

Esforços de Aprendizagem na Indústria Brasileira: uma Análise Exploratória de Dados Setoriais da Pintec*

Learning Efforts in Brazilian Industry: an Exploratory Analysis of Sectoral Datas of Pintec

Pablo Felipe Bittencourt**

Renato Ramos Campos***

Jorge Nogueira de Paiva Britto****

Resumo: O artigo identifica e analisa esforços de aprendizagem na indústria brasileira no início da década atual sob a perspectiva evolucionária/neoschumpeteriana. Para isso, são aplicadas duas técnicas de análise estatística multivariada, sobre um conjunto de indicadores construídos a partir da Pesquisa de Inovação Tecnológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (PINTEC II), referentes ao dispêndio inovador das firmas, à relevância dada pelas firmas às fontes de informação e às formas de cooperação utilizadas em seus processos de aprendizagem. Os resultados revelaram quatro grupos de setores distintos segundo a intensidade da aprendizagem via: (i) interação e cooperação, (ii) dos dispêndios em atividades de inovação e (iii) dos dispêndios em P&D ocasional.

Palavras-chave: Indústria brasileira. Esforços setoriais de aprendizagem.

Abstract: Through a evolutionary/neoschumpeterian perspective, this article identifies and analyses recent efforts of learning in Brazilian industry. For that, we applied two techniques of multivariate statistical analysis, on a group of indicators built starting from the Brazilian Innovation Survey (PINTEC II) of the Brazilian Institute of Geography and Statistics, regarding the innovative expenditure of the firms, and to the given relevance for the firms to sources of information and the cooperation forms used in its learning processes.

Keywords: Brazilian industry. Sectoral efforts of learning.

JEL Classification: O33.

* Os autores agradecem as recomendações e sugestões dos pareceristas anônimos da revista *Análise Econômica*. Os erros remanescentes são, no entanto, de responsabilidade exclusiva dos autores.

** Doutor em Economia pela UFF. E-mail: pablofelipe.bittencourt@gmail.com

*** Professor do Departamento de Economia da UFSC. E-mail: recampos@cse.ufsc.br

**** Professor da Pós-Graduação em Economia da UFF. E-mail: jbrit@terra.com.br

1 Introdução

A literatura recente destaca a inovação como um fenômeno explicado por fatores não lineares, muito além do exclusivo esforço interno do P&D, por exemplo. A geração de inovações exige capacidade de reconhecimento do valor das informações externas, de assimilá-las e traduzi-las para máquinas, equipamentos, materiais, componentes e produtos, de maneira que a combinação de conhecimentos novos com aqueles enraizados na firma amplie seu estoque de conhecimentos relevantes e suas possibilidades de acessar novos conhecimentos. Em outras palavras, a interação da empresa com o ambiente determina seu acesso a uma diversidade particular de recursos e a aprendizagem resultante permite às empresas transformarem seus recursos em inovação.

Ainda que esse processo aconteça de maneira muito específica em cada firma, neste trabalho, parte-se da hipótese teórica de que regularidades podem ser abstraídas do comportamento das firmas com respeito a determinados parâmetros. Assim, o objetivo do trabalho é identificar e analisar formas particulares de esforços de aprendizagem das empresas brasileiras, utilizando os setores da atividade industrial das firmas como parâmetro das “regularidades”. Para isso, técnicas da análise estatística multivariada são aplicadas a indicadores construídos a partir das informações da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC II) do IBGE, período 2001-2003, especificamente no que tange aos gastos nas atividades de inovação, à importância e ao uso das fontes de informação e às formas de cooperação utilizadas pelas firmas inovadoras.

O artigo situa-se na linha de pesquisa desenvolvida por Pavitt (1984), que, no âmbito da economia evolucionária/neoschumpeteriana, identificou padrões setoriais de mudança técnica na indústria inglesa. A respeito dos esforços de identificação de características setoriais do processo de inovação no Brasil através de técnicas multivariadas, pelo menos dois trabalhos podem ser citados. O de Gonçalves e Simões (2005), que se valeu de técnicas da análise estatística multivariada para avançar na identificação de características do padrão setorial de mudança tecnológica da indústria brasileira a partir de variáveis de diferentes tipos de dispêndio em atividades de inovação; e o de Campos (2005), que analisou três agrupamentos de setores industriais ao utilizar a técnica de *cluster* em indicadores de fontes de inovação, formas de conhecimento e aprendizagem e tipos de resultados inovativos.

Ele está organizado em quatro seções, além desta introdução. Na seção seguinte, discutimos a fundamentação teórica e analítica. Na terceira, apresentamos os procedimentos metodológicos utilizados da análise estatística multivariada. Na quarta seção, exibimos e analisamos os

resultados da aplicação da técnica fatorial e de *cluster*. E, na seção final, tecemos nossas Considerações Finais.

2 Referencial Teórico e Analítico

Desde que Schumpeter destacou o processo de inovações como o motor endógeno que destrói e constrói as estruturas econômicas, economistas neoschumpeterianos avançam na compreensão do fenômeno. O destacado caráter sistêmico do processo de inovações indica, por exemplo, que a firma não inova sozinha, mas depende de um conjunto de competências que as capacitam para gerar, absorver e utilizar conhecimentos, de maneira a impulsionar a geração de inovações. Essa compreensão encontra eco em Penrose (1959), que, baseando-se na aceleração das transformações tecnológicas do final do século passado, interpretava a firma como um conjunto de recursos produtivos humanos e materiais. Enfatizando as relações causais entre os recursos da firma e a geração de oportunidades de crescimento e inovação, afirmou que os recursos funcionariam como mecanismos de acúmulo de conhecimentos, os quais se tornariam exclusivos de cada firma, uma vez que seriam resultado de sua trajetória de problemas enfrentados e de estratégias seguidas, absolutamente particulares.

Na mesma linha, para Nelson e Winter (1982), a firma individual deve ser encarada como um repositório de conhecimentos produtivos e tecnológicos constantemente em busca de soluções mais vantajosas dentre diversas oportunidades possíveis. Sendo o processo decisório influenciado pelas formas de organização e processamento interno das atividades da firma, ou melhor, por suas rotinas (NELSON; WINTER, 1982). Sabe-se que partes das rotinas das firmas são desenvolvidas em um processo de interação com o ambiente concorrencial através da introdução de inovações, da interação com clientes, da busca de novos nichos, entre outros. Tal processo resulta na transformação permanente do ambiente externo devido à influência dos próprios agentes.

A tomada de decisões se processa, portanto, em um ambiente competitivo mutante que influencia a configuração de diversidades comportamentais das firmas (TEECE; PISANO, 1994). Isso significa que, embora haja regularidades, existem componentes estocásticos, não teorizáveis (SILVERBERG; DOSI; ORSENIGO, 1988).

Uma das tentativas mais conhecidas de teorizar sobre regularidades setoriais, particularmente sobre a mudança tecnológica, é a taxonomia de Pavitt (1984). Nela o autor diferencia setores dominados por fornecedores, baseados em ciência e intensivos em produção, subdividindo este último em fornecedores especializados e intensivos em escala. A

taxonomia foi construída segundo as fontes, o impacto e a natureza das inovações setoriais. Para isso, utilizou como variáveis as fontes de conhecimento, o tamanho das firmas inovadoras, as características do processo produtivo e os setores que produzem e são usuários da inovação. No texto, seminal para qualquer estudo sobre características setoriais da inovação, destaque é dado ao caráter cumulativo do conhecimento aplicado às inovações. O autor deixa claro que a maior parte do conhecimento aplicado não tem objetivos genéricos, nem é facilmente transmitida ou reproduzível, mas sim adequada para aplicações específicas e apropriada por firmas específicas.

A construção particular de um conjunto de recursos pela firma explica, ao mesmo tempo, sua diferenciação no “mercado” e a presença de componente tácito, de difícil transmissão dos conhecimentos nela enraizados, o qual determina, inclusive, a capacidade de cada empresa de absorver e explorar (aprender) conhecimentos externos (LUNDVALL; JOHNSON; DALUM, 2001; COHEN; LEVINTHAL, 1990).

De acordo com Lundvall, Johnson e Dalum (2001), a transmissão destes conhecimentos é resultado da interação entre agentes envolvidos em um contexto sócio cultural e institucional específico. Por isso, uma vez que a habilidade em aprender é decisiva para o sucesso econômico das empresas, é também para os indivíduos, regiões e economias nacionais. O aprender, nesse sentido, significa construir competências e habilidades novas, e não somente ter o acesso à informação.

O aprendizado deve ser visto como um processo capaz de construir novas competências e vantagens competitivas, no qual a repetição, a experimentação e a busca de novas fontes de informação são mecanismos que capacitam tecnologicamente as firmas e estimulam a produção e a mudança técnica (LUNDVALL, 1992).

Malerba (1992), ao salientar a aprendizagem das firmas como a raiz da mudança incremental, reconhece seis diferentes tipos de aprendizado, identificando suas formas peculiares de obtenção de conhecimentos. O *learning by doing*, relacionado à atividade produtiva, demanda conhecimentos internos. O *learning by using*, associado ao uso de produtos, insumos, máquinas para o melhoramento de produtos e processo, requer conhecimentos internos e externos à firma. O *learning from advances in S&T*, ligado ao avanço do processo de ciência e tecnologia, demandaria conhecimentos externos. O *learning from inter-industry spillovers* é externo à firma e se refere ao que as firmas concorrentes e outras firmas da indústria estão fazendo. O *learning by interacting*, determinado pela interação com fontes de conhecimento, tais como clientes, fornecedores de bens de capital e o restante da indústria, obviamente é externo à firma; e, finalmente, o *learning by*

searching, vinculado às atividades de pesquisa para a busca de novos conhecimentos internos à firma.

