

Em busca de uma nova taxonomia de regimes tecnológicos para a indústria de transformação brasileira

1 Introdução

A forma com que as empresas adotam novas tecnologias e inovam pode variar a depender do setor industrial e do país a que pertencem, devido à especificidade da natureza do conhecimento utilizado.

Cimoli e Porcile (2008, 2010) argumentam que países em desenvolvimento apresentam trajetórias econômicas distintas com relação aos países desenvolvidos devido à existência de assimetrias tecnológicas. Desta forma, definem os países em desenvolvimento como economias de *catching up*, ou seja, que estão longe da fronteira tecnológica. Nestas economias, o crescimento no longo prazo depende da redução das assimetrias tecnológicas, do aprendizado e da diversificação.

Dosi, Pavitt e Soete (1990) relacionam o crescimento direcionado pela demanda Keynesiana à competitividade internacional baseada em inovações Schumpeterianas e à difusão internacional de tecnologia. Para estes autores, as exportações de bens mais intensivos em tecnologia são cruciais para o crescimento de longo prazo, e as atividades tecnológicas dependem das trajetórias específicas aos países. Afirmam também que setores industriais caracterizados por baixos níveis de inovação em um país desenvolvido podem apresentar situação inversa em países em desenvolvimento.

Apesar da importância do tema de *catching up* tecnológico para as economias em desenvolvimento, o mesmo não será tratado extensivamente neste artigo. Alternativamente, as características dos processos inovativos dos países em desenvolvimento e as diferenças destes em relação aos países desenvolvidos serão abordados através da temática dos regimes tecnológicos.

As atividades inovativas podem assumir diferentes formas e características de acordo com o setor industrial das empresas. Assim, para alguns setores estas atividades estão concentradas em poucas e grandes empresas, enquanto em outros as atividades inovativas estão mais dispersas entre um número maior de empresas.

A diferença existente entre estas atividades inovativas pode ser atribuída aos padrões principais de inovação identificados por Schumpeter e que ficaram conhecidos na literatura como *Schumpeter Mark I* e *Schumpeter Mark II*.

Schumpeter Mark I foi proposto em “A teoria do desenvolvimento econômico” (1911), e é caracterizado pela “destruição criadora” com facilidade de entrada e um papel principal desempenhado por empresários e por novas empresas em atividades inovativas, que desafiam as firmas estabelecidas e continuamente abalam as formas correntes de produção, organização e distribuição, destruindo completamente as quase rendas associadas com inovações prévias. O segundo padrão, *Schumpeter Mark II*, foi proposto em “Capitalismo, socialismo e democracia” (1942), sendo caracterizado por “acumulação criadora” com a prevalência de grandes firmas estabelecidas e a

presença de barreiras à entrada de novos inovadores. Com seu estoque de conhecimento acumulado em áreas tecnológicas específicas, suas competências em P&D, produção e distribuição e seus recursos financeiros relevantes, eles criam barreiras relevantes à entrada de novos empreendimentos e firmas pequenas.

As características do processo de aprendizado envolvido nas atividades inovativas e as propriedades econômicas das tecnologias adjacentes a estas atividades foram sintetizadas na noção de regime tecnológico.

Esta noção sobre regime tecnológico foi introduzida na literatura por Nelson e Winter (1982) para descrever o ambiente tecnológico em que as empresas operam, interpretando os diversos processos inovativos observados entre setores industriais e classificando estes setores em poucas categorias com características comuns. Desta forma, foram definidos dois regimes de mudança tecnológica, o regime de base científica e o regime de tecnologia cumulativa. No regime de base científica, as oportunidades tecnológicas são mais numerosas e podem ser acessadas com maior facilidade. Por outro lado, no regime de tecnologia cumulativa as oportunidades tecnológicas são mais difíceis de serem exploradas, pois a inovação ocorre de forma incremental.

Winter (1984) caracteriza dois regimes tecnológicos, inspirados nos padrões *Schumpeter Mark I* e *Schumpeter Mark II*, denominados de regime empreendedor (*entrepreneurial regime*) e regime rotinizado (*routinized regime*), em que o primeiro favorece entrada de inovadores e desfavorece a atividade inovativa por empresas já estabelecidas, enquanto o segundo facilita as inovações por empresas já estabelecidas.

Malerba e Orsenigo (1997) usaram dados de solicitação de patentes do *European Patent Office*, de seis países desenvolvidos, para testar empiricamente o modelo de regimes tecnológicos proposto por Nelson e Winter. Encontraram dois grupos tecnológicos distintos, relativamente invariantes nos seis países analisados, com características próximas às dos padrões empresarial e padronizado, ao qual chamaram de *Schumpeter Mark I* e *Schumpeter Mark II*.

Breschi, Malerba e Orsenigo (2000) definem os regimes tecnológicos como combinações de oportunidades tecnológicas, apropriabilidade das inovações, cumulatividade dos avanços técnicos e propriedades da base de conhecimento. Os autores utilizaram dados de patentes do *European Patent Office* para requisição de patentes de empresas e instituições de três países: Itália, Alemanha e Reino Unido para o período 1978-91. Os resultados das análises sustentam a hipótese de que os padrões da mudança técnica estão relacionados com a natureza do regime tecnológico adjacente aos setores industriais. Encontraram também a existência de uma relação não linear entre os padrões Schumpeterianos de inovação e a relevância da ciência para a inovação, sugerindo uma caracterização de regimes tecnológicos mais complexa do que a do modelo proposto por Nelson e Winter (1982).

