mais intensivos em tecnologia de países retardatários com relação aos mesmos setores de países desenvolvidos. Ainda assim, será possível verificar diferenças essenciais no que se refere à importância da P&D entre dois setores de um mesmo país de industrialização tardia, como por exemplo, o têxtil e o de instrumentos.

Klevorick et alii (1995) estabelecem que as características mais marcantes das indústrias ricas em oportunidades tecnológicas são a alta intensidade de P&D e as altas taxas de avanço técnico, contínuas no tempo. Isso se dá porque as oportunidades são aumentadas ou recriadas a uma taxa maior nas indústrias ricas em oportunidades que nas outras de menores possibilidades.

De forma semelhante, ainda que não se possa ter no caso brasileiro níveis de intensidade de P&D e taxas de avanço técnico comparáveis aos mesmos setores de países desenvolvidos, existirão diferenças inter-setoriais claras no Brasil com relação às oportunidades tecnológicas. Isto vai ocorrer especialmente se o progresso técnico for definido de forma restrita, como a introdução de produto ou processo novo do ponto de vista do mercado doméstico, mesmo se esta inovação originar-se da difusão internacional de tecnologia já dominada nas economias tecnologicamente líderes.

Por outro lado, ainda que esta taxonomia sirva de inspiração inicial para estudar a nossa realidade, não se pode esperar a reprodução do mesmo padrão setorial de inovação por causa da própria situação de dependência tecnológica. As características e as particularidades da acumulação tecnológica de países sub-desenvolvidos é o objeto de investigação da próxima seção.

3 Acumulação Tecnológica em Países de Industrialização Tardia

A taxonomia mencionada na seção anterior explora aspectos da mudança técnica e da acumulação tecnológica que se vinculam aos países desenvolvidos. Os mesmos setores nos países de industrialização tardia não apresentam performance idêntica, porque o processo de industrialização apresenta fragilidades setoriais, criando lacunas em suas matrizes tecnológicas, mesmo com matrizes de insumo-produto “completas”, sub-representando alguns setores, em particular nos segmentos de bens de capital, e debilitando a capacidade nacional de criar novos produtos e processos.

Em virtude disso, os mecanismos de geração de inovações possuem deficiências ou simplesmente diferem entre os mesmos setores das economias desenvolvidas e emergentes. O próprio sentido do conceito de inovação assume caráter distinto em tais países, pois, em sua maioria, são adaptações de produtos e processos já existentes em outras partes do mundo ou simplesmente são novos apenas para a empresa que os produz.

Nestes países de industrialização tardia, a presença de empresas multinacionais influencia a incorporação de novas técnicas aos processos produtivos.

Estudos como o de Quadros et alii (2001) mostram que empre-

sas controladas por capital estrangeiro teriam maior propensão inovadora, ainda que se limitassem a fazer adaptações nas tecnologias de processo e produtos, trazidas de países desenvolvidos.

Por outro lado, o trabalho de Viotti (2002), ao mostrar a dependência que o Brasil teve em relação ao investimento direto externo como forma de adquirir tecnologia externa conduz a outra conclusão. Por trás destes investimentos diretos externos estariam as multinacionais cujas filiais podem contar com suas sedes para as suas necessidades tecnológicas, apenas contribuindo para a modernização do aparato produtivo do país em que estão. Ou seja, não geram capacitação de inovação, mas apenas modernizam o aparato produtivo. Nesse sentido, elas limitam a geração de inovações nos países em que estão sediadas, já que possibilitam a estes o acesso às tecnologias de fronteira, mas não a entrada efetiva nestas tecnologias.

Viotti (2002, p. 657) aborda essas questões, enfatizando que “os processos de mudança técnica nas economias em industrialização são geralmente limitados à absorção e ao melhoramento de inovações produzidas nos países industrializados”. O autor propõe a substituição do conceito de inovação pelo de aprendizado tecnológico para tais países e, ao invés de Sistemas Nacionais de Inovação, seria mais apropriado usar o conceito de Sistemas Nacionais de Mudança Técnica.

O conceito de aprendizado teria a vantagem de abraçar dois outros que são fundamentais para a dinâmica da industrialização tardia: os de difusão e de inovação incremental. O aprendizado, nesta forma restrita, é definido pelo processo de mudança técnica obtida pela difusão e pela inovação incremental, ou seja, ocorre pela absorção de técnicas já existentes, que permitem a geração de melhoramentos na vizinhança das técnicas adquiridas. Absorção e inovações incrementais podem ser ativas ou passivas, na proposta do autor.

Uma absorção passiva ocorre com projetos de investimentos com técnicas prontas para serem usadas, por investimentos diretos externos, pelo licenciamento de tecnologia e pela compra de pacotes de tecnologia com assistência técnica dos fornecedores de bens de capital. Nenhum ou mínimo esforço tecnológico é observado nestas firmas.

De forma análoga, uma inovação incremental passiva surge do processo de *learning-by-doing* quando a firma pouco faz para aprender, sendo este praticamente sem custo e automático.

Por outro lado, nos casos de absorção ativa, os projetos de investimento e tecnologia são controlados progressivamente pela firma, assim como são realizadas imitação, engenharia reversa e cópia. Além dessas, há o emprego de pessoal qualificado, o aprendizado com fornecedores de maquinaria e consultores independentes, treinamento de engenheiros e gerentes no exterior e aprendizado no chão da fábrica.

Essas formas de aquisição de tecnologia se associam com esforço tecnológico interno e por isso geram oportunidades de aprendizado que vão além da capacitação na produção, envolvendo capacitação na realização de melhoramentos incrementais (ativos) e de inovação.

Esses conceitos, juntamente com evidências empíricas que foram baseadas em indicadores gerais de educação e qualificação da força de trabalho, padrões de aquisição de tecnologia e padrões de comprometimento de recursos com o aprendizado tecnológico, foram fundamentais para o autor diferenciar os casos do Brasil e da Coreia.

No Brasil, o investimento direto externo apenas contribuiu para absorver capacidades produtivas, mas não para desenvolver estratégias de aprendizado ativo. Na Coreia, a fonte de aquisição

formal de tecnologia mais relevante não foi o investimento direto externo, mas a importação de bens de capital, acompanhadas de estratégias complementares que caracterizam absorção, aprendizado e inovações incrementais ativas.

Para entender isso, Bell e Pavitt (1993) enfatizam que a acumulação de capacidades tecnológicas é cada vez menos vinculada à capacitação de produção. Ao longo da história do capitalismo houve clara diferenciação e crescente especialização no que se refere aos conhecimentos e às habilidades exigidas para usar e operar as tecnologias e os que são necessários para criá-las e mudá-las. Ao contrário de unidades fabris do setor têxtil do século XIX, que produziam boa parte de seus bens de capital, o *locus* de produção não mais coincide totalmente com o *locus* de aprendizado tecnológico.

O Brasil é citado por Bell e Pavitt (1993) como país em que o desenvolvimento da indústria de bens de capital e dos setores intensivos em escala não foi seguido pelo surgimento de setores de instrumentação e de maquinaria especializada e complexa ou de setores intensivos em ciência.