De fato, para inovar, as firmas combinam¹ diferentes formas de aprendizado segundo suas rotinas e características do ambiente em que estão inseridas. Nesse contexto, os processos de aprendizagem derivam dos processos de busca das firmas por inovações, mas também de suas atividades rotineiras de produção (*learning by doing* ou *by using*) e de treinamento (*by learn*).

Para a avaliação de características setoriais dos processos de inovação e aprendizagem, a principal referência teórico analítica neoschumpeteriana são os sistemas setoriais de inovação.² Segundo Breschi e Malerba (1997), o porte das firmas, sua localização geográfica e o nível de competição (global, local, entre firmas etc) são características básicas para a identificação dos sistemas setoriais de inovações. Sendo os sistemas constituídos por “firmas envolvidas na atividade de desenvolvimento e produção de produtos setoriais e na geração e utilização de tecnologias setoriais” (BRESCHI; MALERBA, 1997, p. 131).

Para Malerba (2002), as “fronteiras” setoriais incluem ligações e interdependências não fixas, mutáveis no tempo. Assim, os SSI's devem apresentar-se sob uma visão multidimensional, integrada e dinâmica dos setores. Contudo, pelo menos dois elementos são considerados centrais à delimitação dos setores como unidade de análise, sejam as similaridades (a) das tecnológicas envolvidas e (b) da funcionalidade dos produtos. Além desses elementos, o conhecimento envolvido (tácito ou explícito), as complementaridades e heterogeneidades dos agentes e o contexto institucional, por possuírem papel decisivo no desempenho inovador das firmas, são tidos como elementos-chave na definição dos SSI's. De maneira resumida, assume-se que os sistemas se caracterizam pela integração de agentes que, por se voltarem à criação, produção e venda de produtos, utilizam uma base específica de conhecimento, tecnologias, insumos e demanda.

Nessa direção, a noção de regime tecnológico auxilia a compreensão do comportamento inovador de firmas inseridas em um ambiente setorial particular ao avaliar: as condições setoriais de oportunidade tecnológica; de apropriabilidade dos ganhos da inovação; de cumulatividade do conhecimento tecnológico; e da natureza da base do conhe-

1 A própria ideia de aprendizado é concebida como um conjunto de atividades em que vários tipos de conhecimentos se (re) combinam para construir algo novo (ARROW, 1962).

2 O conceito de Sistemas Setoriais de Inovação se derivou da dificuldade de se trabalhar com o conceito mais amplo de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI's), utilizado primeiramente por Freeman (1987).

cimento necessária para a produção e inovação nos setores (BRESCHI; MALERBA, 1997).

O uso dos regimes tecnológicos como elemento de análise é bastante difundido na literatura. Breschi, Malerba e Orsenigo (2000), por exemplo, utilizaram dados da Policy, Appropriability and Competitiveness for European Enterprises (PACE) para construir indicadores capazes de captar características dos regimes tecnológicos e relacioná-los a padrões específicos de atividades inovativas em diversas indústrias na França, no Reino Unido e na Alemanha.

Em outros trabalhos, as características setoriais da aprendizagem são analisadas utilizando a taxonomia de Pavitt (1984), como no de Meeus, Oerlemans e Hage (1999), que ao analisar as diferenças no aprendizado externo dos setores destacou que a intensidade das ligações externas das firmas associa-se com a utilização interna dos recursos altamente qualificados. Além disso, firmas com atividade de inovação mais complexas são aquelas com maior demanda por interações com a infraestrutura de conhecimento.

No Brasil uma importante contribuição à compreensão das características dos esforços setoriais de inovação e aprendizagem foi a de Gonçalves e Simões (2005) ao aplicarem técnicas da análise estatística multivariada à variáveis da PINTEC II (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2005) referentes aos esforços de aprendizagem e incorporação tecnológica. Entre outras particularidades do sistema nacional, perceberam nível de gastos em atividades inovadoras maior em setores objetos de política industrial, nas décadas de 1960 e 1970, como aeronáutica e siderurgia. Além disso, destacaram que setores com maiores oportunidades tecnológicas apresentam esforços reduzidos em P&D, o que revela a característica do sistema nacional de passividade e dependência de canais internacionais de transferência tecnológica.

O presente artigo avança nesta linha ao analisar esforços de aprendizagem, compreendidos como o somatório das diversas formas de busca, associadas ou não a procedimentos de rotina das firmas. É uma análise exploratória de dados, feita de maneira a distinguir setores da indústria brasileira segundo seus esforços de aprendizagem através de técnicas estatísticas multivariadas aplicadas a um conjunto de informações da PINTEC II (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2005).

Como o objetivo é compreender as particularidades setoriais dos esforços de aprendizagem na indústria brasileira, nenhuma agregação *ex-ante* à aplicação das técnicas estatísticas fora realizada, por exemplo, através da taxonomia Pavitt (1984). Assim, os conceitos de regime tecnológico, de sistemas de inovações e mesmo a taxonomia de Pavitt (1984) serviram como pontos de apoio às análises dos resultados da aplicação

da metodologia, quando conveniente. A hipótese subjacente é a de que as características do sistema nacional de inovações, articuladas com os elementos analíticos setoriais, ajudam, em grande medida, a compreensão das práticas de inovação na indústria brasileira.

A próxima seção detalha os procedimentos metodológicos aplicados às informações da PINTEC II (Ibid.). Os resultados da aplicação dessa metodologia estão na seção 4.

3 Procedimentos Metodológicos

Valendo-se da base dados³ da PINTEC II (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2005), foram selecionados três “grupos” de variáveis para representar a diversidade dos esforços de aprendizagem das firmas: (i) dispêndios em atividades de inovação (R\$), (ii) fontes de informações utilizadas pelas firmas em seus processos de inovação e (iii) formas de cooperação.

Os indicadores dos dispêndios são médias de gastos das empresas inovadoras inseridas nas atividades produtivas (setores)⁴ disponíveis na base de dados da PINTEC II (Ibid.). Formaram-se 9 (nove) indicadores referentes aos dispêndios (Quadro 1).

No caso da importância das fontes de informação e das formas de cooperação utilizadas nos processos de aprendizagem, a construção dos indicadores demandou a transformação dos atributos qualitativos em quantitativos. Especificamente, os qualitativos: baixa, média e alta relevância foram substituídos por “0,2”, “0,6” e “1”, respectivamente. Tal procedimento, já realizado em Cassiolato, Campos e Stallivieri (2007); Stallivieri, Campos e Brito (2007; 2009) e Bittencourt e Campos (2008), possui o objetivo primordial de permitir o uso do ferramental estatístico capaz de atender os objetivos do artigo, de maneira que o maior conjunto possível de informações disponíveis seja utilizado. Assim, utilizando-se de uma média ponderada da importância atribuída pelo conjunto das empresas inovadoras de cada setor selecionado, construíram-se dezenove (19) outros indicadores que variam entre 0,2

3 Disponível no site da instituição: <http://www.pintec.ibge.gov.br/>. As informações estão disponibilizadas a 2 e 3 dígitos da Classificação Nacional da Atividade Econômica (CNAE) e tem sua representatividade estatística assegurada ao nível de cada setor, de maneira que não seja comprometido o sigilo dos dados.

4 Os indicadores foram construídos para 23 atividades produtivas (setores), segundo informações disponibilizadas no site da PINTEC. Apenas as atividades de Coque e refino de Petróleo, Papel e Celulose, Fumo e de Reciclagem não foram consideradas nas análises, por questão de sigilo das informações. A tabela 2 elenca as atividades produtivas consideradas.

e 1, sendo seis relativos às formas de cooperação e treze às fontes de informação usadas nos processos de aprendizagem.

O Quadro 1 apresenta os indicadores utilizados na análise.

Indicadores de dispêndio das firmas em atividades de inovação			
1	Valor médio do dispêndio em P&D interno	2	Valor médio do dispêndio em P&D externo
3	Valor médio do dispêndio em outros conhecimentos externos	4	Valor médio do dispêndio em máquinas e equipamentos
5	Valor médio do dispêndio treinamento	6	Valor médio do dispêndio na introdução da inovação
7	Valor médio do dispêndio em projetos industriais	8	Valor médio do dispêndio contínuo em P&D
9	Valor médio do dispêndio ocasional em P&D		
Indicadores das fontes utilizadas no processo de aprendizagem			
1	Importância das fontes internas de P&D	2	Importância de outras fontes internas como fonte de informação
3	Importância dos fornecedores como fonte de informação	4	Importância dos clientes como fonte de informação
5	Importância dos concorrentes como fonte de informação	6	Importância dos institutos de ensaios e testes como fonte de informação
7	Importância das licenças, patentes e know-how como fontes de informação	8	Importância das fontes de universidades como fonte de informação
9	Importância dos centros de capacitações como fonte de informação	10	Importância de conferências, encontros e publicações especializadas como fontes de informação
11	Importância de feiras e exposições como fontes de informação	12	Importância das redes de informação informatizada como fonte de informação
13	Importância de empresas de consultoria técnica como fonte de informação		
Indicadores de cooperação			
1	Importância da Cooperação com clientes	2	Importância da Cooperação com fornecedores
3	Importância da Cooperação com concorrentes	4	Importância da Cooperação com universidades
5	Importância da Cooperação com empresas de consultoria	6	Importância da Cooperação com centros de capacitação

Quadro 1- Indicadores da PINTEC Seleccionados para Análise

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dispêndios de inovação das firmas são expressos pelos gastos internos em P&D – rotineiros ou ocasionais, pelos gastos com a aquisição externa de P&D, na aquisição de outros conhecimentos externos,⁵ na aquisição de máquinas e equipamentos, em treinamento para a inovação e em projetos industriais e outras preparações técnicas. A intensidade dos esforços nessas atividades envolve estratégias diferenciadas de capacitação e aprendizagem. Gastos em P&D podem indicar tentativas de produzir conhecimento e capacitações tecnológicas que se traduzam em técnicas mais produtivas ou criar capacitações para absorver conhecimentos tecnológicos de concorrentes e gerados fora da indústria (COHEN; LEVINTHAL, 1989; FREEMAN, 1994).