Para lidar com a não linearidade das relações entre os padrões de inovação, Pavitt (1984) propôs uma taxonomia que foca nos determinantes e direções das trajetórias tecnológicas. Utilizando dados de inovações da Inglaterra, da base de dados de inovação SPRU (*Science and Technology Policy Research*), Pavitt classificou as empresas em três categorias: dominado por fornecedores,

intensivo em produção (dividida em intensivo em escala e fornecedores especializados) e baseado em ciência.

Entretanto, de acordo com Vence Deza (1995, apud GUIDOLIN, 2007), os padrões de mudança técnica propostos por Pavitt não são excludentes, possibilitando que os setores industriais sejam classificados em mais de uma categoria. Outra limitação desta classificação é que, apesar de a cumulatividade ser o ponto essencial na compreensão da taxonomia, não há uma relação dinâmica capaz de explicar a formação dos padrões de mudança e sua evolução no tempo. Assim, apesar do reconhecimento da importância do passado para explicar o presente, a taxonomia toma forma estática.

A taxonomia de Pavitt pode ser ampliada para definir os regimes tecnológicos, tal como feito por Marsili (2001). Neste trabalho a autora retoma a discussão sobre barreiras tecnológicas à entrada levantada por Winter (1984), centrando sua análise na compreensão da dinâmica da evolução industrial. Os regimes tecnológicos são classificados de acordo com as trajetórias e oportunidades tecnológicas comuns aos setores industriais. Foram encontrados, então, cinco regimes tecnológicos: baseado em ciência, processos fundamentais, sistemas complexos, engenharia de produto e processos contínuos.

Marsili e Verspagen (2002) avançaram na análise de regimes tecnológicos desenvolvidos por Marsili (2001), buscando evidências empíricas para a indústria holandesa. Utilizando dados da CIS-2 (*Second Community Innovation Survey*), estatísticas da EPS (*Enterprise Production Statistics*) e do *Business Register*, os autores construíram indicadores para estimar as características dos regimes tecnológicos. Neste trabalho, os autores utilizaram os indicadores construídos para verificar se os setores se ajustam aos regimes tecnológicos, através de análise de discriminante. Os resultados empíricos obtidos corroboraram a tipologia de regimes tecnológicos desenvolvidos por Marsili (2001).

Entretanto, as tipologias e indicadores de ciência e tecnologia até agora citados são formulados com base nos resultados observados em países desenvolvidos. Desta forma, a correspondência com as características das indústrias de países em desenvolvimento não é automática. Segundo Gonçalves e Simões (2005), os padrões de mudança técnica no Brasil não replicam as características observadas nos países desenvolvidos. Em seu trabalho, utilizaram dados da PINTEC 1998-2000 tendo como referência teórica Pavitt (1984), utilizando análise de componentes principais e análise de cluster. Os autores encontraram dois grupos de setores industriais. O primeiro grupo caracteriza-se pela aquisição de tecnologia através de máquinas e equipamentos, contendo os setores de material eletrônico e farmacêutico, apontados pelas evidências empíricas de países desenvolvidos como pertencentes ao regime baseado em ciência. O segundo grupo contém setores com maior esforço tecnológico interno, como informática, elétrica e comunicações.

Ainda assim, de acordo com Guidolin (2007), os países em desenvolvimento exibem padrões setoriais baseados em suas características de inovação tecnológica e industrialização, que são diferentes dos observados em países desenvolvidos. Desta forma, o objetivo deste artigo é elaborar uma nova taxonomia de regimes tecnológicos que reflita melhor as características da indústria brasileira.

2 Dados e estrutura do teste

Neste capítulo, utilizamos dados agregados da PINTEC 2005, que resultaram em aproximadamente 164 variáveis utilizáveis na análise empírica deste artigo. O teste empírico foi realizado ao nível de 2 dígitos da CNAE 2.0, agrupando as indústrias em 27 setores. Dado o grande número de variáveis consideradas, a Análise Fatorial foi usada para reduzir a dimensão da matriz de dados, permitindo assim modelar as informações relevantes a partir de um número limitado de fatores latentes. Os fatores encontrados foram usados para agrupar os setores industriais através da Análise de Clusters. O objetivo desta análise foi de construir subgrupos ou clusters que fossem tão homogêneos quanto possível, enquanto as diferenças entre os vários grupos fossem tão grande quanto possível. Nesta análise empírica, os clusters encontrados ajudaram na caracterização dos regimes tecnológicos.

3 Metodologia

3.1. Análise Fatorial

A análise fatorial é uma técnica estatística multivariada, desenvolvida por Spearman (1904), cujo principal objetivo é a descrição da variabilidade original em termos de um número menor, m , de variáveis aleatórias, denominadas de fatores comuns e que estão relacionadas com o vetor original X através de um modelo linear. Neste modelo, parte da variabilidade de X é atribuída aos fatores comuns, sendo o restante da variabilidade de X atribuído às variáveis que não foram incluídas no modelo, ou seja, ao erro aleatório.