Os autores contrastam esse caso com o da Coreia do Sul, onde ocorreu mudança da estrutura industrial de setores intensivos em trabalho, que são dominados pelos fornecedores, para setores intensivos em escala e em menor grau para fornecedores de equipamentos especializados. A experiência dos países asiáticos combinou importação de tecnologia com esforços intensos para aperfeiçoar e desenvolver o que era inicialmente adquirido. Como enfatizam os autores, “*firms did not choose between imported and local technology as sources of technical change. They chose both!*” (Bell e Pavitt (1993), p. 193).

Além disso, como houve aumento da escala eficiente mínima para a produção de bens ao longo do desenvolvimento do capitalismo

mundial, a frequência de projetos de investimentos diminuiu. Com isso, caíram também os incentivos e as oportunidades para investimentos em aprendizado tecnológico. Em suma, as transformações do capitalismo tornaram a acumulação tecnológica menos incorporada (*built-in*) ao processo de industrialização, alterando as condições para aprendizado tecnológico nos países de industrialização tardia.

Como é possível agrupar os setores industriais brasileiros a partir de um conjunto de indicadores que traduzem esforço tecnológico? Essa questão é relevante principalmente se levarmos em consideração algumas das particularidades da mudança técnica descrita nestas últimas seções, como a absorção de técnicas desenvolvidas em países com liderança tecnológica através da compra de máquinas, como o peso da absorção passiva, medida, em parte, pelos gastos com compra de P&D e de outros conhecimentos externos ou como o esforço interno, medido através da realização da P&D.

Tentativas de classificações de padrões setoriais com base apenas em um ou dois indicadores possuem a desvantagem de não lidar com a complexidade de formas pelas quais podem ocorrer a incorporação de progresso técnico e a geração de inovações, seja através de realização de P&D ou de várias outras atividades que envolvem a compra de bens, serviços e conhecimentos externos. Por outro lado, trabalhar com muitas variáveis ao mesmo tempo dificulta a visualização das informações que a base de dados pode revelar.

Uma forma adequada de lidar com muitas variáveis é a aplicação de métodos descritivos de análise multivariada, que é um meio de sintetizar o conjunto das variáveis originais da base de dados através de um número reduzido de variáveis construídas.

4 Metodologia: Análise de Componentes Principais e Análise de Cluster

Dentre as diversas alternativas de métodos de análise multivariada, consideramos que o método de componentes principais se acomoda bem aos objetivos deste trabalho, restritos à identificação e classificação setorial segundo atributos de esforço tecnológico.

Segundo Manly (1986) e Johnson e Wichern (1992), os objetivos da análise de componentes principais podem ser resumidos em dois: redução de dados e interpretação. É uma das principais vantagens desta técnica é que sua aplicação independe de suposição de distribuição normal multivariada.

Em termos algébricos, os componentes são definidos como combinações lineares de p variáveis aleatórias X_1, X_2, \dots, X_p , que produzem índices Z_1, Z_2, \dots, Z_p que são não-correlacionados e são ordenados de forma decrescente com a variância. Por serem não-correlacionados, pode-se dizer que os índices medem diferentes “dimensões” dos dados.

A proposta desta combinação é reduzir a redundância existente num grande número de variáveis, de forma que a maior parte da variabilidade dos dados seja reproduzida por uma pequena quantidade de componentes. Estes têm o papel de substituir as p variáveis originais por k componentes principais. Por causa da simplificação que implica o método, relacionamentos, antes difíceis de serem revelados, emergem mais claramente da estrutura dos dados.

Os passos para implementação da técnica são encontrados em Manly, como a seguir:

- i) Padronizar as variáveis originais, de forma que X_1, X_2, \dots, X_p tenham média zero e variância unitária. Esse procedimento evita que haja interferência da escala de alguma variável, tendo cada uma igual peso na análise;
- ii) Calcular a matriz de correlação dos dados padronizados. Para que a técnica funcione bem, é preciso haver alta correlação entre as variáveis originais, ou seja, a técnica será capaz de reduzir um grande número de variáveis originais a um pequeno número de variáveis transformadas não correlacionadas;
- iii) Achar as raízes características (*eigenvalues*) $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ e os vetores característicos (*eigenvectors*) a_1, a_2, \dots, a_p . Os coeficientes dos enésimos componentes principais são dados por a_n e sua variância por λ_n .
- iv) Selecionar um número de componentes que levem em consideração uma proporção adequada da variação dos dados para o tipo de problema em questão.

Tal técnica pode ser complementada com a análise de cluster. Esta, de natureza exploratória, é usada para determinar dimensionalidade, identificar valores extremos (*outliers*) e sugerir hipóteses sobre relações entre as variáveis. Os casos ou unidades são agrupados com base na sua proximidade, indicada por medidas de distância, geralmente euclidianas. As variáveis são agrupadas com base em coeficientes de correlação ou medidas de associação.

O método usado neste trabalho é hierárquico e aglomerativo, o que significa usar um algoritmo que inicialmente estipula tantos grupos quanto objetos. Estes são sucessivamente agrupados de acordo com sua semelhança até que, à medida que a similaridade exerça menos influência, todos os subgrupos formem um único grupo. Os resultados são facilmente visualizados num diagrama bidimensional denominado de dendograma, que mostra

as sucessivas uniões de objetos e subgrupos a cada estágio.

A seção seguinte descreve a base de dados usada e os indicadores que foram construídos para implementação de métodos de análise multivariada.

5 Características da Base de Dados e a Construção de Indicadores

A PINTEC aborda a inovação a partir de uma amostra de 11.044 empresas que representam uma população de cerca de 75 mil empresas com dez ou mais empregados, fazendo segmentação entre inovadores e não-inovadores. Destas 75 mil empresas, 22.698 foram consideradas inovadoras. As questões foram elaboradas com base no Manual Oslo a fim de propiciar comparabilidade internacional e assegurar precisão e qualidade das informações coletadas (Bastos et alii (2003)).

As inovações são referentes ao período de 1998 a 2000. Por isso, a maioria das variáveis qualitativas é referente a esse período, enquanto as quantitativas são do ano de 2000.

Sob orientação do manual OSLO, a PINTEC investiga a existência de dois tipos básicos de esforços para inovar. O primeiro envolve a realização de pesquisa básica, aplicada e o desenvolvimento experimental (P&D), que se define pelo empreendimento de trabalho criativo e sistemático para acumular conhecimento passível de ser aplicado em novos produtos e processos ou no aperfeiçoamento destes. A P&D tem como fases mais importantes o desenho, a construção e o teste de protótipos e de instalações piloto, assim como o desenvolvimento de software, caso este represente avanço tecnológico ou científico.

O segundo tipo de esforço reúne a aquisição de bens, serviços e conhecimentos externos, especialmente importantes se considerarmos que os setores de atividade possuem diferentes padrões para inovar e o próprio processo de inovação da economia brasileira.

A aquisição externa de tecnologia, investigada pela PINTEC, pode ser desdobrada em: aquisição externa de P&D; aquisição de conhecimento através de diversas formas de transferência de tecnologia; compra de bens de capital; treinamento para implementar inovação, gastos com a comercialização de produto novo ou aperfeiçoado; procedimentos e preparações técnicas para efetivar a implementação de inovações de produto e processo. Os dados referem-se a empresas por faixa de tamanho e por divisões e grupos industriais, ou seja, a 2 ou a 3 dígitos na Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE (IBGE (2002)). O Quadro 1 apresenta os setores usados neste trabalho e seus respectivos códigos na CNAE. As variáveis construídas são expostas no Quadro 2.

