

JULIA CAVALCANTE FONTES

**DESEMPENHO AMBIENTAL E COMPETITIVO: ANALISANDO O
*TRADE-OFF***

Dissertação de Mestrado apresentada ao Corpo Docente do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de MESTRE em Ciências Econômicas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Eduardo Cassiolato

Prof. Dra. Marina Honorio de Souza Szapiro

Prof. Dr. José Tavares de Araujo Junior (Externo)

Rio de Janeiro
Dezembro de 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

F683 Fontes, Julia Cavalcante.
Desempenho ambiental e competitivo: analisando o trade-off /
Julia Cavalcante Fontes. -- Rio de Janeiro, 2012.
113 f. : 31 cm.

Orientador: José Eduardo Cassiolato.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Economia, 2012.

Bibliografia: f. 102-105.

1. Meio ambiente. 2. Inovação. 3. Competitividade. 4. Indústria de transformação. I. Cassiolato, José Eduardo. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. III. Título.

DESEMPENHO AMBIENTAL E COMPETITIVO: ANALISANDO O *TRADE-OFF*

RESUMO: Essa dissertação tem como objetivo discutir as relações entre o meio ambiente, as inovações tecnológicas e o desempenho competitivo das firmas. Acredita-se que a tecnologia, com seu caráter dinâmico, tem potencial para solucionar as questões ambientais em pauta atualmente. Da mesma forma, acredita-se que há espaço para a sustentabilidade ambiental afetar positivamente o desempenho das empresas. Em particular, analisamos o perfil das inovações na indústria de transformação brasileira e apresentamos modelos econométricos que testam a hipótese de que as inovações com impactos ambientais são capazes de afetar de forma positiva o desempenho competitivo das empresas dessa indústria. Os modelos econométricos desenvolvidos consideram *desempenho competitivo* sob diferentes óticas, a saber: (i) manutenção de participação no mercado; (ii) ampliação da participação no mercado; (iii) abertura para novos mercados; (iv) redução nos custos de produção, e (v) melhora na qualidade do produto. A base de dados utilizada nesse trabalho é composta por microdados provenientes da Pintec e da PIA e o método de estimação adotado foi o Probit ordenado. As evidências empíricas observadas nesse trabalho mostram que a indústria de transformação brasileira está cada vez mais comprometida com as questões ambientais. Ademais, as inovações com impactos ambientais feitas por empresas dessa indústria estão relacionadas com as especificidades setoriais e internas às firmas, além das regulamentações. Já as evidências econométricas sugerem que, apesar das inovações ambientais ainda serem discretas no contexto industrial brasileiro, elas contribuem para melhorar o desempenho competitivo das firmas que as adotam.

Palavras-chave: inovação; meio ambiente; competitividade; indústria de transformação.

ENVIRONMENTAL AND COMPETITIVE PERFORMANCE: ANALYZING THE TRADE-OFF

ABSTRACT: This dissertation aims to discuss the relationship between the environment, technological innovation and competitive performance of firms. It is believed that technology, with its dynamic nature, has the potential to address the environmental issues on the global agenda nowadays. Likewise, it is believed that there is room for environmental sustainability positively affects the competitive performance of the firms. In particular, we analyze the profile of the innovations in the Brazilian manufacturing industry and present econometric models to test the hypothesis that green innovations are able to positively affect the competitive performance of firms in that industry. The econometric models developed consider competitive performance under different perspectives, namely: (i) maintenance of market share, (ii) expansion of market share, (iii) openness to new markets, (iv) reduction of production costs, and (v) improvement of product's quality. The database used in this work consists of microdata from the surveys Pintec and PIA and the estimation method used was ordered Probit. The empirical evidences observed in this study show that the Brazilian manufacturing industry is increasingly committed to environmental issues. Furthermore, innovations with environmental impacts made by firms in that industry are related to sectorial and internal specificities, and regulations. The econometric evidences suggest that, despite the fact that there are still few firms of the Brazilian manufacturing industry that make green innovation, this type of innovation contributes to improve the competitive performance of firms that adopt them.