Podemos representar o modelo de análise fatorial em forma matricial:

$$X = \mu + \alpha f + \varepsilon \quad (1)$$

onde $X = (X_1 \ X_2 \ \dots \ X_p)'$ é um vetor de variáveis aleatórias observáveis; $f = (f_1 \ f_2 \ \dots \ f_r)'$ é um vetor ($r \ll p$) de variáveis não observáveis ou fatores; $\alpha_{p \times r}$ é uma matriz de coeficientes fixos ou cargas fatoriais; e $\varepsilon = (\varepsilon_1 \ \varepsilon_2 \ \dots \ \varepsilon_p)'$ é um vetor de erros aleatórios.

Em alguns casos a interpretação dos fatores originais não é direta, devido à aparição de coeficientes de grandeza numérica similar em vários fatores diferentes. Em tais situações, a suposição de ortogonalidade dos fatores é violada e pode-se utilizar a transformação ortogonal dos fatores originais como forma de se encontrar uma estrutura mais simples de ser interpretada. Um dos critérios de rotação mais utilizados e que produz soluções mais simples é o critério *Varimax*.

Após a rotação da estrutura fatorial inicial, a análise prossegue com a estimação dos escores associados aos fatores obtidos. Para cada fator f_i , o i -ésimo escore fatorial a ser extraído é definido por

$$F_i = \sum_{t=1}^n b_{ij} X_{tj} \quad , \text{ com } j = 1, 2, \dots, p \quad (2)$$

em que b_j são os coeficientes de regressão e X_{ij} são as p variáveis observáveis.

Representando (2) na forma matricial, temos:

$$F_{(p \times q)} = X_{(n \times p)} \cdot B_{(p \times q)} \quad (3)$$

Como os escores fatoriais são afetados pelas unidades em que as variáveis observáveis são medidas, e como é comum ter variáveis de naturezas diferentes na análise, é conveniente trabalhar com as variáveis padronizadas, substituindo desta forma a variável X_{ij} pela padronizada Z_{ij} . A equação (2) pode ser então reescrita como:

$$F_{(p \times q)} = Z_{(n \times p)} \cdot \beta_{(p \times q)} \quad (4)$$

Multiplicando-se ambos os termos da equação (4) por $(\mathbf{1}/n)Z'$, tem-se:

$$(\mathbf{1}/n)Z'F = (\mathbf{1}/n)Z'Z\beta \quad (5)$$

Com o vetor β estimado, é possível substituí-lo na equação (4) para que se possa obter os escores fatoriais de cada observação.

Um critério para a determinação do número k de fatores a serem mantidos no sistema é o critério de Kaiser (1958). Assim, utilizando-se tal critério mantêm-se no sistema os fatores relacionados a autovalores $\hat{\lambda}_i \geq 1$, que correspondem às combinações lineares que explicam ao menos a quantidade de variância de uma variável original padronizada.

3.2. Análise de Clusters

A análise de agrupamentos, ou análise de cluster, visa dividir os elementos da amostra em grupos, de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo tenham características similares entre si, mas que os grupos sejam heterogêneos com relação a estas mesmas características. O critério mais comumente utilizado na decisão de quão semelhantes são dois elementos do conjunto de dados é a distância euclidiana, ou seja, a distância geométrica no espaço multidimensional. Esta distância é calculada como:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2} \quad (6)$$

Os setores industriais foram agrupados utilizando-se o método de agrupamento hierárquico. Neste método, no início existe tantos grupos quanto objetos (itens). Em um primeiro momento, diversos objetos semelhantes são agrupados, e estes grupos iniciais são fundidos de acordo com as suas similaridades. Nos passos subsequentes, o critério de similaridade vai sendo relaxado e os subgrupos unem-se a outros subgrupos até formar um grupo único.

Desta forma, no início tem-se n grupos, em que cada grupo é formado por um único objeto; calcula-se a **matriz simétrica de distâncias** $n \times n$, $D = (d_{ij})$, onde d_{ij} é a distância ou similaridade entre o objeto i e o objeto j .

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & \dots & d_{nn} \end{bmatrix}, \text{ onde: } d_{11} = d_{22} = \dots = d_{nn} = 0$$

Na matriz D , o par de grupos mais próximo (menor distância) é unido formando um novo grupo; uma nova matriz de distâncias é construída, eliminando-se as linhas e colunas correspondentes ao par de grupos do passo anterior e adicionando-se a linha e a coluna dadas pelas distâncias entre este e os grupos

remanescentes. Estes passos são repetidos (n-1) vezes observando-se as identidades dos grupos que são agrupados.