Quadro 1: Nível de agregação e descrição setorial da base de dados

SIGLA	NOME DO SETOR	CLASSIFICAÇÃO CNAE
ALIM	Fabricação de produtos alimentícios	Grupos 151 a 158
BEBI	Fabricação de bebidas	Grupo 159
FUMO	Fabricação de produtos do fumo	Grupo 160
TEXT	Fabricação de produtos têxteis	Divisão 17
VEST	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	Divisão 18
COUR	Preparação de couros de fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	Divisão 19
MADE	Fabricação de produtos de madeira	Divisão 20
CELU	Fabricação de celulose e outras pastas	Grupo 211
PAPEL	Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel	Grupos 212 a 214
IMPRE	Edição, impressão e reprodução de gravações	Divisão 22
COQUE	Fabricação de coque, álcool e elaboração de combustíveis nucleares	Grupos 231, 233, 234
PETRO	Refino de petróleo	Grupo 232
QUIM	Fabricação de produtos químicos	Grupos 241 a 249 (exceto 245)
FARM	Fabricação de produtos farmacêuticos	Grupo 245
BORR	Fabricação de artigos de borracha e plástico	Divisão 25
NAOMET	Fabricação de produtos de minerais não metálicos	Divisão 26
SIDER	Produtos siderúrgicos	Grupos 271 a 273
METANFER	Metalurgia de metais não ferrosos e fundição	Grupos 274 e 275
METAL	Fabricação de produtos de metal	Divisão 28
MAQEQ	Fabricação de máquinas e equipamentos	Divisão 29
MAQESC	Fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática	Divisão 30
MAQELE	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	Divisão 31
MATELE	Fabricação de material eletrônico básico	Grupo 321
COMUM	Fabricação de aparelhos e equipamentos de comunicações	Grupos 322 e 323
INSTR	Fabricação de equipamentos de instrumentação médico hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios	Divisão 33
MONTA	Fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias	Grupos 341, 342, 343 e 345
AUTO	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	Grupo 344
EQTRAN	Fabricação de outros equipamentos de transporte	Divisão 35
MOBI	Fabricação de artigos do mobiliário	Grupo 361
DIVER	Fabricação de produtos diversos	Grupo 369

Fonte: elaboração própria

Quadro 2: Definição dos indicadores de esforço tecnológico utilizados

SIGLAS	INDICADORES
GASTOFAT	Gastos totais com P&D em relação ao total da receita líquida de vendas do setor (inclui inovadores e não inovadores)
PDFAT	Gastos com P&D dividido pelo total de receita líquida de vendas do setor (inclui inovadores e não inovadores)
GPROP	Gasto setorial total com inovação em relação ao total da indústria de transformação
MAQPROP	Gastos com máquinas pelo setor em relação ao total da indústria de transformação
PDPROP	Gastos com P&D pelo setor em relação à P&D total da indústria de transformação
PDG	Gastos com P&D em relação ao total de gasto com inovação
MAQG	Gastos com máquinas em relação ao total de gasto com inovação
TREIG	Gastos com treinamento em relação ao total de gasto com inovação
INTG	Gastos com introdução das inovações tecnológicas no mercado em relação ao total de gasto com inovação
PDEXTG	Gastos com aquisição externa de P&D em relação ao total de gasto com inovação
OUTEXTG	Gastos com aquisição de outros conhecimentos externos em relação ao total de gasto com inovação
IIPD	Número de pessoas alocadas em P&D com nível superior em relação ao total de empregados do setor registrado na PIA – Pesquisa Industrial Anual de 2000

Fonte: elaboração própria

6 Análise dos Dados

6.1 Características gerais da inovação no Brasil

O conjunto de empresas brasileiras, que inovou durante o período de 1998 a 2000, é restrito, representando 31,5% do total de empresas com mais de 10 empregados. Deste total, 6,3% inovou em produto, 13,9% em processo e 11,3% em produto e processo. São ainda mais escassos os casos de inovadores em que o produto ou processo é novo para o mercado nacional. Apenas 13% e 8,8% disseram ter criado produtos e processos novos para o mercado nacional, respectivamente.

Em relação ao tipo de atividade inovadora, o gasto com aquisição de máquinas e equipamentos é predominante, representando cerca de 52,1% dos dispêndios totais (de R\$ 22,2 bilhões). O peso deste tipo de atividade inovadora claramente confirma a condição de atraso tecnológico do país e reflete a característica de “absorção passiva” destacada por Viotti (2002).

Os gastos com P&D seguem com 16,8% do total e os gastos com projeto industrial e outras preparações técnicas representavam 14,8%. O restante dos gastos está dividido entre a introdução das inovações tecnológicas no mercado (6,4%), aquisição de outros conhecimentos externos (5,2%), aquisição externa de P&D (2,8%) e treinamento (1,9%).

Em relação à taxa de inovação setorial, pode-se observar alguma correspondência entre a ordem de importância dos setores nacionais e internacionais. Ou seja, quando se trata de proporção de empresas com inovações em relação ao total de empresas do setor aparecem os setores em que as oportunidades tecnológicas são mesmo mais relevantes, como máquinas para escritório e equipamentos de informática, material eletrônico básico, aparelhos de comunicação, instrumentos médico-hospitalares e de automação industrial, máquinas e materiais elétricos, produtos farmacêuticos, química e máquinas e equipamentos.

Entretanto, entre os dez principais também aparecem alguns setores que decerto não teriam tal destaque em países desenvolvidos, como celulose e outras pastas e fabricação de peças e acessórios para veículos (ver Tabela 1, última coluna).

Por outro lado, esse simples ordenamento tende a obscurecer o grau de esforço tecnológico setorial efetivamente empreendido e também o impacto da inovação produzida, como se verá na seção seguinte em relação ao setor de material eletrônico básico, que no ordenamento anterior assume segunda colocação.

Tabela 1. Indicadores de esforço tecnológico da indústria brasileira (em %)

Setores	GASTOFAT	PDFAT	GPPROP	MAQPROP	PDPROP	MAQG	PDG	outros	IIPD	TIS
ALIM	3,9	0,2	9,3	10,0	5,9	56,3	10,6	33,1	0,2	29,2
AUTO	7,4	0,5	4,7	6,1	2,3	68,0	8,4	23,6	0,4	46,2
BEBI	2,3	0,1	0,8	1,2	0,3	77,3	5,2	17,4	0,1	32,9
BORR	5,7	0,4	4,5	6,4	2,5	74,4	9,2	16,4	0,3	39,7
CELU	5,2	0,5	0,8	1,3	0,5	79,6	10,1	10,3	1,1	51,8
COMUM	4,0	1,7	4,7	2,6	9,8	29,1	35,1	35,8	2,3	62,1
COQUE	3,3	0,0	0,3	0,4	0,0	80,1	2,4	17,5	0,1	31,9
COUR	2,1	0,3	0,9	0,7	0,9	41,4	16,3	42,3	0,1	33,6
DIVER	3,3	0,5	0,8	0,6	0,5	44,1	11,6	44,3	0,2	30,0
EQTRAN	6,5	2,7	2,5	1,3	7,0	26,2	46,1	27,7	3,4	43,7
FARM	3,7	0,8	3,5	1,9	3,0	28,7	14,6	56,8	1,0	46,8
FUMO	1,1	0,6	0,2	0,1	0,6	34,6	55,8	9,6	0,8	34,8
IMPRE	3,7	0,1	2,3	3,7	0,3	82,2	2,0	15,8	0,2	33,1
INSTR	5,0	1,8	0,9	0,7	1,9	38,8	35,1	26,1	1,8	59,1
MADE	1,8	0,2	1,5	2,3	0,3	79,9	3,6	16,5	0,1	14,3
MAQEQ	3,5	1,1	5,6	5,2	9,2	48,8	27,7	29,1	0,7	44,4
MAQELE	3,1	1,8	3,8	3,0	7,0	41,0	30,6	22,8	0,9	48,2
MAQESC	4,1	1,3	1,2	0,6	2,9	26,8	41,7	31,5	3,6	68,5
MATELE	5,8	0,7	0,6	0,6	0,6	51,2	17,2	31,5	0,7	62,9