Keywords: green innovation; environment; competitiveness; manufacturing industry.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao professor Cassiolato por acompanhar esse trabalho por mais de um ano, pelas contribuições e pela paciência com todas as adversidades que surgiram ao longo desse período para o seu desenvolvimento. Além disso, aos membros da Banca, Zé Tavares e Marina, também ficam meus agradecimentos pelas críticas e contribuições finais.

Também agradeço aos professores do PPGE com os quais convivi ao longo do curso, em especial ao David Kupfer, Cadu Young e Eduardo Pontual, que muito ajudou com a parte econométrica deste trabalho. Aos colegas e amigos economistas, deixo meu agradecimento pelas contribuições – sobretudo, à Julia Queiroz, pelas discussões sobre o tema da dissertação e pelo apoio moral.

Aos funcionários administrativos do Instituto de Economia, à equipe da RedeSist e ao pessoal da sala de sigilo do IBGE também sou grata por cuidarem de todas as questões burocráticas que surgiram ao longo do trabalho.

Por fim, deixo um agradecimento especial aos meus pais por terem viabilizado minha trajetória acadêmica e ao meu parceiro de todas as horas, Rafael Feler, que não só contribuiu como economista fazendo críticas e revisões, mas também esteve presente em todos os momentos de alegria e angústia desses longos tempos de mestrado.

Vocês foram fundamentais para a viabilização deste trabalho. Muito obrigada!

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1 – O MEIO AMBIENTE SOB A ÓTICA DA INOVAÇÃO	17
1.1 Inovação tecnológica: uma introdução teórica	18
1.2 Definindo inovação ambiental	23
1.2.1 As limitações do conceito de inovação ambiental.....	25
1.3 Os tipos de inovação ambiental	26
1.4 Os determinantes e as especificidades da inovação ambiental	29
1.4.1 O papel da regulamentação nos processos de inovação ambiental	30
1.5 Meio ambiente, inovação e desempenho competitivo	32
1.5.1 Meio ambiente e desempenho competitivo: relaxando o <i>trade-off</i>	35
1.6 Evidências empíricas: casos internacionais	39
1.7 Conclusões	45
CAPÍTULO 2 – INOVAÇÃO E MEIO AMBIENTE: EVIDÊNCIAS DA INDÚSTRIA BRASILEIRA	47
2.1 Inovação na indústria brasileira: evidências da Pintec	49
2.1.1 O perfil da inovação na indústria brasileira.....	49
2.1.2 Problemas e obstáculos à inovação no Brasil.....	51
2.1.3 Inovação com impacto ambiental na indústria brasileira	52
2.1.4 O perfil das inovações sob a ótica do potencial poluidor	55
2.2 Determinantes da inovação ambiental na indústria brasileira: evidências empíricas	61
2.3 Inovação ambiental e desempenho competitivo na indústria brasileira	66
2.4 Conclusões	69
CAPÍTULO 3 – INOVAÇÃO AMBIENTAL E DESEMPENHO COMPETITIVO: EVIDÊNCIAS ECONÔMICAS DAS FIRMAS DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO BRASILEIRA.....	71
3.1 Metodologia	71
3.1.1 A base de dados	72
3.1.2 Identificação dos modelos econométricos	73
3.1.3 Variáveis dependentes	76
3.1.4 Variáveis independentes	77

3.1.5	Método de estimação	81
3.2	Análise dos resultados	81
3.2.1	<i>Market-share</i>	82
3.2.2	Abertura para novos mercados	86
3.2.3	Custos de produção.....	89
3.2.4	Qualidade.....	92
3.3	Conclusões	94
CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS		98
REFERÊNCIAS		102
ANEXO I – A METODOLOGIA DA PINTEC		106
ANEXO II – DIVISÕES E AGREGAÇÕES DE GRUPOS DA CLASSIFICAÇÃO NACIONAL DAS ATIVIDADES ECONÔMICAS - CNAE 2.0 - DAS ATIVIDADES SELECIONADAS DA INDÚSTRIA E DOS SERVIÇOS – 2008.....		108
ANEXO III – PERGUNTAS EXPLORADAS DA PINTEC PARA A CONSTRUÇÃO DOS MODELOS ECONÔMÉTRICOS		109
ANEXO IV – DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS E ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS		111