Os objetos semelhantes são agrupados por meio de ligações, que podem ser de diversos tipos. Neste trabalho, foi utilizado o Método de Ward (1963). Este procedimento fundamenta-se nos seguintes princípios: (i) cada elemento é considerado como um único conglomerado; (ii) em cada passo do agrupamento calcula-se a soma de quadrados dentro de cada conglomerado, isto é,

$$SS_i = \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 \quad (7)$$

onde n_i é o número de elementos no conglomerado C_i quando se está no passo k do processo de agrupamento, X_{ij} é o vetor de observações do j -ésimo elemento amostral pertencente ao i -ésimo conglomerado, \bar{X}_i é o centróide do conglomerado C_i , e SS_i representa a soma de quadrados correspondente ao conglomerado C_i . No passo k, a soma de quadrados total dentro dos grupos é definida como:

$$SSR = \sum_{i=1}^{g_k} SS_i \quad (8)$$

onde g_k é o número de grupos existentes no passo k.

A distância entre os conglomerados C_i e C_l é, então, definida como:

$$d(C_i, C_l) = \left[\frac{n_i n_l}{n_i + n_l} \right] (\bar{X}_i - \bar{X}_l)^2 \quad (9)$$

que é a soma de quadrados entre os clusters C_i e C_l . Em cada passo do algoritmo, os dois conglomerados que minimizam a distância (9) são combinados. Assim, em cada passo do agrupamento, o método de Ward combina os dois conglomerados que resultam no menor valor de SSR.

3.3. Análise de Discriminante

A análise de discriminante pode ser utilizada para classificar elementos de uma amostra ou população; entretanto, é necessário que os grupos sejam predefinidos. Desta forma, é possível elaborar uma função matemática chamada de regra de classificação ou discriminação, usada para classificar novos elementos nos grupos já existentes (MINGOTI, 2005).

Fisher (1936) introduziu a ideia de se construir funções discriminantes a partir das variáveis originais combinadas linearmente. Supondo que há p-variáveis aleatórias, g populações normais p-variadas para discriminação e que as matrizes de covariâncias populacionais sejam todas iguais, é possível construir s combinações lineares $s \leq \min(g - 1, p)$, chamadas de funções discriminantes canônicas, definidas por:

$$\hat{V}_j = \hat{e}_j^T X_{p \times 1}, \quad j = 1, 2, \dots, s \quad (10)$$

onde \hat{e}_j^T é o j -ésimo autovetor correspondente ao j -ésimo maior autovalor da matriz $W^{-1}B$ e tal que $\hat{e}_j^T W \hat{e}_j = 1$, sendo as matrizes W e B definidas por:

$$W_{p \times p} = \sum_{i=1}^g \sum_{k=1}^{n_i} (X_{ik} - \bar{X}_i)(X_{ik} - \bar{X}_i)^T; \quad B_{p \times p} = \sum_{i=1}^g n_i (\bar{X}_i - \bar{X})(\bar{X}_i - \bar{X})^T$$

sendo X_{ik} o vetor de observações do elemento amostral k que pertence à população i , \bar{X}_i o vetor de médias amostral da população i , \bar{X} o vetor de médias amostral, considerando todas as n observações conjuntamente e n_i o número de

elementos pertencentes à amostra da população i , $i = 1, 2, \dots, g$, $\sum_{i=1}^g n_i = n$.

As combinações lineares (10) possuem o maior poder discriminante dentro do conjunto de variáveis utilizadas para discriminação. São as de maior poder de separação dos grupos.

Para cada elemento amostral com vetor de observações x_j haverá um vetor com seus escores nestas funções, $\bar{V}_j = [\theta_1 x_j \quad \theta_2 x_j \quad \dots \quad \theta_g x_j]$. Os escores das funções discriminantes canônicas aplicadas aos vetores de média amostral observados para cada população podem ser definidos como: $\bar{V}_i = [\theta_1 \bar{x}_i \quad \theta_2 \bar{x}_i \quad \dots \quad \theta_g \bar{x}_i]$, $i = 1, 2, \dots, g$. O passo seguinte é calcular a distância Euclidiana entre os vetores \bar{V}_j e \bar{V}_i para todo $i = 1, 2, \dots, g$, sendo o correspondente elemento amostral j classificado na população cuja distância é a menor.

4 Resultados empíricos

Como foi mencionado acima, 164 variáveis foram consideradas na análise empírica. Utilizando o método de Análise Fatorial, todas as variáveis apresentaram altos valores para as comunalidades. Para selecionar o número de fatores a serem retidos na análise, foi utilizado o critério de Kaiser, resultando em 13 fatores que explicam 97% da variância total, como mostrado na Tabela 1.

Após usar o método *varimax* de rotação e considerando *loadings* maiores que 0,5 como significativos, as variáveis latentes podem ser descritas como:

- Fator 1: *Índice de inovação*.
- Fator 2: *Cooperação* – composto por cooperação com usuários domésticos, concorrentes, organizações e universidades; e cooperação com fornecedores internacionais. Nesta variável latente, a cooperação leva a novos produtos e novos processos para a empresa e a novos produtos para o mercado nacional.
- Fator 3: *Fontes internacionais de informação* – composto por informações internacionais de universidades, empresas de consultoria, concorrentes e organizações de treinamento profissional, levando a novos produtos e a novos processos em termos do mercado mundial.
- Fator 4: *Cooperação em P&D* – cooperação com universidades internacionais e organizações nacionais de treinamento profissional e assistência técnica. Neste fator, o objeto da cooperação é P&D e testes para novos produtos.