Tabela 1. Indicadores de esforço tecnológico da indústria brasileira (em %) – cont.

Setores	GASTOFAT	PDFAT	GPPROP	MAQPROP	PDPROP	MAQG	PDG	outros	IIPD	TIS
METAL	2,6	0,4	2,7	3,1	1,6	59,7	10,0	310,3	0,2	32,8
METANFER	8,0	0,3	1,4	1,3	1,0	51,4	12,6	36,0	0,2	36,2
MOBI	5,9	0,2	1,3	1,7	0,6	66,3	7,4	26,3	0,2	36,2
MONTA	5,0	1,0	12,4	7,5	10,4	31,6	14,1	54,3	1,1	26,3
NAOMET	4,5	0,3	3,8	5,1	1,4	70,0	6,1	23,9	0,1	21,0
PAPEL	4,9	0,3	2,8	4,2	1,5	76,3	8,7	15,0	0,2	24,4
PETRO	1,4	1,0	3,0	0,5	12,0	8,7	67,7	23,6	2,2	39,4
QUIM	1,4	0,6	11,1	11,2	11,2	52,2	16,8	31,0	1,0	46,0
SIDER	4,9	0,4	8,8	11,4	2,9	67,5	5,5	27,0	0,6	19,7
TEXT	1,1	0,3	2,8	3,9	1,2	74,6	7,4	18,0	0,1	31,9
VEST	3,6	0,2	1,0	1,2	0,6	61,4	10,1	28,5	0,1	26,2

Obs.: 1) “outros” referem-se à soma das variáveis PROJG, INTG, OUTEXTG, PODEXTG e TREIG;

2) TIS=Taxa de Inovação Setorial, definida pela divisão do número de empresas com inovações em relação ao total de empresas do setor;

3) para o significado das outras siglas, ver Quadro 1 e 2.

Fonte: IBGE (2002). Elaboração própria.

Dos 30 setores considerados, os 10 mais importantes participam com 68% do total de gastos com inovação¹ e são responsáveis por cerca de 51% do valor adicionado da indústria de transformação brasileira. Ao contrário da tendência observada em países desenvolvidos, a ordem de importância dos setores no Brasil não é a mesma, em termos de gastos e importância atribuída às atividades tecnológicas.

Em razão disso, é comum não haver correspondência completa entre as classificações das indústrias quanto à intensidade tecnológica nas economias mais industrializadas e no Brasil.

Quadros et alii (2003) mostram que setores como defensivos agrícolas, classificados como de alta intensidade tecnológica pela OCDE, foram considerados como de média-alta tecnologia no Brasil. Por outro lado, outros setores tipicamente de alta tecnologia, como fabricação de produtos farmacêuticos e de aparelhos de comunicação, foram agrupados no segmento de tecnologia média-baixa, enquanto a fabricação de caminhões e ônibus, foi considerada de alta tecnologia, sendo classificada como de tecnologia média-alta pela OCDE.

Segundo os autores, essas diferenças de ordenamento são devidas ao fato de haver, no Brasil, setores cujo grau de internacionalização é alto, possuindo quase toda infra-estrutura de P&D fora do País. Por outro lado, a heterogeneidade tecnológica setorial não apenas vai refletir a origem do capital, mas também a estrutura industrial, enviesada do ponto de vista da sua capaci-

¹ Veículos automotores, reboques e carrocerias (12,4%), produtos químicos (11,1%), produtos alimentícios (9,2%), produtos siderúrgicos (8,8%), máquinas e equipamentos (5,6%), aparelhos e equipamentos de comunicações (4,7%), peças e acessórios para veículos (4,7%), artigos de borracha e plástico (4,5%), máquinas, aparelhos e materiais elétricos (3,9%) e produtos farmacêuticos (3,5%).

dade tecnológica, para setores baseados em recursos naturais, que sustentam a pauta de exportações. Já que estes setores são em geral “dominados pelos fornecedores” ou “intensivos em escala”, o esforço privado de P&D torna-se relativamente pouco significativo, pois que seu esforço tecnológico concentra-se na aquisição de máquinas e equipamentos. Por sua vez, os setores nacionais “baseados em ciência”, “fornecedores especializados” e “intensivos em informação” possuem um esforço, baseado em P&D, relativamente pequeno, em função da natureza passiva do processo de absorção, proveniente de fontes do exterior através dos diversos mecanismos de transferência internacional de tecnologia, quer seja intra-firma ou inter-firmas.

A OCDE (1996) classifica os setores com base em dois indicadores. Um, de intensidade direta, é o gasto de P&D sobre o valor agregado ou valor de transformação industrial. O outro, de intensidade indireta, é baseado na relação entre gastos de P&D e valor agregado, multiplicada pelos coeficientes técnicos dos setores, da matriz de insumo-produto.

Para fins de comparação, Quadros et alii (2003) construíram um indicador baseado na relação entre o número de pessoas com educação superior alocadas em P&D e o total de pessoas empregadas no setor de atividade, referentes ao período 1994-1999. O limite de tal indicador é que ele refletiria apenas parcialmente o esforço tecnológico dos empresários nacionais, pois, por causa da limitação da base de dados, não considera a aquisição externa de tecnologia, o que seria mais adequado para a estrutura industrial brasileira.

A partir dessa discussão sobre a variedade de indicadores para se classificar a intensidade tecnológica industrial e com base nas particularidades que o processo de inovação e de difusão tecnológica assume no Brasil, o propósito da próxima seção é avaliar como os setores industriais brasileiros podem ser caracterizados

em torno de um conjunto geral de indicadores de esforço de inovação e de incorporação tecnológica.

Para tal, são usadas duas técnicas de análise multivariada, a de componentes principais e a de cluster. Numa primeira seção, indicadores relativos a gastos com tipos de atividade inovadora e a pessoas envolvidas com a P&D são submetidos à redução de dimensionalidade e, posteriormente, usados como insumos para se revelar agrupamentos possíveis.

6.2 *Indicadores gerais de esforço inovador*

Nesta seção são selecionados 13 indicadores de esforço inovador setorial. Destes, GASTOFAT e PDFAT medem a intensidade de gastos totais com inovação e de P&D, ambos em relação ao faturamento total do setor.