Os esforços em treinamento apontam estratégias de absorção de conhecimentos por meio da capacitação de pessoal diretamente relacionado ao desenvolvimento de inovações em produtos ou processos. Os gastos em projetos industriais e outras preparações técnicas refletem o aprendizado com procedimentos finais para a implantação da inovação, como mudanças nos procedimentos de produção e controle de qualidade. Os gastos com a aquisição de máquinas e equipamentos, altamente difundidos no Brasil, remetem à aprendizagem gerada com a instalação da máquina, que, por sua vez, pode demandar outros esforços, à medida que haja necessidade de adaptação interna do novo processo produtivo. Finalmente, o gasto com a introdução da inovação no mercado é uma parte das interações da firma com o ambiente concorrencial em que ela está inserida e, na prática, pode incluir pesquisas e testes de mercado, a adaptação do produto a diferentes mercados e, inclusive, propaganda.

Diferentes fontes de informação podem servir de inspiração e orientação aos projetos de inovação das firmas. A PINTEC II (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2005) subdivide as fontes internas em dois grupos: os “departamentos de P&D” e “outras fontes internas”, sendo que estas últimas incluem tanto atividades de P&D não-rotinizadas, dispersas em departamentos ou setores cujas atividades são primordialmente de engenharia rotineira de produção e qualidade, como os setores de compras e relações com os fornecedores e setores encarregados do *marketing*. Já as fontes externas, englobam os múltiplos elementos envolvidos em possíveis interações que resultam em aprendizagem e inovação. Neste trabalho foram considerados como fontes

5 As atividades de aquisição de outros conhecimentos externos compreendem os acordos e as transferências de tecnologia originados da compra de licença de direitos, exploração de patentes e uso de marcas, aquisição de know-how, software e outros tipos de conhecimentos técnico-científicos de terceiros, para que a empresa desenvolva ou implemente inovações.

externas os fornecedores, os clientes ou consumidores, as firmas concorrentes, as firmas de consultoria e consultores independentes, as universidades e os institutos de pesquisa, os centros de capacitação profissional e assistência técnica, as instituições de testes, ensaios e certificações, as licenças, patentes e *know-how*, as conferências e publicações especializadas e as feiras e exposições e redes de informação informatizadas.

Quanto à cooperação,⁶ a PINTEC (Ibid.) definiu a atividade como a participação em projetos conjuntos de P&D e outros projetos de inovação com empresas ou instituições, o que não implicaria, necessariamente, benefícios comerciais imediatos. Os indicadores de cooperação procuram avaliar as relações ativas estabelecidas entre atores com o fim de realizar inovações, mas que, por seu caráter ativo, envolvem esforços e ganhos a ambos os agentes, em um processo de esforços de mão dupla. A simples contratação de serviço de outra organização, sem sua colaboração ativa, não é considerada cooperação. Os agentes considerados foram: clientes ou consumidores, fornecedores, concorrentes, empresas de consultoria, universidades e institutos de pesquisa e centros de capacitação profissional.

Conforme visto, os indicadores construídos são representações de características das firmas inovadoras. Como se sabe, a porcentagem de firmas inovadoras varia muito de setor para setor. A título de exemplo, no couro/calçadista a taxa de inovação foi de 29,7%, enquanto no de máquinas, equipamentos e materiais elétricos foi de 41%. Com o objetivo de captar, pelo menos em parte, essas diferenças, os indicadores calculados foram multiplicados pelas taxas de inovação setoriais. Como resultado, esse procedimento ampliou a representatividade setorial dos indicadores, passando-se do universo restrito das firmas inovadoras para o setor como um todo. Contudo, assume-se que firmas não-inovadoras não teriam utilizado fontes de informação e de cooperação com o intuito de inovar e, mais do que isso, não teriam realizado gastos nas atividades consideradas.⁷

6 O leitor deve notar que, para as formas de cooperação, não foi relacionada aprendizagem via *spillovers* intraindustriais. Isso porque *spillovers* presupõem um benefício não intencional gerado por um agente para o outro. Enquanto a cooperação ocorre necessariamente via esforços mútuos para benefícios mútuos.

7 Os autores admitem que mesmo firmas não inovadoras fazem uso desse tipo de fonte de informação, mantêm ou realizam ocasionalmente algum tipo de cooperação e despendem recursos financeiros com o objetivo de desenvolver inovações. Contudo, consideramos que o procedimento de multiplicação dos indicadores pelas taxas de inovação representa uma *proxy mais sofisticada* das diferenças setoriais.

4 A Aplicação das Técnicas Multivariadas: a Identificação dos Fatores e dos *Clusters*

Esse exercício de identificação de setores marcados por características similares em seus esforços de inovação foi realizado através de dois procedimentos de aplicação do ferramental estatístico da análise multivariada aos dados construídos a partir da PINTEC II (Ibid.). As duas seções a seguir apresentam, em sequência, os resultados da aplicação desses dois procedimentos. O primeiro reduz as dimensões da análise através da formação de “fatores” que condensam os indicadores construídos segundo suas covariâncias, sendo, nesse caso, utilizada a técnica de *análise fatorial*. O segundo procedimento metodológico permitiu a formação de “grupos” de setores da atividade industrial, selecionados a partir de características semelhantes de seus esforços de aprendizagem. Para isso, foi usada a técnica de *cluster*, aproveitando-se dos *scores fatoriais* constituídos no primeiro procedimento. Na sequência, são apresentados e analisados os quatro grupos de setores identificados.

4.1 A Identificação dos Fatores

A análise fatorial é uma técnica estatística multivariada que permite a conversão de variáveis em um grupo menor e independente de “fatores”, simplificando as análises subsequentes. O método tem a prerrogativa de descrever as relações de covariâncias entre variáveis (indicadores, para esse caso) em poucos fatores subjacentes, mas não observáveis, tornando possível a identificação dos principais “fatores” e os pesos dos indicadores nas suas formações. Para a aplicação da técnica nesse artigo, utilizou-se o método de *componentes principais* para condensar as informações originais (indicadores) em um número mínimo de fatores, sendo necessária a padronização dos dados, transformando-os em dados com média “zero” e desvio padrão igual a “um”, dadas as diferentes unidades de medida⁸ dos indicadores de dispêndio em relação aos indicadores das fontes de informações e das formas de cooperação.

O número máximo de fatores resultantes expressa, portanto, o número de dimensões (ou combinações) das informações originais. O número de soluções possíveis aumenta conforme o número de dimensões resultantes.

8 Intensidade entre “0,2” e “1” para as variáveis de fontes de informação para a inovação e cooperação, e mil R\$ para as variáveis de gastos em atividades de inovação.

Hair (1998) afirma que, numa análise fatorial com um número de 20 a 50 variáveis, o número de fatores a serem retirados deve considerar um autovalor mínimo de “1”. A segunda coluna da Tabela 1 destaca o *Autovalor Mínimo* (conhecido como *Latent Root Criterion*), baseando-se na ideia de que cada fator deve poder explicar pelo menos uma variável, à qual é atribuído o valor 1 na soma dos autovalores. Logo, autovalores inferiores a um (1) não deveriam ser considerados significativos.

Neste artigo, com o intuito de simplificar a estrutura fatorial e consequentemente a interpretação dos dados, utilizou-se o recurso da *rotação ortogonal*. Nas soluções não rotacionadas, a extração dos fatores é feita por ordem de importância, ou seja, o primeiro fator é extraído com base no cômputo da maior quantidade de variância, ao passo que os fatores subsequentes são baseados no cômputo da variância residual (aquela que sobra do primeiro fator). Uma vez aplicada a rotação, obtém-se como resultado uma redistribuição da variância entre os fatores de maneira que o percentual de variância explicada pelos fatores se alterem sem, no entanto, alterar-se a variância explicada pelo conjunto de fatores. Neste trabalho, os fatores foram rotacionados pelo método da VARIMAX Normalizada, o mais utilizado entre os métodos de rotação *ortogonal* (em que os eixos são mantidos a 90°, indicando que os fatores continuam matematicamente independentes entre si).

Foram identificados três fatores que em conjunto explicam 82,84 % da variância dos dados. A tabela abaixo foi produzida a partir de uma saída do *software estatística 6.0* e apresenta o autovalor de cada fator, sua porcentagem de explicação da variância, o autovalor acumulado e a porcentagem acumulada da variância.

Tabela 1 - Autovalor e Variância dos Fatores Identificados

Fator	Autovalor	% da variância total explicada	Autovalor acumulado	% da variância acumulada explicativa
1	16,19386	57,83521	16,19386	57,8352
2	5,82007	20,78598	22,07393	78,6212
3	1,18188	4,22102	23,19582	82,8422

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos resultados obtidos do *software STATISTICA 6.0*

A porcentagem total da variância explicada decresce conforme aumenta o número de fatores. Nessa análise, decidiu-se pelo ponto de corte em três fatores, observando a magnitude do declínio do percentual

da variância explicada pelos fatores subsequentes,⁹ além do critério do autovalor mínimo.

O Quadro 1 exibe os fatores formados de acordo com os indicadores elaborados. As cargas fatoriais, entre parênteses, representam as contribuições de cada variável para a formação dos fatores, isto é, a correlação entre a variável original e o seu fator. Desse modo, facilitam a identificação das características intrínsecas dos fatores. Apenas sete dos vinte e oito indicadores mostraram cargas fatoriais inferiores a 0,85, sendo que dois deles¹⁰ apresentaram cargas fatoriais inferiores a 0,60.