Tabela 1 – Variância total explicada, número de fatores a considerar

Componente	Autovalores Iniciais			Extração da soma dos quadrados		
	Total	% Variância	% Acumulada	Total	% Variância	% Acumulada
1	101,585	61,942	61,942	101,585	61,942	61,942
2	24,013	14,642	76,584	24,013	14,642	76,584
3	7,748	4,725	81,309	7,748	4,725	81,309
4	4,667	2,846	84,154	4,667	2,846	84,154
5	3,770	2,299	86,453	3,770	2,299	86,453
6	3,524	2,149	88,602	3,524	2,149	88,602
7	3,071	1,872	90,474	3,071	1,872	90,474
8	2,387	1,455	91,930	2,387	1,455	91,930
9	2,176	1,327	93,256	2,176	1,327	93,256
10	2,083	1,270	94,527	2,083	1,270	94,527
11	1,798	1,097	95,623	1,798	1,097	95,623
12	1,398	,852	96,476	1,398	,852	96,476
13	1,264	,771	97,246	1,264	,771	97,246
14	,966	,589	97,835			
.	.	.	.			
.	.	.	.			
.	.	.	.			
164	-4,340E-15	-2,646E-15	100,000			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da PINTEC 2005.

- Fator 5: *Treinamento profissional e assistência técnica internacionais* – cooperação com organizações internacionais de treinamento profissional e assistência técnica.
- Fator 6: *P&D interno* – composto pelo número de pessoas empregadas no departamento de P&D.
- Fator 7: *Financiamento público de P&D* – a principal fonte de financiamento de P&D é o setor público.
- Fator 8: *Auto-financiamento* – de atividades de P&D e outras atividades inovativas.
- Fator 9: *Inovação de produto* – inovação incremental em novos produtos para o mercado mundial.
- Fator 10: *Financiamento público de atividades inovativas* – financiamento de atividades inovativas por bancos públicos, exceto de atividades de P&D.
- Fator 11: *Consultoria em P&D* – cooperação em P&D com empresas de consultoria.
- Fator 12: *Informação sobre treinamento profissional e assistência técnica internacionais* – informação de organizações internacionais de treinamento profissional e assistência técnica.
- Fator 13: *Informação de usuários no mercado mundial*.

O Fator 11 não apresentou *loadings* maiores que 0,5.

Estas variáveis latentes podem ser divididas, em um primeiro momento, em dois grupos principais: um grupo composto pelo fator 1 e outro composto pelos demais fatores. O fator 1 pode conter variáveis indicativas de maior autonomia de tecnologia e financiamento relativamente aos demais fatores, uma vez que ele é significativo apenas para os clusters mais autônomos, como será mostrado nos passos seguintes desta análise. Estas variáveis latentes indicam a existência de uma forte relação com o mercado internacional, mostrando que os setores

industriais brasileiros são dependentes de tecnologia desenvolvida em outros países.

Tabela 2 – Variância total explicada, número de fatores a considerar (Fator 1)

Componente	Autovalores Iniciais			Extração da soma dos quadrados		
	Total	% Variância	% Acumulada	Total	% Variância	% Acumulada
1	81,076	81,076	81,076	81,076	81,076	81,076
2	6,726	6,726	87,802	6,726	6,726	87,802
3	2,363	2,363	90,164	2,363	2,363	90,164
4	2,310	2,310	92,474	2,310	2,310	92,474
5	1,420	1,420	93,895	1,420	1,420	93,895
6	1,053	1,053	94,948	1,053	1,053	94,948
7	,983	,983	95,931			
.	.	.	.			
.	.	.	.			
.	.	.	.			
100	-3,74E-015	-3,74E-015	100,000			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da PINTEC 2005.

Contudo, é difícil caracterizar o fator 1, dado que é composto por 101 variáveis diferentes. Desta forma, foi realizada uma nova análise fatorial para melhor caracterizar este fator, usando as mesmas 101 variáveis constituintes do fator. Utilizando os mesmos critérios da análise fatorial anterior, temos:

- *Redução de custos e importância das fontes de informação:* composto pelo alto grau de impacto das atividades inovativas reduzindo o uso de recursos e reduzindo custos de produção; e pelo alto grau de importância das fontes de informação utilizadas.
- *Cooperação com organizações domésticas:* composto por relações de cooperação com fornecedores nacionais, organizações de treinamento profissional e assistência técnica, e usuários.
- *Fontes internacionais de informação:* composto por informação de fornecedores internacionais, feiras, conferências e publicações especializadas.
- *Obstáculos à inovação:* composto pelo alto grau de importância da falta de informação sobre tecnologia e mercado e pelas dificuldades da empresa em se adequar à regulação.
- *Financiamento privado de P&D:* uso de recursos de organizações privadas para realizar atividades de P&D.
- *Inovação ambiental:* alto impacto da atividade inovativa para redução do consumo de água.

O próximo passo do procedimento empírico é agrupar os setores industriais em clusters de acordo com estas variáveis latentes, usando o método hierárquico e as ligações de Ward. Foram encontrados seis clusters, como mostrado na Tabela 3.