O primeiro deles complementa as informações expressas pela intensidade de P&D, por duas razões: 1) a importância da P&D varia segundo a natureza do setor de atividade, pois há outras fontes de aprendizado e de acumulação de conhecimento, tendo em vista o processo de criação de bens; 2) o padrão de desenvolvimento industrial e tecnológico do país apresenta uma distribuição de gastos em inovação com menor participação relativa dos gastos em P&D vis-à-vis outras fontes.

Três indicadores tentam captar o peso de cada setor em relação ao total da indústria de transformação brasileira, em relação a três variáveis referentes a esforço inovador, que são o total de gastos com inovação (GPROP), gastos com máquinas (MAQPROP) e com P&D (PDPROP).

Sete indicadores medem a importância de cada tipo de ativi-

dade inovadora por setor industrial. Foram construídos através da divisão do gasto que o setor realizava em cada tipo de atividade inovadora pelo total de gasto de inovação do mesmo setor (MAQG, PDG, PDEXTG, OUTEXTG, TREIG, INTG e PROJG). Finalmente, considera-se também o indicador usado em Quadros et alii (2003), que divide o número de pessoas com escolaridade superior em relação ao total de pessoas ocupadas naquele setor (IIPD).

A Tabela 2 mostra a contribuição individual e acumulada dos componentes principais. A Tabela 3 traz os resultados da aplicação da técnica dos componentes principais sobre estes indicadores de esforço tecnológico. O Gráfico 1 revela a distribuição dos setores em torno dos quadrantes formados pelos dois principais componentes.²

Os quatros primeiros componentes dos indicadores gerais de esforço inovador setorial explicam cerca de 77% da variância total dos dados (Tabela 2).

O primeiro componente, que é responsável por 32% da variância, faz uma clara distinção entre dois tipos de esforço tecnológico. De um lado, está a variável que representa a compra de máquinas em relação aos gastos totais com inovação (MAQG). De outro lado, temos as variáveis que medem a intensidade de P&D, através de gasto (PDFAT) ou por pessoal alocado na atividade (IIPD), o peso da P&D no total de gastos com inovação do setor (PDG) e a participação do setor nos gastos de P&D da indústria de transformação (PDPROP) (Tabela 3).

Todas essas últimas quatro variáveis (PDFAT, PDG, IIPD, PDPROP) possuem relação positiva com o componente 1 e im-

² O gráfico omite os vetores menos relevantes, como PDEXTG, GASTOFAT, INTG e OUTEXTG, para facilitar a visualização.

Tabela 2. Importância relativa dos componentes

Componentes	Variância explicada (em %)	
	Individual	Acumulada
1	32,43	32,43
2	21,95	54,38
3	12,18	66,56
4	11,11	77,68
5	7,93	85,60
6	4,91	90,52
7	3,72	94,24
8	2,40	96,64
9	1,47	98,11
10	1,00	99,08
11	0,84	99,90
12	0,10	100,00
13	0,00	100,00

Fonte: elaboração própria através do SPLUS-2000

portância relativa semelhante, com exceção de PDPROP. A função desempenhada por este componente é separar os setores que desenvolvem tecnologia daqueles que apenas compram, podendo ser classificado como *esforço inovador próprio*. Pode-se afirmar, então, que há dois grandes grupos de setores: aqueles em que a inovação é dependente da compra de bens de capital que incorporam novas tecnologias e aqueles em que há esforço interno, representado pelo peso da atividade de P&D, medida por diferentes formas (PDFAT, PDG e IIPD).

Tabela 3. Coeficientes dos componentes principais

Variáveis	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
GASTOFAT			-0,645	0,262
PDFAT	0,432		-0,230	
GPROP		0,574		
MAQPROP		0,524		
PDPROP	0,328	0,348		-0,248
PDG	0,409			-0,277
MAQG	-0,449			
PDEXTG	0,246			
OUTTEXTG			0,229	0,478
TREIG	0,204	-0,207	-0,390	0,302
INTG			0,402	0,578
PROJG		0,405	-0,270	0,256
IIPD	0,431			

Obs.: os valores omitidos situavam-se abaixo de 0,20.

Fonte: elaboração própria, com base no software SPLUS-2000.

A tabela de pesos (*loadings*) mostra que o componente 2 é responsável por 22% da variabilidade dos dados. Três vetores se destacam neste componente (GPROP, MAQPROP e PROJG) pelos elevados valores absolutos. Pode-se denominar tal componente de *intensivo em escala*, pela magnitude de gastos e pelo tipo de esforço que é realizado para inovar, através de compras de máquinas e equipamentos que permitem a aquisição de processos produtivos mais eficientes, os quais viabilizam melhorias nos produtos destes setores.

O terceiro componente é responsável por 12% da variância dos dados. Neste caso, os setores que possuem baixa intensidade de gasto com inovação em relação ao faturamento (GASTOFAT), e cujo treinamento (TREIG) é pouco relevante, opõem-se àqueles em que o gasto com introdução do produto no mercado (INTG) é importante. Esse componente pode ser denominado de *intensidade de gasto com inovação na introdução de produto*.

O quarto e último componente é responsável por 11% da inércia do conjunto de informações. Ele contrapõe as variáveis INTG, OUTEXTG, TREIG, GASTOFAT e PROJG às outras. Pela magnitude dos coeficientes das duas primeiras variáveis citadas acima, o componente parece resumir um esforço inovador centrado nos gastos para colocar o produto no mercado e caracterizado pela aquisição de outros conhecimentos técnicos externos à empresa. Por isso, de certa forma, este componente corrobora o terceiro.

Tais variáveis retratam um esforço inovador concentrado no final do processo de inovação, quando o produto está próximo do consumidor final, e dependente de aquisição de conhecimentos externos. Pode-se dizer que falta a esses setores autonomia para inovar, tendo em vista que precisam pagar por licenciamento de patentes, uso de marcas, adquirir know-how, software e demais conhecimentos técnicos e científicos de terceiros. Por isso, tal componente pode ser denominado de *esforço baseado na aquisição externa de conhecimentos*.

A caracterização dos componentes acima permite a análise gráfica dos resultados, segundo cada quadrante cartesiano. Para efeito de simplificação, serão apresentados graficamente apenas os dois primeiros componentes, que explicam 54% da variância das variáveis originais. O Gráfico 1 mostra no quadrante inferior esquerdo setores produtores de bens tradicionais e de matérias-primas e insumos básicos e intermediários em torno do vetor MAQG, ou seja, são setores tipicamente “dominados pelos fornecedores”. Podem ser citados: coque, álcool e elaboração de combustíveis nucleares (COQUE); artigos de borracha e plástico (BORR); embalagens e artefatos de papel (PAPEL); produtos de madeira (MADE); edição, impressão e reprodução de gravações (IMPRE); produtos de metal (METAL); artigos de vestuário e acessórios (VEST); artigos de mobiliário

Nos dois quadrantes superiores situa-se um conjunto de setores que lidera os gastos totais com inovação (GPROP) além de assumirem também as primeiras posições em relação aos gastos com máquinas (MAQPROP), projeto industrial e outras preparações técnicas em relação ao total de seus gastos com inovação (PROJG). Sobre o peso dos projetos, para cada setor citado este item representava aproximadamente 15% do gastos totais com inovação para alimentos e química, sendo que o peso era ainda maior para fabricação de veículos e siderurgia (25% e 23%, respectivamente). Em termos de importância produtiva, juntos representam 30% do valor adicionado e 38% do valor bruto da produção.