O fator 1 é o que está subjacente aos indicadores relativos às diversas fontes de informação e aos indicadores que expressam a cooperação nos processos de aprendizagem das firmas.¹¹ Por congregar essa variedade de formas de relacionamentos e cooperação para inovação, o fator 1 foi denominado de “*Interação e Cooperação*”. Além do P&D interno e outras fontes internas de informação, todas as demais são fontes externas às firmas, sendo as de maiores cargas fatoriais as instituições de ensaios e testes, o P&D externo, os clientes, a internet e os centros de pesquisa, respectivamente. Todos os indicadores de cooperação também estão agrupados neste fator, mas suas cargas fatoriais são mais reduzidas, de maneira geral.¹²

O fator 2 reuniu todos os indicadores de dispêndio médio em atividades de inovação, excluindo o gasto com P&D ocasional. Por esse motivo, o fator 2 foi denominado de “*Dispêndios em atividades inovativas*”, pois a sua característica é a diversidade dos dispêndios para inovação e pode ser verificada tanto pela inclusão de quase todos os indicadores de dispêndio neste único fator, bem como pela alta carga fatorial de cada indicador.

O fator 3 inclui apenas um indicador, significando que a covariância do indicador de dispêndio de P&D ocasional mostrou-se completamente distinta das outras variáveis. Tal fator adotou, portanto, o nome deste

9 Somadas as porcentagens de explicação das variâncias dos fatores 4 e 5, chegou-se a apenas 4,8%, enquanto a porcentagem da variância explicada pelo fator 3 foi de 4,22% (Tabela 1).

10 Os indicadores com cargas fatoriais inferiores a 0,60 referem-se ao dispêndio com a aquisição de máquinas e equipamentos e com a introdução de inovações. Essa particularidade é acompanhada de outra, seja, à exclusividade desses dois indicadores em mais de um fator, resultado mais bem explorado a seguir.

11 Além dos gastos realizados na aquisição de máquinas e equipamentos e na introdução da inovação.

12 O leitor deve notar que todas as variáveis originalmente qualitativas estão neste fator. Esse aspecto é especialmente importante uma vez que, como dito acima, as variáveis foram todas padronizadas (normalizadas), o que as torna comparáveis independentemente de sua unidade de medida.

indicador, ou seja, “Dispêndio ocasional em P&D”. O Quadro 2 apresenta os três fatores e as variáveis que os compõem.

As informações do Quadro 2 revelam também que os indicadores de “dispêndio para a aquisição de máquinas e equipamentos” e “dispêndio para a introdução de inovações no mercado” apontam cargas fatoriais relevantes ao fator 2 e ao fator 1, conforme indicam as setas pontilhadas. Em outras palavras, as variâncias correlacionam-se com indicadores que compõem os dois fatores. Por comporem os dois fatores que explicam 78% da variância total da análise, compreende-se que esses dois tipos de gastos correlacionam-se com uma gama ampla de possíveis esforços de aprendizagem. Isso pode ser compreendido pelo fato de essas práticas serem generalizadas entre as firmas nacionais e estarem associadas à característica de absorção de tecnologias geradas fora do Brasil e aos respectivos esforços de adaptação das referidas novidades às condições brasileiras.

Fator 1 - Interação e Cooperação Fonte - P&D interno (0,91); Fonte – P&D externo (0,97); Fonte – Fornecedores (0,87); Fonte - Clientes (0,96); Fonte – Concorrentes (0,95); Fonte – Empresas de consultoria (0,95); Fonte – Universidades (0,93); Fonte – Centros de Pesquisa (0,96); Fonte – Instituições de ensaios e testes (0,98); Fonte – Licenças, Patentes e Know-how (0,94); Fonte – Conferências e Publicações (0,94); Fonte – Feiras e exposições (0,95); Fonte – Internet (0,96); Cooperação – Clientes (0,63); Cooperação – Fornecedores (0,65); Cooperação – Concorrentes (0,83); Cooperação – Empresas de consultoria (0,77); Cooperação – Universidades (0,88) e Cooperação – Centros de Pesquisa (0,76) Dispêndio em máquinas e equipamentos (0,48) Dispêndio à introdução da inovação (0,45)	Fator 2 - Dispêndios em atividades inovativas Dispêndio em P&D externo (0,88); Dispêndio em conhecimentos externos (0,95) Dispêndio em máquinas e equipamentos (0,61) Dispêndio em treinamento (0,95); Dispêndio para a introdução da inovação (0,83) Dispêndio em projetos industriais (0,87); Dispêndio em P&D contínuo (0,87)
Fator 3- Dispêndio em P&D ocasional. Dispêndio em P&D ocasional (0,93);	

Quadro 2 - Indicadores que compõem cada fator e suas respectivas cargas fatoriais

Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2 A Análise de *Cluster*

Identificados os três fatores, o passo seguinte consistiu na aplicação da técnica de *cluster* da análise estatística multivariada aos 23 setores considerados da atividade industrial brasileira. A denominação setorial segue a classificação/CNAE utilizada pela PINTEC II (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2005). A Tabela 2 abaixo apresenta o número total de firmas consideradas na PINTEC, o número de firmas inovadoras e a taxa de inovação¹³ correspondente.

Tabela 2 - Total de Firms, de Firms Inovadoras e Taxa de Inovação em Setores da Indústria de Transformação Brasileira.

	Total de firmas pesquisadas A	Total inovadoras B	Taxa de inovação (B/A)*100
Farmacêuticos	622	313	50,39
M&E p/ escritório e de informática	201	143	71,19
Material eletrônico básico	308	190	61,66
Apar. e equip. de comunicações	306	158	51,79
Alimentos	9.842	3.321	33,47
Bebidas	764	242	31,7
Têxtil	3.173	1.111	35
Calçados	3.843	1.143	29,75
Madeira	5.102	1.609	31,53
Edição, impressão e reprodução de gravações	3.733	1.080	28,94
Químicos	2.887	1.216	42,12
Borracha e plástico	5.049	1.828	36,21
Minerais não metálicos	6.685	1.331	19,91
Produtos de metal	7.441	2.453	32,97
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	1.705	699	41,00
Equipamentos hospitalares, para automação e relógios	845	384	45,40
Móveis	4.642	1.622	34,93
Confecções	11.726	3.782	32,25
Metalurgia de não ferrosos	977	332	33,99

(continua)

13 A taxa de inovação é a porcentagem de firmas inovadoras em relação ao total de firmas.

(continuação)

Máquinas e equipamentos	5.411	2.354	43,51
Montagem de veículos automotores	1.947	772	39,67
Siderúrgicos	422	141	33,45
Outros equip. de transporte	528	145	27,42

Fonte: Elaborada pelos autores com base no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2005).

Para a formação dos *clusters*, as variáveis utilizadas foram os *scores* fatoriais.¹⁴ Os valores dos *scores* fatoriais representam o grau pelo qual cada indivíduo (setor) encontra-se relacionado ao grupo de variáveis (indicadores, no nosso caso) explicadas por um determinado fator. Isto significa que os *scores* fatoriais são computados com base nas cargas fatoriais de todas as variáveis que compõem um fator.

Um *cluster* pode ser visto como um conjunto de dados que guarde semelhanças entre si. *Clustering* é uma técnica de agrupamento cujo método tem por objetivo a separação de objetos ou observações em classes de modo que os elementos classificados em um grupo apresentem alto grau de similaridade. Uma descrição genérica do objetivo de um *clustering* seria o de maximizar a homogeneidade dentro de um *cluster* enquanto se maximiza a heterogeneidade entre os *clusters* (HRUSCHKA; EBECKEN, 2000).

Existem vários métodos de agrupamento. No presente trabalho, utilizamos o K-médias ou *K-means*.¹⁵ Sob esse método, não hierárquico, o número de agrupamentos é definido *a priori*. A opção pelos agrupamentos de menor número e estatisticamente¹⁶ satisfatórios resultou na formação de 4 agrupamentos setoriais na indústria brasileira.

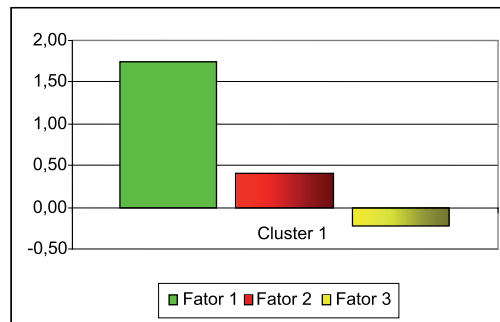
Como dito anteriormente, nesse exercício, houve a necessidade de padronização dos dados, dessa forma, somando-se a magnitude do fator 1 em todos os setores considerados na análise, chegaremos a zero, assim, também, no fator 2 e no fator 3. A Figura 1 apresenta a média da intensidade dos fatores 1, 2 e 3 em cada um dos quatro *clusters*.

14 O *score* é obtido dos coeficientes fatoriais relacionados a cada indicador. Ou seja, os coeficientes fatoriais são multiplicados pelos respectivos indicadores para cada setor. O valor final equivale ao *score* fatorial.

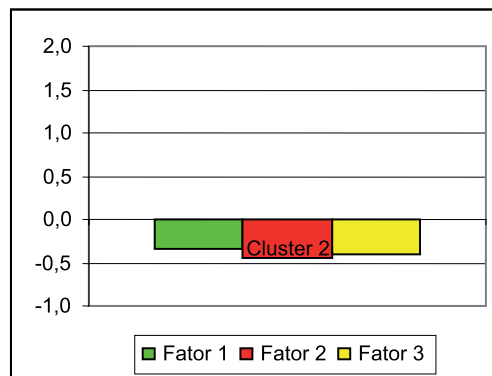
15 A meta do algoritmo K-médias é encontrar um particionamento ótimo para dividir um número de objetos em *k*-grupos, fazendo com que objetos movam-se de forma a agruparem-se minimizando a variância intragrupos e maximizando a variância entregrupos. O processo iterativo é realizado por combinação de elementos em *k* grupos até que se obtenha uma combinação que maximize o cálculo das variâncias entre grupos e que minimize o cálculo das variâncias intragrupos. Para o exercício deste trabalho, foram necessárias apenas três interações para que se obtivessem os resultados ótimos.

16 Números menores de agrupamentos foram testados, contudo os valores da “estatística *p*” apresentaram significância < 10 % para alguns *scores* fatoriais.