Para estimar quais os fatores mais relevantes para cada cluster, foi utilizada a Análise de Discriminante. A Tabela 4 mostra os coeficientes da Função de Classificação de Fisher. De acordo com este critério, os coeficientes mais altos definem os fatores mais importantes a cada cluster.

Os clusters podem ser classificados em dois grupos principais: *Dependente* ou *Autônomo* em relação à tecnologia internacional. O grupo *Dependente* inclui os clusters 1, 3 e 5; enquanto o grupo *Autônomo* inclui os clusters 2, 4 e 6.

Tabela 3 – Clusters

	Setor
1	Fabricação de máquinas e equipamentos
2	Fabricação de produtos minerais não-metálicos
3	Fabricação de produtos químicos Fabricação de artigos de borracha e plástico Fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos Fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicação Fabricação de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios
4	Fabricação de produtos alimentícios e bebidas Fabricação de produtos de fumo Fabricação de produtos têxteis Confecção de artigos de vestuário e acessórios Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados Fabricação de produtos de Madeira Fabricação de móveis e indústrias diversas Fabricação de celulose, papel e produtos de papel Edição, impressão e reprodução de gravações Metalurgia básica Fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool Fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias Fabricação de outros equipamentos de transporte
5	Reciclagem
6	Fabricação de produtos de metal

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da PINTEC 2005.

Cluster 1: *Parte de uma cadeia global* – Os fatores mais relevantes no cluster 1 são as fontes internacionais de informação, financiamento público de atividades inovativas, exceto P&D, e cooperação. Apesar de ser classificado como dependente, este cluster também apresenta atividades de P&D, uma vez que usa tanto consultoria quanto cooperação em P&D; ademais, trata-se de um exportador, pois apresenta informações de usuários em mercados internacionais como relevantes. Este cluster está provavelmente dentro de uma cadeia produtiva global. Apresenta os mais altos valores de fontes internacionais de informação e cooperação em P&D (ver Tabela 5). Em termos das definições de regimes tecnológicos propostos por Breschi, Malerba e Orsenigo (2000), este cluster apresenta altos níveis de apropriabilidade das inovações e cumulatividade dos avanços técnicos. Contudo, é dependente de tecnologia de outros países, tornando impossível de alcançar níveis satisfatórios de oportunidades

tecnológicas. Considerando a taxonomia de Marsili e Verspagen (2001), o setor industrial deste cluster seria classificado no regime de engenharia de produto.

Tabela 4 – Função de Classificação de Fisher

Variáveis	Clusters					
	1	2	3	4	5	6
Índice de inovação	-19,9	35,4	-17,1	6,1	-48	38,6
Cooperação	121,9	-116,1	53	-13,5	53,1	-40,3
Fontes internacionais de informação	360,6	-220,8	69,6	-19,7	92,3	-85,5
Cooperação em P&D	24,4	-10,4	0,04	-0,01	11,3	-25,5
Treinamento profissional internacional e assistência técnica	25,8	-17,7	10,4	-11,2	141,3	-13,03
P&D interno	-193,6	223,3	-71,7	17,1	-77,2	62,2
Financiamento público de P&D	-148,3	122	-48,9	10,7	-81,6	79,7
Auto-financiamento	-68,7	56,7	-19,3	5,8	-69,1	92,4
Inovação de produto	-0,1	2,1	1,7	0,04	9,1	-20,8
Financiamento público de atividades inovativas	174,9	-181,2	80,2	-21,2	102,3	-72,6
Consultoria em P&D	56,6	-33,9	9,5	-1,2	15,7	-29,5
Informação sobre treinamento profissional e assistência técnica internacionais	-32,8	22,1	-8,9	3,6	-10,9	-19,3
Informação de usuários no mercado mundial (Constante)	69,9	-75,1	33,7	-8,9	47,7	-49,6
	-1092	-720,8	-104,5	-10,7	-525,4	-336,6

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da PINTEC 2005.

Cluster 2: Autônomo em P&D – Este grupo desenvolve atividades de P&D financiadas por instituições públicas. Usa informação de organizações de treinamento profissional e assistência técnica e tem alto nível de índice de inovação. Este cluster apresenta os mais altos valores médios de P&D interno e inovação de produto. O setor industrial contido neste cluster é caracterizado por baixos níveis de apropriabilidade e cumulatividade; em comparação com Marsili e Verspagen seria classificado no regime de processos contínuos.

Cluster 3: Dependente em informação e cooperação – O cluster é caracterizado pelo uso de fontes internas de informação e financiamento público de atividades inovativas. Apresenta os valores mais altos de cooperação, financiamento público a atividades inovativas e informação de usuários no mercado internacional. Apesar de apresentar altos níveis de apropriabilidade e cumulatividade, não pode alcançar altos níveis de oportunidade tecnológica, pois depende de outros países. Os setores industriais seriam classificados no regime de engenharia de produto e no regime baseado em ciência, em comparação com Marsili e Verspagen.