A diferença entre os Quadrantes 1 e 2 decorre da importância relativa dos gastos com máquinas e equipamentos (MAQPROP) e P&D (PDPROP) para a inovação. No Quadrante 2 estão os setores intensivos em escala mas que possuem pequeno esforço inovador próprio, como fabricação de produtos siderúrgicos (SIDER), de alimentos (ALIM) e metais não-ferrosos (METAN-FER) e minerais não metálicos (NÃO MET).

Outro padrão de inovação ocorre nos setores posicionados no Quadrante 1, em torno do vetor relativo à proporção dos gastos em P&D (PDPROP). São setores intensivos em escala e que possuem significativo esforço inovador próprio, como montadoras de veículos automotores (MONTA), química (QUIM), máquinas e equipamentos (MAQEQ), farmacêuticos (FARM) e aparelhos e equipamentos de comunicações (COMUM).

Finalmente, no Quadrante 4 estão os setores em que o fator “escala técnica” para inovação, pela qual caracterizamos o segundo componente, não tem importância e que possuem significativo esforço interno para criação e acumulação de conhecimento novo e baseiam-se, relativamente mais que outros setores da economia brasileira, em gastos de P&D e em recursos hu-

manos qualificados para inovar. Neste quadrante estão setores como equipamentos de transporte³ (EQTRAN), máquinas para escritório e equipamentos de informática (MAQESC) e equipamentos médico-hospitalares e de automação industrial (INSTR). É interessante observar que, mais próximo do eixo das abscissas, está o setor de refino de petróleo (PETRO). Sua posição revela que, em relação à “intensidade de escala”, ele está na média dos setores industriais brasileiros. Mas, sua posição em relação ao componente 1 revela que este é um setor com grande esforço inovador próprio. Este resultado é coerente com o peso e a importância do setor no Brasil, representado pela PETROBRÁS, em termos de capacidade de inovar.

Desses cinco setores citados (MAQESC, EQTRAN, INSTR, MAQELE, PETRO), os quatro primeiros têm peso muito modesto na economia brasileira com cerca de 6,4% do valor da produção e 6,2% do valor adicionado, mas lideram o ranking setorial das variáveis PDFAT, IIPD, PDG e TREIG. As médias dessas variáveis para a indústria de transformação são, respectivamente, 0,65%, 0,41%, 17% e 1,9%, bem inferiores aos percentuais de cada setor mencionado (Tabela 1). Tomando como exemplo o indicador IIPD, os cinco principais setores somados apresentam cerca de 13% do pessoal com nível superior alocado em P&D. Este percentual supera a soma dos outros 25 setores, que é de 10,6%.

Os setores de produtos diversos (DIVER), artefatos de couro e calçados (COUR), material eletrônico básico (MATELE) e produtos do fumo (FUMO) destacam-se por apresentarem valores negativos do componente 2 e por terem valores que se aproximam de zero para o componente 1. Isso significa que eles não apresentam grandes gastos totais com inovação e particularmente com

³ Este setor refere-se à divisão 35 da CNAE, englobando a produção de embarcações, veículos ferroviários, aeronaves, motocicletas.

maquinaria, além de não gastarem muito com projetos industriais, em relação aos outros setores. Em relação ao P&D (pessoal e gastos) e aos gastos com treinamento, eles despendem o equivalente à média de todos os setores.

Dentre tais setores, verifica-se a presença do setor material eletrônico (MATELE), que constitui a base sobre a qual se assenta o atual paradigma tecnológico⁴. Suas coordenadas na análise multivariada demonstram claramente a fragilidade do setor no Brasil e a distância dos países difusores de tecnologia, tendo em vista que, baseado nas evidências de países desenvolvidos, ele é classificado como de alta tecnologia por qualquer indicador regularmente usado para conceituar tais indústrias. Ele representa somente 0,5% e 0,4% dos valores da produção e agregado nacionais, ocupando a última colocação entre os 30 setores.

Para revelar de que forma é possível agrupar tais setores, em relação aos indicadores usados na análise de componentes principais, procedeu-se ao uso da técnica de agrupamento hierárquico aglomerativo. Foi usado o método de Ward para agrupamento de casos (no nosso caso, setores).

A técnica tornou possível dividir os setores industriais brasileiros em dois grandes blocos. Um destes possui duas claras subdivisões. Na primeira, há os setores que classificamos como “intensivos em escala” na análise de componentes principais pre-

⁴ Segundo a taxonomia de Pavitt este setor é classificado como “baseado em ciência”. De acordo com a CNAE, pode-se verificar que este grupo industrial compreende a fabricação de válvulas e tubos eletrônicos, cinescópios, transistores, núcleos magnéticos, circuitos integrados e impressos, diodos, triodos, células fotoelétricas, capacitores ou condensadores eletrônicos fixos ou variáveis, resistências eletrônicas, inclusive reostatos e potenciômetros, flashes eletrônicos e semelhantes.

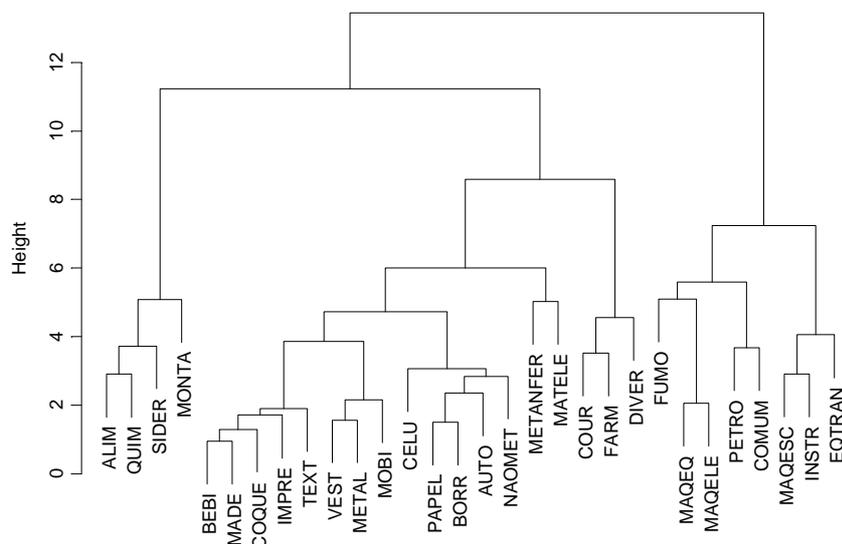


Diagrama 1

Clusters hierárquicos dos setores industriais brasileiros

viamente implementada (ALIM, QUIM, SIDER, MONTA), embora não haja homogeneidade completa entre estes setores. O gráfico mostra isso ao agrupar primeiro, entre 0 e 2 de distância, alimentos e química. A estes se unem posteriormente os setores de siderurgia e montadoras, nessa ordem (Diagrama 1).