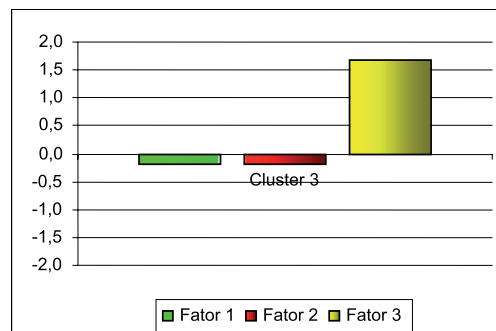
Cluster 1: Esforços intensivos em interações e dispêndios



Cluster 2: Esforços de aprendizagem de restrita intensidade



Cluster 3: Esforços intensivos em P&D interno ocasional



Cluster 4: Esforços de aprendizagem intensivos em dispêndios

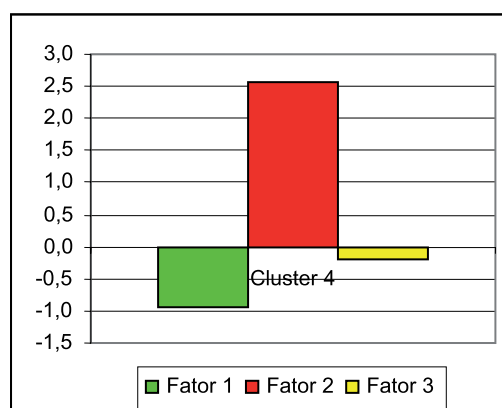


Figura 1 - Agrupamento dos Setores segundo a Intensidade Média dos Fatores

Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2.1 Esforços Intensivos em Interação e Dispêndio (Cluster 1)

O *cluster* 1 denominamos de “Esforços Intensivos em interação e dispêndios” devido à grande intensidade do fator 1, que denota a existência de interações significativas nos processos de aprendizagem. Neste agrupamento, a intensidade do fator 2, ainda que bem menor do que do fator 1, também sugere que as firmas complementam seus esforços de aprendizagem através de uma grande diversidade de gastos em atividades inovativas. Compõem o *cluster* 1 os setores de farmacêutica, máquinas e equipamentos para informática, material eletrônico básico e aparelhos e equipamentos de comunicação. Teoricamente, todos esses setores poderiam ser classificados como baseados em ciência (PAVITT, 1984).

A maioria dos setores faz parte do núcleo do atual paradigma tecnológico, marcado pela intensidade do uso de tecnologias da microeletrônica e biotecnologia. A velocidade atual da mudança tecnológica associada à ampla base de conhecimento para as inovações nesses setores torna necessária a realização de interações e cooperação, o que também se combina com um alto grau dos dispêndios em atividades de inovação como treinamento, P&D e projetos industriais.

Talvez sejam estes os setores industriais para os quais a noção de sistemas tecnológicos (CARLSSON *et al.*, 2002) seja mais apropriada. Desta forma, os processos de aprendizagem exigem contínuas interações com agentes externos às empresas, fazendo com que o fator subjacente mais importante seja o fator 1 em todos os setores deste *cluster*. O que difere entre os setores agrupados é a forma como o referido fator se combina com a intensidade do fator 2 – gastos com atividades de inovação. Tais gastos sugerem um esforço das empresas na criação de rotinas internas mais frequentes em atividades de inovação, como as captadas pela PINTEC, quais sejam, gastos contínuos em P&D interno e em P&D externo, aquisição de outros tipos de conhecimento externos, treinamento, aquisição de máquinas e equipamentos, com projetos industriais nas fases finais de adequação das inovações e a introdução da inovação no mercado.

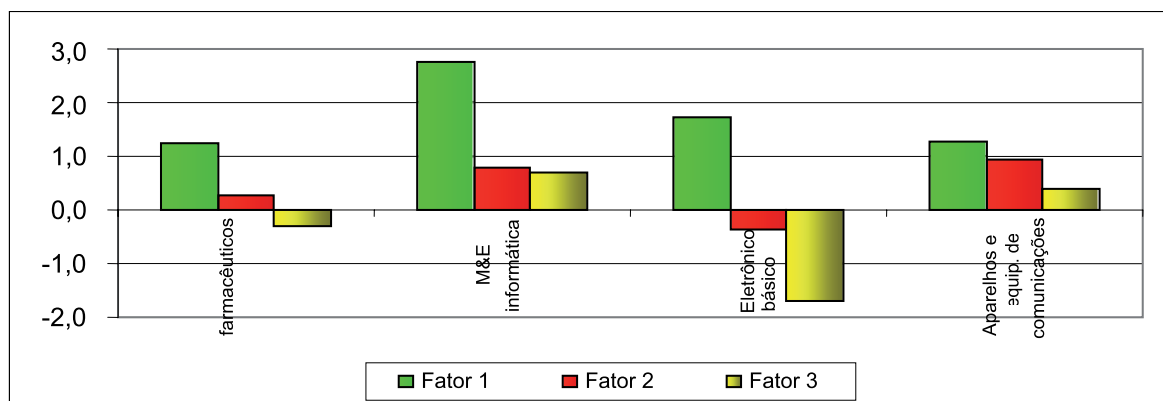


Gráfico 1 – A Especificidade dos Esforços de Aprendizagem dos Setores Agrupados no *Cluster 1*

Fonte: Elaborado pelos autores.

A indústria farmacêutica é marcada por várias especializações, a trajetória tecnológica visa em geral ao desenvolvimento de novas moléculas e suas aplicações, envolvendo as áreas do conhecimento de química-fina, biotecnologia, nanotecnologia e genética molecular. Por tratar-se de uma indústria em que os insumos constituem o núcleo tecnológico e seus parâmetros de qualidade são rigorosos, tornam-se frequentes envolvimento a jusante da cadeia (TIGRE, 2006).

Com relação aos três outros setores deste *cluster*, a fabricação de máquinas e equipamentos para informática, os eletrônicos básicos e os aparelhos de comunicação, destaca-se que possuem processos produtivos que envolvem sistemas integrados, e a absorção cada vez maior de elementos da microeletrônica, comunicação digital, óptica e dos novos materiais, exigindo a incorporação de tecnologias e serviços externos à indústria.¹⁷ Essa maior complexidade tecnológica e a grande diversidade de produtos dessas indústrias tornam os processos produtivos bastante heterogêneos.

A combinação de esforços expressos pelas variáveis componentes dos fatores 1 e 2 sugere um *cluster* em que os esforços para inovar têm múltiplas fontes e implicam relações de natureza colaborativa com agentes externos às firmas e com a realização de gastos em atividades de inovação. Além das interações e dos gastos que sugerem a formação de estruturas e rotinas internas à firma voltada a atividades de aprendizagem e inovação, o fator 3, denominado de “Aprendizado Intensivo em

17 Isso explica a intensidade nas relações de consultoria, suporte técnico, busca de informações científicas e cooperação com universidades e centros tecnológicos.

P&D Interno Ocasional”,¹⁸ que aponta para esforços inovativos de natureza esporádica, apresenta intensidade diferenciada entre os setores que compõem o *cluster*. Nos setores de farmacêuticos e eletrônicos básicos, a intensidade do fator 3 é bastante reduzida.

Portanto, entre os setores que compõem o cluster 1, além da importância da utilização de diversas fontes para a inovação, o setor de farmacêuticos¹⁹ e de material eletrônico básico forma um subconjunto no qual a dinâmica tecnológica inclui a busca interativa intensa, gastos menores em atividades de inovação, mas também reduzidos gastos esporádicos com P&D.

O outro conjunto formado pelos segmentos de “máquinas e equipamentos para informática” e “aparelhos e equipamentos de comunicação” combina positivamente os três fatores e indica – comparativamente – processos de busca mais dinâmicos que podem combinar diversas formas de geração, difusão e uso de conhecimentos técnicos, inclusive via pesquisa científica.

4.2.2 Esforços de Aprendizagem de Restrita Intensidade (Cluster 2)

O *cluster 2* agrupa o maior número de setores e sua característica é a reduzida intensidade dos 3 fatores identificados, significando que nestes setores, pelos scores fatoriais dos indicadores situarem-se próximos à média, o aprendizado é marcado por reduzida importância das interações, assim como é restrita a magnitude dos gastos em atividades de inovação, inclusive os ocasionais em P&D. O *cluster 2* agrupa os seguintes setores: (i) produtos alimentícios, (ii) de bebidas, (iii) têxtil, (iv) couro/calçadista, (v) madeireiro, (vi) de edição, impressão e gravações, (vii) de minerais não metálicos, (viii) de borracha e plástico, (ix) moveleiro, (x) produtos de metal, (xi) máquinas, aparelhos e materiais elétricos, (xii) equipamentos hospitalares e de automação industrial e (xiii) químicos. Conforme o Gráfico 2, os fatores identificados mostraram-se muito próximos à média brasileira, ou seja, seus esforços de aprendizagem aproximam-se e ajudam a compreender o padrão nacional.

18 Dispêndio com P&D ocasional é definido pela Pintec como gastos realizados com “equipe de P&D para desenvolver determinado(s) projeto(s) e, após a conclusão, a equipe retornou às suas atividades normais”.

19 Segundo Ohayaon e Vieira (2002 *apud* TIGRE, 2006), o maior obstáculo aos investimentos em P&D no setor de fármacos no Brasil é a histórica fragilidade das firmas brasileiras, agravada com a aprovação da Lei de Patentes (Lei 9.279/96) que reconhece patentes de medicamentos estrangeiros.