Cluster 4: Autônomo em P&D com uso de informação internacional – Apresenta atividades internas de P&D, financiadas por instituições públicas. Este cluster apresenta os valores mais altos de consultoria em P&D e informação sobre treinamento profissional e assistência técnica internacional. É caracterizado por altos níveis de oportunidade e apropriabilidade, embora apresente baixo nível de cumulatividade. Estes fatores levam os setores industriais deste cluster a ser independentes de tecnologia de outros países. Os setores industriais seriam

classificados nos regimes de processos contínuos, processos fundamentais e sistemas complexos em Marsili e Verspagen.

Tabela 5 – Estatísticas descritivas – Média

Variáveis	Clusters					
	1	2	3	4	5	6
Índice de inovação	0.578	0.169	-0.239	0.425	-0.802	1.594
Cooperação	0.444	0.420	0.888	-0.304	-0.454	-0.215
Fontes internacionais de informação	5.954	-0.419	-0.079	-0.158	-0.066	-0.199
Cooperação em P&D	0.422	-0.101	-0.309	-0.116	0.034	-0.985
Treinamento profissional internacional e assistência técnica	-0.134	0.321	-0.263	-0.295	5.293	1.333
P&D interno	0.178	5.912	-0.189	-0.096	-0.385	-0.484
Financiamento público de P&D	0.039	-0.032	-0.042	-0.238	-0.984	0.955
Auto-financiamento	-0.292	0.270	0.259	-0.184	-1.474	4.857
Inovação de produto	-0.393	0.556	-0.015	-0.201	0.028	-0.981
Financiamento público de atividades inovativas	0.009	-0.342	1.621	-0.329	0.631	-0.463
Consultoria em P&D	0.117	-0.204	-0.224	0.258	-0.602	-0.336
Informação sobre treinamento profissional e assistência técnica internacionais	-0.436	-0.179	0.107	0.125	-1.153	-1.534
Informação de usuários no mercado mundial	-0.268	0.680	0.744	-0.324	0.209	-1.102

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da PINTEC 2005.

Cluster 5: Dependente de capital humano – Este grupo depende de treinamento profissional e assistência técnica internacionais, de financiamento público de atividades inovativas, exceto P&D e de fontes internacionais de informação. Apresenta um baixo nível de cooperação, implicando que este grupo seja altamente dependente de tecnologia e treinamento profissional de outros países, de forma contínua. Apresenta também o mais alto valor de treinamento profissional e assistência técnica internacional. O setor industrial deste cluster é caracterizado por altos níveis de cumulatividade e baixos níveis de apropriabilidade e oportunidade, e seria classificado no regime de processos contínuos em Marsili e Verspagen.

Cluster 6: Autônomo em recursos financeiros – Este cluster é caracterizado pela presença de financiamento interno de atividades inovativas, financiamento público de P&D e pelo desenvolvimento de atividades internas de P&D. também apresenta o mais alto nível de índice de inovação, bem como o valor médio mais alto de índice de inovação, financiamento público de P&D e financiamento interno. Contudo, apresenta baixos níveis de oportunidade, cumulatividade e apropriabilidade. O setor industrial, em Marsili e Verspagen, seria classificado no regime de processos contínuos.

Estes resultados empíricos indicam que os clusters dependentes são os que apresentam altos níveis de apropriabilidade e cumulatividade e os clusters independentes são os que apresentam baixos níveis de cumulatividade. Além disso, a comparação com os regimes tecnológicos criados por Marsili e Verspagen indica que os setores mais inovativos são parte dos clusters dependentes, enquanto os clusters independentes contêm os setores menos inovativos.

5 Considerações Finais

Neste artigo, foi utilizada a análise multivariada para classificar os setores industriais brasileiros em regimes tecnológicos, usando a PINTEC 2005. O modelo agrupou os setores industriais em seis clusters. Como se trata da análise de um país em desenvolvimento, a dinâmica industrial é diferente daquela de países desenvolvidos, e a análise mais adequada é do ponto de vista da (in)dependência tecnológica. Desta forma, os clusters foram classificados em dois grupos principais: o grupo de setores industriais dependentes de tecnologia desenvolvida em outros países e o grupo tecnologicamente autônomo.

Os setores industriais dependentes mostraram-se mais influenciados por P&D internacional e por financiamento público. Também apresentaram os mais altos níveis de apropriabilidade e cumulatividade, o que dificulta os setores a alcançar independência tecnológica e níveis satisfatórios de inovação.

Por outro lado, os setores industriais autônomos usaram P&D interno e suas atividades inovativas foram financiadas por instituições públicas e por recursos próprios das empresas. Contudo, este grupo é composto por setores de baixa tecnologia, caracterizados por níveis mais baixos de cumulatividade.

Esta classificação pode ser interpretada à luz de um modelo Norte-Sul, em que os regimes tecnológicos dependentes contêm os setores industriais caracterizados por altos níveis de apropriabilidade e cumulatividade das inovações, dificultando, desta forma, a diminuição do hiato tecnológico existente, uma vez que as atividades inovativas destes setores têm um caráter passivo. Por outro lado, os regimes tecnológicos autônomos contêm setores industriais de baixa tecnologia, caracterizados por baixos níveis de cumulatividade das inovações. Outra característica a salientar é que os seis regimes tecnológicos encontrados são dependentes de recursos públicos para a realização de atividades inovativas.