Na segunda subdivisão do primeiro grande bloco, está maior quantidade de setores, os quais se unem à primeira subdivisão apenas a uma distância elevada (entre 10 e 12), em que a exigência de similaridade entre os setores é relaxada. Esta agrupa os setores tradicionais produtores de bens de consumo durável ou não e insumos básicos e intermediários, cujo padrão de mudança técnica é descrita pela literatura internacional como de “dominados pelos fornecedores”.

O esforço inovador destes foi caracterizado, pela técnica estatística anterior, como dependente da compra de máquinas e equipamentos para incorporar novas tecnologias ao processo

produtivo. Nesta subdivisão do dendograma estão praticamente todos os setores que estavam no quadrante esquerdo inferior e superior em torno do vetor MAQG, no Gráfico 1.

O setor farmacêutico também aparece nesta subdivisão do dendograma, formando um grupo com produtos de couro, que se une à indústria de produtos diversos. Este resultado é coerente com uma característica central da indústria farmacêutica brasileira, que é a importação quase total do fármaco para a produção dos remédios. Caso houvesse a produção de fármaco no Brasil, este setor não formaria grupo com outros, que são sabidamente menos inovadores.

Finalmente, o segundo grande bloco de setores é o que caracterizamos como inovadores dotados de substancial esforço interno para inovar. Eles são descritos pelo componente 1 e apresentam-se, principalmente, no interior do quadrante inferior direito (INTR, MAQESC, EQTRAN, PETRO) e do quadrante superior direito (MAQEQ, MAQELE, COMUM). Nota-se também que o segmento de material eletrônico básico (MATELE) não pertence a este agrupamento inovador mais dinâmico, coerentemente com o resultado anteriormente explicado.

7 Notas Conclusivas e Sugestões de Políticas Industrial e Tecnológica

Este artigo mostrou como os setores industriais brasileiros podem ser caracterizados em torno de um conjunto geral de indicadores de esforço de inovação e de incorporação tecnológica. Um resultado importante foi o que mostrou a existência de dois grandes grupos de setores em relação à mudança técnica no Brasil. No primeiro, esta é dependente da compra de bens de capital que

incorporam novas tecnologias e, no segundo, há esforço interno através de gastos em P&D. Em geral, os setores de maiores oportunidades tecnológicas possuem baixa participação na geração de valor agregado no Brasil.

Os resultados evidenciam as particularidades da mudança técnica no Brasil à medida que se constata que os setores de maiores oportunidades tecnológicas possuem um esforço inovador, baseado em P&D, relativamente pequeno, em razão do processo de absorção das economias em desenvolvimento, caracterizado como passivo e dependente de canais internacionais de transferência de tecnologia. A inserção do Brasil nestes setores demanda políticas tecnológicas integradas com políticas industriais.

A análise multivariada implementada mostrou que os setores industriais brasileiros que mais gastam com inovação (gastos totais e com máquinas e equipamentos) são aqueles vinculados a recursos naturais (alimentos e siderurgia) ou estão vinculados à montagem de veículos e ao complexo químico. A inovação destes setores é dependente de máquinas e equipamentos ou do projeto e operação de sistemas produtivos complexos. Ou seja, as tecnologias de processo e os bens de capital são fundamentais para a competitividade destes setores “dominados pelos fornecedores” e “intensivos em escala”. A elevada participação destes setores no total dos gastos com inovação no Brasil é coerente com a prioridade dada a estes setores pelos objetivos da política industrial dos anos 60 e 70.

Tendo em vista o peso que estes setores possuem na pauta de exportações e na estrutura produtiva do país é importante facilitar, por meio de reduções de taxas de juros e acesso ao crédito, a compra de bens de capital. Esta recomendação ganha importância se observamos que “a política tecnológica brasileira atual reconhece a relevância da tecnologia não-incorporada, na prioridade

concedida ao estímulo em gastos em P&D, mas praticamente não leva em consideração a tecnologia incorporada” (Prochnik e Araújo (2005)). Além disso, o complexo químico deve merecer especial atenção porque, segundo Kupfer e Rocha (2005), ao lado do segmento produtor de máquinas e equipamentos, responde por quase metade das empresas inovadoras e que diferenciam produtos no Brasil.

Levando-se em conta os indicadores de esforço inovador próprio, alguns setores despontam, como outros equipamentos de transporte (aviões, por exemplo), máquinas para escritório e equipamentos de informática, instrumentos médico-hospitalares, de precisão e óticos, máquinas e aparelhos elétricos e refino de petróleo. Alguns destes setores produzem as principais tecnologias do atual paradigma tecnológico (informática e eletrônica) e outros são fundamentais para toda a economia, como os de bens de capital, que são reconhecidos pela sua capacidade de adquirir e difundir novas qualificações, gerando externalidades para outros setores da economia (Rosenberg (1976)). Em relação a este último setor (máquinas e equipamentos), há também o fato de ele se destacar no Brasil em termos de performance inovadora, como mencionado anteriormente.

Em alguns destes setores, o Brasil possui reconhecida vantagem competitiva internacional, como aviões e extração de petróleo em águas profundas. Por isso, deveriam ser alvos de políticas industriais e tecnológicas que permitissem manter e ampliar sua produção tecnológica. Ao mesmo tempo, seria necessária a integração das políticas industrial e tecnológica para tornar possível o aumento da importância relativa de quatro dos setores citados anteriormente (máquinas para escritório e equipamentos de informática, outros equipamentos de transporte, instrumentos médico-hospitalares, de precisão e óticos, além de máquinas e aparelhos elétricos), pois eles possuem um peso muito modesto

na estrutura industrial brasileira.

Dentre os setores considerados estratégicos do ponto de vista da criação e difusão de novas técnicas, constatou-se que o de material eletrônico básico possui marcante fragilidade na estrutura industrial brasileira. Diferente dos países asiáticos, que lograram algum êxito entrando tardiamente neste setor, pode ser custoso e difícil para o Brasil superar as barreiras à entrada em uma tecnologia que demanda vultosos investimentos em infraestrutura física e capacitação de recursos humanos. A alternativa, também difícil de ser bem sucedida, resume-se às tentativas de atração de empresas multinacionais para produção de componentes eletrônicos no Brasil (Gutierrez e Leal (2004)).

Assim, se o objetivo for o de aumentar a taxa de inovação na indústria brasileira, dois tipos de políticas deveriam ser perseguidos, tendo como foco os aspectos setoriais.

Um tipo deveria se voltar para os setores tradicionais, que inovam por meio da compra de máquinas e equipamentos. Esta recomendação baseia-se no argumento de que essas indústrias podem ser importantes inovadores, seja porque a inovação pode ser vista como uma estratégia seguida por empresas de todos os setores ou porque há segmentos intensivos em tecnologia no meio de setores tradicionais (Prochnik e Araújo (2005)). Além disso, outro argumento que não permite a exclusão dos setores tradicionais de políticas tecnológicas é o que está presente em De Negri et alii (2005), pois afirmam que “inovar e diferenciar produtos é um fenômeno essencialmente horizontal e está presente em todos os setores da indústria brasileira”.