Os dez primeiros setores citados são considerados tradicionais, pela menor complexidade técnica e pela ampla difusão dos conhecimentos técnicos para a produção e a inovação. Teoricamente, seriam classificados como dominados por fornecedores, segundo Pavitt (1984). Como se sabe, os setores tradicionais são caracterizados por esforços mais restritos, especialmente no que se refere ao P&D. As inovações, normalmente, ocorrem via melhoramentos incrementais em produtos para a adequação às necessidades de clientes, ou inovações em processos decorrentes de novas máquinas e equipamentos e das adaptações necessárias ao processo de produção relacionadas à nova máquina. Essas exigências tecnológicas caracterizam processos específicos de aprendizagem diferenciados daqueles típicos do *cluster* 1.

Porém, o agrupamento também é formado por setores difusores de tecnologia ou fornecedores especializados²⁰ (PAVITT, 1984), isso pode estar sendo determinado quer pela particularidade nos processos de aprendizagem das firmas brasileiras que formam esses setores, quer pelas características macroeconômicas da primeira metade da atual década.

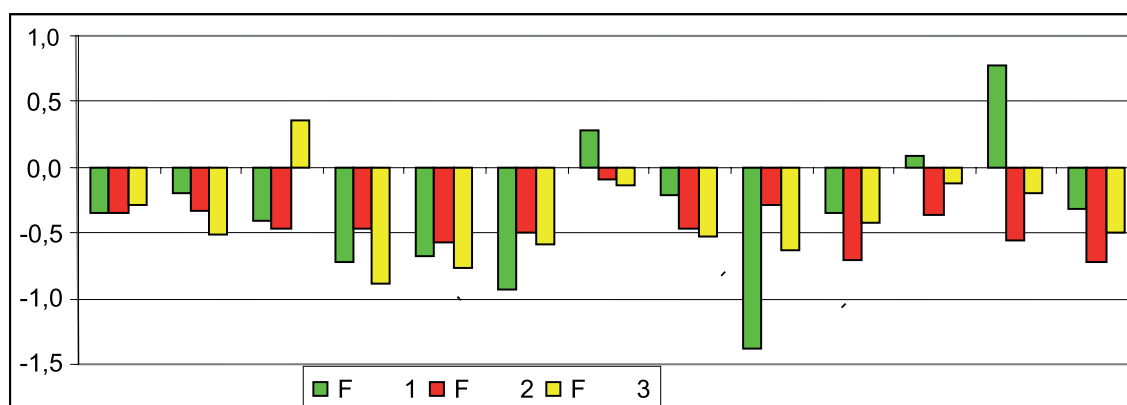


Gráfico 2 – Comportamento dos Setores Agrupados no *Cluster* 2

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os setores difusores do progresso técnico agrupados nesse *cluster* são os fabricantes de “produtos químicos”, “máquinas, aparelhos e materiais elétricos” e “equipamentos médico-hospitalares e de automação industrial”. Além de serem os únicos desse agrupamento com taxas de inovação maiores do que 40% (Quadro 1), são também aqueles que apresentaram alguma importância relativa nas diversas fontes de informações e formas de cooperação utilizadas em seus processos

20 Na taxonomia Pavitt (1984), o setor químico está classificado como “baseado em ciência”. Contudo, existe grande diversidade tecnológica entre a produção de produtos químicos. Neste artigo, o setor foi considerado “fornecedor especializado” pela intensidade de segmentos de média e baixa intensidade tecnológica que compõe a estrutura produtiva brasileira.

de aprendizagem, como mostra a magnitude levemente acima da média do fator 1, o que já se poderia esperar pelas características que diferenciam setores difusores do progresso técnico.

Ainda sobre tais setores, a restrita magnitude dos gastos contínuos em atividades de inovação (fator 2) pode ser explicada por dois aspectos: em primeiro lugar, o reduzido porte das firmas engajadas em atividades de fabricação de instrumentos médico/hospitalar e de automação industrial,²¹ que reduz a probabilidade de ocorrência de níveis elevados de investimento em atividades como: projetos industriais novos, treinamento e mesmo a manutenção de grandes laboratórios de P&D, por exemplo, em comparação a segmentos da indústria automobilística ou de aviação. No caso dos setores “químico” e de “fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos”, a diversidade de segmentos²² industriais intrasectorial explica a magnitude restrita, pois agregam segmentos da indústria de alto, médio e baixo conteúdo tecnológico, com ênfase nos dois últimos, na estrutura produtiva brasileira. Além desses fatores específicos, deve-se considerar que estratégias defensivas frente ao regime macroeconômico²³ hostil do período podem ter contribuído para a magnitude restrita nos mencionados setores.

Dentre os setores tradicionais, dois subgrupos podem ser identificados segundo características do regime tecnológico em que estão inseridos. O primeiro, formado pelos setores de alimentos, bebidas, têxtil, do mobiliário, de borracha a plástico, apresenta intensidades dos fatores levemente menos restritas e supostamente enfrentam regimes tecnológicos menos restritos do que aqueles impostos aos setores de fabricação de produtos de metal, de minerais não metálicos, de madeiras, de couro-calçados e de edição, impressão e reprodução de gravações, com processos produtivos teoricamente mais elementares.

4.2.3 Esforços Intensivos em P&D Interno Ocasional (Cluster 3)

Este agrupamento distingue-se dos demais em virtude da combinação de alta intensidade dos esforços ocasionais em P&D (fator 3),

21 Mais de 85% das firmas dessas atividades apresentam menos de 11 empregados formais (RAIS/2005).

22 O setor de fabricação de produtos químicos envolve desde o desenvolvimento de produtos mais elaborados, como os de química fina para a indústria farmacêutica, até mais simples, como de materiais de limpeza doméstica. Já o setor de fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos agrega segmentos intensivos em gastos, como de fabricação de geradores e transformadores elétricos, a outros menos sofisticados, como produção de pilhas e lâmpadas.

23 No período, o nível das taxas de juros configurava-se no principal condicionante negativo do regime macroeconômico hostil imposto às empresas brasileiras. Sobre a forma e a importância dos regimes macroeconômicos a respeito das estratégias empresariais, ver Coutinho (2003).

sendo, por isso, denominado de “Aprendizado intensivo em P&D interno ocasional”. Estão agrupados nesse *cluster* os setores de (i) confecções, dominados por fornecedores; (ii) metalurgia; (iii) de fabricação de máquinas e equipamentos, fornecedores especializados; e (iv) de veículos automotores, intensivo em escala.²⁴ Trata-se de setores que nesse período envolveram-se em estratégias inovativas semelhantes, marcadas, possivelmente, por esforços de adaptação à concorrência dos produtos importados, ou às tendências de moda (confecções), caracterizando esforços de aprendizagem voltados para a solução de problemas técnicos específicos, que por vezes implicam a criação esporádica de estruturas internas de P&D.

Tal particularidade das atividades de aprendizagem e inovação destes setores no Brasil claramente relaciona-se às características do sistema nacional de inovações, dos conhecimentos específicos acumulados nas firmas e em instituições desse sistema, mas também do período analisado. Isso reforça a noção de que aspectos históricos e de localização importam na identificação e avaliação dos formatos particulares dos esforços de aprendizagem e inovação.

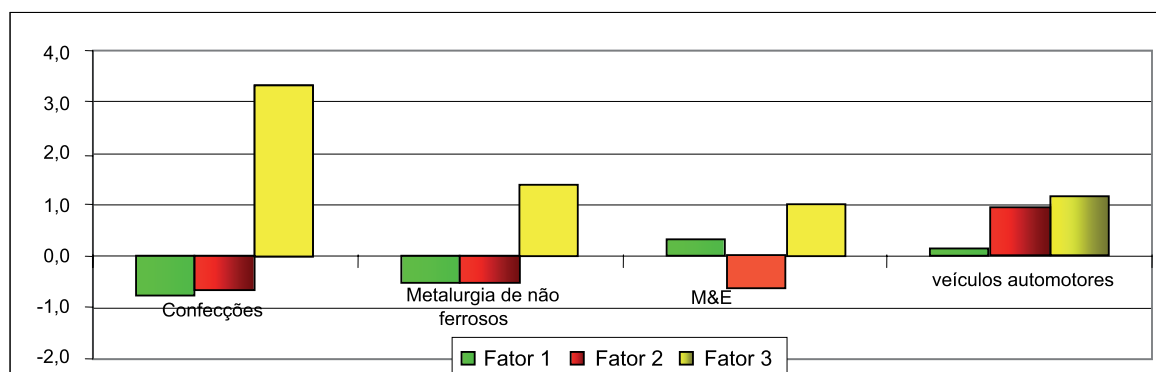


Gráfico 3 – Comportamento dos Setores Agrupados no Cluster 3

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os esforços de aprendizagem e inovação do setor de confecções podem ser compreendidos pela característica do padrão de concorrência, marcado por mudanças constantes nas tendências de moda, associado à alta difusão dos conhecimentos técnicos necessários ao desenvolvimento das inovações típicas do setor – pequenos melhoramentos em produtos e inovações incrementais de processo. Em outras palavras, ainda que as transformações em produtos e processos possam ocorrer com alguma frequência, a rotina tecnológica necessária à dinâmica competitiva do setor não se traduz na formação de estruturas

24 As denominações “intensivo em escala” e “fornecedores especializados” são subdivisões da categoria “intensivos em produção” da taxonomia (PAVITT, 1984).

permanentes internas de P&D, na aquisição externa de P&D ou em gastos elevados para a introdução da inovação no mercado (Fator 2), por exemplo. Os conhecimentos gerados destinam-se estritamente ao âmbito produtivo, mais especificamente ao desenvolvimento de soluções práticas impostas pela necessidade de diferenciações de produto e processos, por sua vez, guiadas pela tendência da moda. Deriva-se disso o uso de fontes de informação e formas de cooperação que em pouco excedem aos relacionamentos com agentes engajados na produção estrita, via fornecedores de insumos diversos, via imitação de concorrentes ou pela interação com clientes.

A combinação dos fatores nos esforços de aprendizagem do setor de metalurgia de metais não ferrosos também sugere que os esforços ocasionais não envolvem pessoal sistematicamente engajado em atividades de pesquisa. Sendo mais prováveis processos de aprendizado destinados ao desenvolvimento de soluções inovativas incrementais, guiadas pela demanda, uma vez que é um setor fornecedor especializado (PAVITT, 1984).