O agrupamento dos setores industriais em regimes tecnológicos implica na organização de diferenças interindustriais em poucas categorias invariantes. Desta forma, esta classificação pode ser útil na elaboração de políticas industriais com o objetivo de melhorar a indústria e fomentar atividades inovativas.

Assim, apesar de as atividades inovativas no Brasil desenvolverem-se no arcabouço de um marco regulatório composto por Lei do Bem¹ e Lei da Inovação², entre outras, e por políticas como a de Fundos Setoriais e pela Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), estes instrumentos não são aproveitados pelas empresas em toda sua extensão, seja pela falta de conhecimento destes instrumentos ou até mesmo por falta de interesse dos empresários em utilizá-los.

É importante ressaltar que, apesar de encontrar padrões de regimes tecnológicos diferentes daqueles existentes em países desenvolvidos, não se

¹ Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005, define os incentivos fiscais destinados a estimular e incentivar as atividades de pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovação tecnológica realizadas por pessoas jurídicas (BRASIL, 2011).

² Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, reflete a necessidade de o país contar com dispositivos legais que contribuam para o delineamento de um cenário favorável ao desenvolvimento científico, tecnológico e ao incentivo à inovação (BRASIL, 2011). É a primeira lei no Brasil a tratar do relacionamento entre universidades e empresas.

considera que este trabalho seja conclusivo a este respeito. Sendo assim, abrem-se novas oportunidades de pesquisa sobre a dinâmica das inovações brasileiras. Há, inclusive, a possibilidade de aprofundar a análise dos regimes encontrados, com a utilização de dados mais desagregados da indústria de transformação brasileira, uma vez que há o reconhecimento de que dentro de uma mesma divisão da CNAE (2 dígitos) pode haver grupos (3 dígitos) com diferentes características e dinâmicas.

6 Referências Bibliográficas

BRESCHI, S.; MALERBA, F.; ORSENIGO, L. (2000). "Technological Regimes and Schumpeterian Patterns of Innovation". *Economic Journal*, 110(436), 388-410.

CIMOLI, M.; PORCILE, G. (2008). "Volatility and Crisis in Catching-up Economies: Industrial Path-Through under the Stickiness of Technological Capabilities and the 'Red Queen Effect'". Apresentado em: Mount Holyoke College Development Conference. Mount Holyoke College, Springfield, Massachusetts. Novembro.

_____. (2010). Global growth and international cooperation: a structuralist perspective, *Cambridge Journal of Economics*, first published online July, 7.

DOSI, G.; PAVITT, K.; SOETE, L. (1990). *The economics of technical change and international trade*. London: Harvester-Wheatsheaf.

FISHER, R. A. (1936). The use of multiple measurement in taxonomic problems. *Annals of Eugenics*. n. 7. pp. 179-188.

GONÇALVES, E.; SIMÕES, R. (2005). "Padrões de esforço tecnológico da indústria brasileira: uma análise setorial a partir de técnicas multivariadas". *Revista Economia*. v. 6. n. 2 (jul./dez.). pp. 391-433.

GUIDOLIN, S. M. (2007). *Inovação, estrutura e dinâmica industrial: Um mapeamento empírico de regimes tecnológicos da indústria brasileira*. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KAISER, H. F. (1958). "The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis". *Psychometrika*, 23, pp. 187-200.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. (1997). "Technological Regimes and Sectoral Patterns of Innovative Activities". *Industrial and Corporate Change*. v. 6. n. 1. pp. 83-117.

MARSILI, O. (2001). *The Anatomy and Evolution of Industries: Technological Change and Industrial Dynamics*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar.

MARSILI, O.; VERSPAGEN, B. (2001). "Technological Regimes and Innovation: Looking for Regularities in Dutch Manufacturing". Disponível em: <http://www.druid.dk/conferences/nw/paper1/MarsiliVerspagen.pdf>. Acesso em: 20 set. 2005.

_____. (2002). "Technology and the dynamics of industrial structures: an empirical mapping of Dutch manufacturing". *Industrial and Corporate Change*. v. 11. n. 4. pp. 791-815.

MINGOTI, S. A. (2005). *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: Editora da UFMG.

NELSON, R.; WINTER, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge MA: Belknap Press of Harvard University Press.

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

SCHUMPETER, J. (1911). *The Theory of Economic Development*. Oxford University Press: Oxford.

_____. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harper: New York.

SPEARMAN, C. (1904). "General intelligence objectively determined and measured". *American Journal of Psychology*, 15, pp. 201-293.

VENCE-DEZA, X. (1995). *Economía de la innovación y del cambio tecnológico*. Madrid: Siglo Veintiuno de España.

WARD, J. (1963). "Hierarchical grouping to optimize an objective function". *Journal of American Statistical Association*, 58, pp. 236-244.

WINTER, S. (1984). "Schumpeterian Competition in Alternative Technological Regimes". *Journal of Economic Behaviour and Organization*. v. 5. n. 3-4. pp. 287-320.