O outro tipo de política tecnológica deveria tentar internalizar a realização de P&D nas empresas, desde que seus setores usem este tipo de esforço como principal forma de gerar inovações. Para setores intensivos em tecnologia a P&D possui centralidade

porque é pré-requisito para absorção e criação de conhecimento novo e, desse modo, para aprendizado efetivo em parcerias tecnológicas (*joint-ventures*) ou mesmo para aproveitar o conhecimento científico disponível. Neste sentido, incentivos fiscais de P&D e créditos deveriam ser usados, ao lado da crescente capacitação de recursos humanos. *Joint-ventures* deveriam ser vistas como estratégia atraente como fonte de know-how complementar à P&D interna, devido ao custo desta última (Archibugi e Michie (1995)). A formação de *joint-ventures* deve possibilitar a capacitação tecnológica, e não simplesmente a aquisição de tecnologia, o que envolve formação de capital humano, através de educação formal, treinamento no trabalho, experiência e esforços específicos para obter, assimilar, adaptar, melhorar ou criar nova tecnologia (Dahlman (1984)).

Referências bibliográficas

- Araújo, R. D. (2004). Esforço inovador das firmas industriais brasileiras e efeitos transbordamentos. In *Anais Encontro Nacional de Economia*, Fortaleza. ANPEC.
- Archibugi, D. & Michie, J. (1995). The globalisation of technology: A new taxonomy. *Cambridge Journal of Economics*, 19:121–140.
- Bastos, C. P., Rebouças, M. M., & Bivar, W. S. B. (2003). A construção da pesquisa industrial de inovação tecnológica – PINTEC. In Viotti, E. B. & Macedo, M. M., editors, *Indicadores de Ciência e Tecnologia e de Inovação no Brasil*. Editora da UNICAMP, Campinas.
- Bell, M. & Pavitt, K. (1993). Technological accumulation and industrial growth: Contrasts between developed and developing countries. *Corporate Change*, 2(2):157–211.
- Bernardes, A. T. & Albuquerque, E. M. (2003). Cross-over, thresholds and interactions between science and technol-

- ogy: Lessons for less-developed countries. *Research Policy*, 32(5):865–885.
- Dahlman, C. J. (1984). Foreign technology and indigenous technological capability in Brazil. In Fransman, M. & King, K., editors, *Technological Capability in The Third World*. The Macmillan Press Ltd., Hong Kong.
- De Negri, J. A. & Salermo, M. S. (2005). *Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho Das Firmas Industriais Brasileiras*. IPEA, Brasília.
- De Negri, J. A., Salermo, M. S., & Castro, A. B. (2005). Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras. In De Negri, J. A. & Salermo, M. S., editors, *Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho Das Firmas Industriais Brasileiras*. IPEA, Brasília.
- Dosi, G. (1988). The nature of the innovative process. In Dosi, G. et al., editor, *Technical Change and Economic Theory*. Pinter Publishers, London.
- Gutierrez, R. M. V. & Leal, C. F. C. (2004). Estratégias para uma indústria de circuitos integrados no Brasil. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, no. 19, Mar., p. 3–22.
- IBGE (2002). Pesquisa industrial – Inovação tecnológica 2000. Rio de Janeiro, IBGE.
- Johnson, R. A. & Wichern, D. W. (1992). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Kannebley Jr., S., Porto, G. S., & Pazzelo, E. T. (2003). Características das empresas inovadoras no Brasil: Uma análise empírica a partir da PINTEC. In *Anais Encontro Nacional de Economia*, Porto Seguro. ANPEC.
- Klevorick, A. K., Levin, R. C., Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1995). On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. *Research Policy*, 24:185–205.
- Kupfer, D. & Rocha, F. (2005). Determinantes setoriais do desempenho das empresas industriais brasileiras. In De Ne-

- gri, J. A. & Salermo, M. S., editors, *Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho Das Firms Industriais Brasileiras*. IPEA, Brasília.
- Macedo, P. B. R. & Albuquerque, E. M. (1999). P&D e tamanho da empresa: Evidência empírica sobre a indústria brasileira. *Estudos Econômicos*, 29(3):343–365.
- Manly, B. F. J. (1986). *Multivariate Statistical Methods: A Primer*. Chapman and Hall Ltd., London.
- OCDE (1996). Revision of the high-technology and product classification. Paris: OECD [OCDE/GD(97)216].
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13:343–373.
- Prochnik, V. & Araújo, R. D. (2005). Uma análise do baixo grau de inovação na indústria brasileira a partir do estudo das firmas menos inovadoras. In De Negri, J. A. & Salermo, M. S., editors, *Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho das Firms Industriais Brasileiras*. IPEA, Brasília.
- Quadros, R., Franco, E., & Bernardes, R. (2003). Inovação tecnológica na indústria: Resultados da PAEP e da PAER. In Viotti, E. B. & Macedo, M. M., editors, *Indicadores de Ciência e Tecnologia e de Inovação No Brasil*. Editora da UNICAMP, Campinas.
- Quadros, R., Furtado, A., Bernardes, R., & Franco, E. (2001). Technological innovation in Brazilian industry: An assessment based on the São Paulo innovation survey. *Technological Forecasting and Social Change*, 69:203–219.
- Resende, M. & Hasenclever, L. (1998). Intensidade em pesquisa e desenvolvimento e tamanho da firma: Uma análise exploratória do caso brasileiro. *Estudos Econômicos*, 28(4):601–618.
- Robson, M., Townsend, J., & Pavitt, K. (1988). Sectoral patterns of production and use of innovations in the UK. *Research Policy*, 17:1–14.
- Rosenberg, N. (1976). *Perspectives on Technology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Viotti, E. B. (2002). National learning systems: A new approach on technological change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea. *Technological Forecasting and Social Change*, 69:653–680.

Apêndice

Tabela 4. Valor da produção e valor adicionado de setores da indústria de transformação brasileira – 2000

Setores	Relação vti/vbpi	Participação no vbpi total	Participação no vti total
ALIM	32,8%	15,7%	11,6%
AUTO	49,7%	3,1%	3,4%
BEBI	54,9%	2,7%	3,3%
BORR	38,9%	4,3%	3,8%
CELU	72,3%	0,7%	1,2%
COMUM	35,8%	3,6%	2,9%
COQUE	40,8%	0,9%	0,8%
COUR	39,1%	2,3%	2,0%
DIVER	55,0%	0,7%	0,8%
EQTRAN	41,8%	1,8%	1,7%
FARM	61,2%	2,3%	3,2%
FUMO	58,3%	0,6%	0,8%
IMPRE	63,6%	2,9%	4,2%
INSTR	57,3%	0,7%	0,9%
MADE	50,7%	1,1%	1,2%
MAQELE	43,3%	2,4%	2,4%
MAQEQ	46,8%	5,3%	5,5%
MAQESC	37,3%	1,5%	1,2%
MATELE	39,1%	0,5%	0,4%
METAL	46,5%	3,3%	3,5%
METANFER	43,4%	2,1%	2,1%
MOBI	39,6%	1,6%	1,4%
MONTA	33,3%	6,2%	4,7%
NAOMET	53,1%	3,3%	3,9%
PAPEL	47,9%	3,1%	3,3%
PETRO	75,4%	6,4%	10,9%
QUIM	36,1%	11,5%	9,3%
SIDER	45,4%	4,4%	4,5%
TEXT	42,1%	3,2%	3,0%
VEST	46,3%	1,9%	2,0%

vbpi=valor bruto da produção industrial

vti=valor da transformação industrial

Fonte: PIA-2000. Elaboração própria.