No setor de fabricação de máquinas e equipamentos, a composição dos três fatores, ao privilegiar os esforços de P&D ocasionais combinados a restritos esforços de interação e cooperação, indica um processo de desenvolvimento de novos produtos fabricados com uma gama expressiva de componentes importados. Tal prática, ao privilegiar a aquisição externa em detrimento da criação, uso e difusão de conhecimentos nacionais, configura-se em estratégia inovativa defensiva, frequente em sistemas de inovação condicionados por regimes macroeconômicos malignos (CASSIOLATO; LASTRES; SZAPIRO, 2000).

No setor de fabricação de veículos automotores, a intensidade dos esforços ocasionais, em relação aos esforços contínuos, pode ser explicada pela nacionalidade das grandes montadoras instaladas no Brasil. Os altos investimentos em P&D e outros gastos que marcam o padrão de concorrência são realizados nas matrizes localizadas nos Estados Unidos, na Europa e no Japão. Para as filiais brasileiras, restam esforços ocasionais associados a características específicas de sua demanda, como adequação às condições de tráfego nacional, entre outras características. Contudo, esse processo de difusão e absorção de informações e conhecimentos entre filial e matriz não é trivial, demanda interfaces com técnicos e engenheiros de alta qualificação para que linguagens comuns possam ser estabelecidas e se mantenham. O desenvolvimento dessas capacitações exige dispêndios contínuos, normalmente relacionados ao treinamento de pessoal, ao P&D interno e mesmo à aquisição de P&D e

outros a conhecimentos externos (Fator 2).²⁵ Nesse sentido, o fator 1 pode refletir as relações estabelecidas com clientes e fornecedores, associadas às exigências dos primeiros e às possibilidades dos segundos, mas também interações com universidades. Estas, conforme Bittencourt *et al.* (2007), voltadas às áreas do conhecimento de engenharia mecânica, de materiais e de produção via pesquisa científica com uso imediato dos resultados²⁶ e à transferência de tecnologia, provavelmente para o melhoramento de etapas do processo de produção.

4.2.4 Aprendizagem Intensiva em Dispendios (Cluster 4)

O cluster 4, denominado de “Aprendizado Intensivo em Dispendios”, diferencia-se dos demais pela expressiva intensidade dos gastos com atividades de inovação²⁷ (Fator 2). Combina-se a esse fator dispendios ocasionais em P&D (Fator 3) próximos à média das firmas brasileiras e ao aprendizado via interação (Fator 1) também abaixo da média nacional.

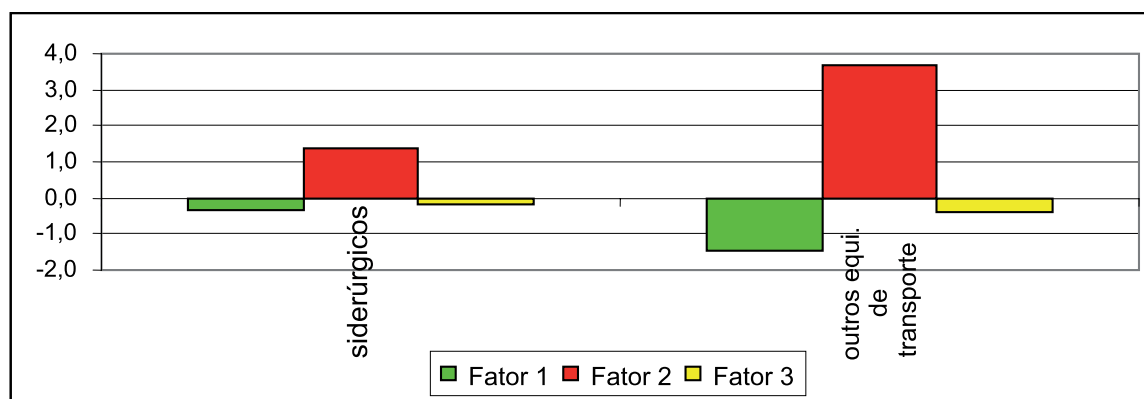


Gráfico 4 – Comportamento dos Setores Agrupados no Cluster 4

Fonte: Elaborado pelos autores.

O *cluster* é composto apenas pelos setores de “siderurgia” e “outros equipamentos de transporte”. O porte das firmas explica o volume de gastos com atividades de inovação superiores a média nos dois setores. No caso da siderurgia, é conhecido o porte de firmas como a CSN, o grupo Gerdau, a Aço Villares e a Usiminas. As magnitudes relativamente restritas do fator 1 sugerem que a ampla difusão da base de conhecimentos necessários à produção e à inovação no setor não estimule pro-

25 O fator 2 também agrega gastos com o desenvolvimento de projetos e preparações técnicas nas fases finais do processo de inovação e com a introdução da inovação no mercado, geralmente intensos no setor.

26 Esse tipo de relacionamento sugere relações de curto prazo voltadas, portanto, para a construção de linguagem – comentada acima – que sugerem inovações de caráter incremental.

27 Note que a escala positiva do gráfico do *cluster* 4 é maior do que a dos outros agrupamentos.

cessos dinâmicos de aprendizado via interação com diversos agentes. Já a magnitude restrita do fator 3 pode ser compreendida pela alta competitividade da indústria brasileira no setor, que tende a construir estruturas internas contínuas de P&D em detrimento das esporádicas, típicas dos empresários imitadores.

No setor de “outros equipamentos de transporte”, o regime de concorrência em que a EMBRAER está inserida, marcado pelo alto volume de gastos em atividades de inovação, explica a magnitude do fator 2. E a diminuta intensidade dos fatores 1 e 3 pode ser explicada pela presença de firmas dos segmentos de construção, montagem e reparação de veículos ferroviários e de embarcações, além de outros equipamentos de transporte.²⁸

Tigre (2006) destaca a singularidade competitiva do caso da EMBRAER no sistema nacional de inovações ao revelar que o setor de construção de aeronaves é o único em que a porcentagem dos gastos com P&D sobre a receita líquida das vendas é comparável com a média dos países da OCDE, cerca de 8,0% (PIA, 2003 *apud* TIGRE, 2006).

É também característica do processo de aprendizagem da EMBRAER a coordenação (governança), em diferentes graus, das atividades de fornecimento, de modo a adequá-las a projetos específicos da firma ou a especificações técnicas de clientes. Gastos com a aquisição externa de P&D²⁹ tornam-se frequentes nessas operações e demandam outros tipos de gastos internos como em P&D ou treinamento de recursos humanos especializados para que se torne possível acessar conhecimentos técnicos gerados pela rede de fornecedores, clientes e instituições que fazem parte desse sistema setorial. Esse processo dinâmico torna possível a construção e a intensificação de redes de interação com diversas fontes de aprendizado. Nessa direção, Bittencourt *et al.* (2007) identificaram interações consistentes entre a EMBRAER e os grupos de pesquisa da UFSCar, do ITA e do CTA, inseridos no sistema local de inovações. Mas alertaram que grande parte das interações pode estar ocorrendo em instituições de C&T localizadas fora do país, dada a característica de incompletude do sistema nacional de inovações brasileiro apontada na segunda seção deste artigo.

28 Ainda que a EMBRAER possa ter julgado de “alta” importância suas relações de aprendizagem com fornecedores, concorrentes ou instituições de C&T, a magnitude média que analisamos é composta por outras firmas do setor, como as dos segmentos de reparação de embarcações. Contudo, os gastos em atividades de inovação estão em patamares muito superiores ao do restante das firmas desse segmento.

29 Mais de 50% da soma dos setores selecionados neste artigo.

5 Considerações Finais

Antes de apresentar as reflexões conclusivas, destacamos algumas limitações da metodologia e do uso da base de dados.

No que se refere à metodologia, a definição do valor dos atributos qualitativos para a transformação em quantitativos (1; 0,66 e 0,33 para alta, média e baixa), ainda que tenha o mérito de não desperdiçar informações, é uma valoração arbitrária e, dessa forma, outra valoração poderá chegar a resultados distintos. Pode ser considerado um limitante aos resultados, também, o uso de base de dados disponibilizada pela PINTEC ao nível dos setores (2 e 3 dígitos da CNAE), à medida que esta se configurou em uma restrição para a melhor representação das características médias dos setores, a qual dar-se-ia pelas medianas do comportamento (variáveis consideradas) do conjunto de firmas que compõem cada setor, caso fosse possível o acesso aos microdados (informações ao nível da empresa).³⁰

Ainda sobre as informações utilizadas, considera-se que as fontes de informação, as formas de cooperação e os gastos com as atividades de inovação configuram-se em um conjunto apropriado de informações para inferir sobre esforços de aprendizagem. Sua aplicação, por meio das técnicas da análise multivariada a 23 setores da indústria brasileira, revelou 4 grupos de setores relativamente homogêneos, agrupados segundo 3 fatores explicativos de seus esforços de aprendizagem. Essa maneira de explorar os dados permitiu uma comparação de formas setoriais específicas de aprendizagem na indústria brasileira e ajudou na identificação da influência de particularidades do sistema nacional de inovações brasileiro nas estratégias de aprendizagem e inovação típicas das estruturas setoriais. Assim, acredita-se ter cumprido o objetivo de identificar características específicas dos esforços setoriais de aprendizagem dentre as diversas formas possíveis.

Os resultados da aplicação das técnicas estatísticas revelaram o fator 1, que incluiu os indicadores de uso das diversas fontes de informação e os indicadores da cooperação com diferentes agentes, mostrando que a correlação entre indicadores de intensidade do uso de fontes de informação e os relativos às formas de cooperação é bastante forte na indústria brasileira.

Já o fator 2, formado pelos indicadores de dispêndios com as atividades de inovação, indica que a intensidade de gastos em atividades

30 Tal consideração é especialmente importante, dadas as diferentes características dos setores em termos de número de empresas inovadoras, taxa de inovação, mas também tendo em vista características das empresas como o número de empresas inovadoras de grande porte, por exemplo.

de P&D, por exemplo, é acompanhada também por gastos em outras atividades de inovação. Isto sugere combinações complementares nos dispêndios em atividades inovativas.

E o fator 3, composto apenas pelo indicador do gasto médio em P&D ocasional, mostra que esse indicador não se correlaciona com nenhum outro na indústria brasileira.

A análise de *cluster* possibilitou elaborar um ordenamento dos setores segundo a intensidade dos fatores, ou seja, as características observadas na análise fatorial não são homogêneas para a indústria brasileira. A combinação da intensidade dos diferentes fatores apontou a presença de setores industriais mais dinâmicos em termos de aprendizagem tecnológica, como é o caso dos setores que integram o *cluster* 1, pois revelam a presença de processos de aprendizagem que incluem significativas interações externas às firmas com a presença de processos de cooperação.

O *cluster* 4 mostra a presença de setores industriais na economia brasileira com fortes gastos em atividades inovativas, sugerida pela intensidade do fator 2. Inclui-se neste caso, o setor de outros equipamentos de transportes, no qual se situa a Embraer, e o setor de siderurgia, em que se insere a CSN, duas ex-estatais, por exemplo.

Já o *cluster* 2, é formado por setores produtores de bens tradicionais e de consumo, nos quais a intensidade dos 3 fatores está, em geral, abaixo da média nacional. Mas, neste *cluster*, estão também setores com maior intensidade tecnológica, indicando especiais dificuldades para os setores “químico”, “de automação industrial e produtos médico-hospitalares” e de “máquinas, aparelhos e materiais elétricos” em se adequar ao seu padrão de concorrência internacional.

O *cluster* 3 agrupou setores caracterizados pela intensidade do fator 3, com maior intensidade de gastos em P&D ocasional. As sazonalidades da moda num setor de base de conhecimentos amplamente difundidos explicam essa dinâmica no setor de confecções, por exemplo. Mas, nos demais setores, como os de metalurgia de não ferrosos, fabricação de máquinas e equipamentos e veículos automotores, tal característica não aponta para adequabilidade dos esforços de P&D aos padrões competitivos típicos dessas indústrias. No caso da indústria automobilista, por exemplo, o gasto em P&D ocasional sugere esforços de adaptação de produtos e processos, os quais não demandam desenvolvimento de importantes estruturas de P&D na firma.

É importante salientar que os resultados se aproximam, de certa forma, à taxonomia Pavitt (1984). No *cluster* 1, agruparam-se setores baseados em ciência, da taxonomia Pavitt (1984). O *cluster* 2 foi formado por 10 setores “dominados por fornecedores”, sendo as exceções três setores “fornecedores especializados”. No *cluster* 3, dos 4 setores agrupados,

notou-se a presença de 3 setores “intensivos em produção” e apenas um setor dominado por fornecedores. E, no cluster 4, observou-se a presença de dois setores “intensivos em escala”. As exceções estimularam esforços analíticos mais sofisticados que marcam as particularidades do sistema nacional de inovações.

Finalmente, enfatizamos que este estudo, ao mostrar as especificidades das atividades inovativas por *cluster*, pode contribuir para a identificação de políticas industriais, científicas e tecnológicas, de natureza vertical, na medida em que revelam fragilidades e potencialidades na acentuada heterogeneidade da indústria brasileira.

Referências

ARROW, K. J. The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, v. 29, n. 3, p. 155-17, 1962.

BERNARDES, R. *Embraer: elos entre Estado e Mercado*. São Paulo: Hucitec, 2000.

BITTENCOURT, P. F. *et al.* The relations between firms and universities in Brazilian innovative regions: an exploratory study. In: GLOBELICS INTERNATIONAL CONFERENCE, n. 5, 2007, Saratov, Russia. *Anais...* Saratov, 2007.

BITTENCOURT, P. F.; CAMPOS, R. R. Processos de aprendizagem de empresas inovadoras em aglomerações produtivas uma análise exploratória dos dados da Pintec para Santa Catarina. *Nova Economia*. Belo Horizonte, n. 3, v. 18, p. 471-500, 2008.

BRESCHI, S.; MALERBA, F. Sectoral innovation systems: technological regimes schumpeterian dynamics and spatial boundaries. In: EDQUIST, C. (Ed.). *System of innovation: technologies, institutions, organizations*. London: Pinter Publishers, 1997.

BRESCHI, S.; MALERBA, F.; ORSENIGO, L. The technological regimes and Schumpeterian patterns of innovation. *The Economic Journal*, n. 2, v. 110, p. 388-410, apr. 2000.

CAMPOS, B. Aspectos da padronização setorial das inovações na indústria brasileira: uma análise multivariada a partir da Pintec 2000. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, n. 33., 2005, Natal. *Anais...* Natal: ANPEC, 2005.

CARLSSON, B. *et al.* Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy, Netherland*, n. 2, v. 31, p. 233-245, 2002.

CASSIOLATO, J. E.; CAMPOS, R. R.; STALLIVIERI, F. Processos de aprendizagem e inovação em setores tradicionais: os arranjos produtivos locais de confecções no Brasil. *Economia*. Brasília, v. 7, n. 3, p. 477-502, 2007.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M.; SZAPIRO, M. *Arranjos e sistemas produtivos locais e proposições de políticas de desenvolvimento industrial e tecnológico*. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em <http://www.ie.ufrj.br/redesist/P2/textos/NT27.PDF>. Acesso em 09 set. 2009.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Innovation and learning: the two faces of R&D. *The Economic Journal*, London, n. 397, v. 99, p. 569-596, 1989.

COUTINHO, L. G. Macroeconomic regimes and business strategies: an alternative industrial policy for Brazil in the wake of the 21st century. In: CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M.; MACIEL, M. L. (Org.). *Systems of innovation and development: evidence from Brazil*. Brighton: Sussex University, p. 311-329, 2003.

FREEMAN, C. *Technology and economic performance: lessons from Japan*. London: Printer Publishers, 1987.

_____. The economics of technical change. *Cambridge Journal of Economics*, London, v. 18, n. 5, p. 463-514, 1994.

GONÇALVES, E.; SIMÕES, R. Padrões de esforço tecnológico na indústria brasileira: uma análise setorial a partir de técnicas multivariadas. *Revista da ANPEC*, v. 6, n. 2. p. 391-433, 2005.

HAIR, F. J. *Multivariate data analysis*. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

HRUSCHKA, E. R.; EBECKEN, N. F. F. A clustering algorithm for extracting rules from supervised neural network models in data mining tasks. *International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, v. 1, n. 1, p. 17-29, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa industrial inovação tecnológica 2003*. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. [Base de Dados].

KLEVORICK, A. K. *et al.* On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. *Research Policy*, Netherland, v. 24, n. 2, p. 185-205, 1995.

LEVIN, R. C. Appropriability, R&D spending and technological progress. *American Economic Review*, v. 78, n. 2, p. 424-428, May 1988.

LUNDVALL, B. *A national system of innovation: towards a theory of innovations and interactive learning*. London: Printer Publishers, 1992.

_____. The university in the learning economy. *DRUID Working Paper*, v. 2, n. 6, 2002.

LUNDVALL, B. A.; JOHNSON, B. The learning economy. *Journal of Industry Studies*, v. 1, n. 2, p. 23-42, dec. 1994.

LUNDVALL, B. A.; JOHNSON, A. E. S.; DALUM, B. National systems of production, innovation and competence building. *DRUID Conference*. Aalborg, jun. 2001.

MALERBA, F. Learning by firms and incremental technological change. *The Economic Journal*, v. 102, n. 413, p. 845-859, jul. 1992.

_____. Sectoral system of innovation and production. *Research Policy*, v. 31, n. 7, p. 247-264, 2002.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities. *Industrial e Corporate Change*, London, v. 6, n. 1, p. 83-117, 1997.

_____. Technological regimes and firm behavior. *Journal of Industry Corporate Change*, London, v. 2, n. 1 p. 45-71, 1993.

MEEUS, M.; OERLEMANS, L.; HAGE, J. Sectoral patterns of interactive learning: an empirical exploration using an extended resource based model. *Working Paper 99.5*. The Netherlands, Eindhoven Centre for Innovation Studies, 1999.

NEGRI, J. A.; SALERMO, M. S. *Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras*. Brasília: IPEA, 2005.

NELSON, R. R. The co-evolution of technology, industrial structure and supporting institutions. *Industrial and corporate change*, London. v. 3, n. 1, p. 47-63, 1994.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. *An evolutionary theory of economic change*. United States: Harvard U. P., 1982.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, v. 6, n. 13, p. 343-373, 1984.

SILVERBERG, G.; DOSI, G.; ORSENIGO, L. Innovation, diversity and diffusion: a self-organization model. *The Economic Journal*, v. 98, n. 393, p. 1032-54, 1988.

STALLIVIERI, F.; CAMPOS, R. R.; BRITO, J. N. P. Capacitações tecnológicas de micro e pequenas empresas inseridas em redes tecnoprodutivas: o acaso da eletro-metal-mecânica em Joinville SC. R. *Economia Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p. 439-474, set./dez. 2007.

STALLIVIERI, F.; CAMPOS, R. R.; BRITO, J. N. P. Indicadores para a análise da dinâmica inovativa em arranjos produtivos locais: uma análise exploratória aplicada ao arranjo eletro-metal-mecânico de Joinville/SC. *Revista Estudos Econômicos*. São Paulo, v. 39, n. 1, p. 185-219, jan./mar. 2009.

TEECE, D. J.; PISANO, G. The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and Corporate Change*, v. 3, n. 3, p. 537-556, 1994.

TIGRE, P. *Gestão da inovação: a economia da tecnologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

Recebido em: 15/10/2009.

Aceito em: 08/06/2010.