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: A evolução da taxa de inovação da indústria de transformação brasileira.....	50
Gráfico 2: A evolução de firmas da indústria de transformação, dentre as inovadoras, que observaram redução no consumo de energia, água ou matéria-prima.....	52
Gráfico 3: A evolução de firmas da indústria de transformação, dentre as inovadoras, que adotaram práticas de gestão ambiental ou observaram redução no impacto ambiental.....	53
Gráfico 4: Classificação das empresas inovadoras por potencial poluidor – 2008	57
Gráfico 5: Setores com maior despesa com inovação em 2008	58
Gráfico 6: Setores que fizeram inovações que permitiram reduzir os impactos no meio ambiente – 2008	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Construção e valores das variáveis dependentes	77
Tabela 2: Estimação da equação (1) via Probit ordenado	83
Tabela 3: Estimação da equação (2) via Probit ordenado	85
Tabela 4: Estimação da equação (3) via Probit ordenado	87
Tabela 5: Estimação da equação (4) via Probit ordenado	90
Tabela 6: Estimação da equação (5) via Probit ordenado	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estudos de caso apresentados por Porter e Van der Linde (1995)	43
Quadro 2: Divisões e Agregações de grupos da CNAE de acordo com potencial poluidor ...	56

INTRODUÇÃO

As três décadas que sucederam a Segunda Guerra Mundial foram marcadas pelas maiores taxas de crescimento econômico até então verificadas em diversos países – sobretudo, países desenvolvidos, como os da Europa Ocidental, EUA e Japão, e alguns países em desenvolvimento. Esse crescimento foi baseado na rápida difusão das tecnologias de produção, utilizando-se energia barata e abundante – principalmente, petróleo e gás – e no uso extensivo de aço e de novos materiais sintéticos de origem petroquímica.

No entanto, já nos anos 60, alguns estudiosos e políticos começavam a se preocupar com os rumos, consequências e possibilidades futuras de continuidade de tal ritmo de crescimento econômico. Segundo o economista Christopher Freeman (1996), diversos modelos sobre os rumos do crescimento econômico sugeriam que a economia e a população mundiais entrariam em colapso no início do século XXI caso o crescimento continuasse dessa forma, devido ao provável esgotamento da oferta de materiais, aos efeitos da poluição da industrialização em massa ou à escassez *malthusiana* de alimentos por causa de terras agrícolas insuficientes.

A principal crítica com relação a esses modelos, no entanto, é que mudanças tecnológicas e socioeconômicas podem ocorrer ao longo do tempo, de forma dinâmica – fator subestimado em suas premissas. Os materiais e padrão de energia intensiva que caracterizavam o crescimento da economia dos EUA nos séculos passados, por exemplo, não seriam necessariamente os padrões para outros países no século XXI. Se os materiais tornassem-se escassos e caros, ou se a sua utilização causasse riscos de poluição inaceitáveis, alterações técnicas poderiam levar ao racionamento ou à substituição de materiais, à reciclagem, à inovação em processos e tecnologias antipoluição, levando a um padrão diferente de crescimento.

Nos debates dos séculos passados acerca das tomadas de decisão das firmas, pouco espaço era dedicado às questões ambientais. Porém, a mudança de percepção se deu gradualmente, à medida que questões como poluição e mudanças climáticas foram emergindo em todo o globo. Nas últimas duas décadas, começou a discutir-se a necessidade de “internalizar” os impactos ambientais gerados pelas chamadas tecnologias “sujas” e pela gestão dos insumos e resíduos, tanto ao longo quanto no final dos processos de produção.

A despeito do suposto *trade-off* entre preservação ambiental e produção ótima, a década de 90 foi marcada pela introdução de uma nova perspectiva da relação entre meio ambiente e a estratégia competitiva das firmas: passa-se a considerar a possibilidade de obter vantagens competitivas através da redução dos impactos ambientais nas etapas de produção e pós-produção das firmas. A maior atenção dada ao tema, no entanto, não neutraliza a polêmica que o cerca: embora as externalidades negativas causadas ao meio ambiente – e, indiretamente, à sociedade e economia – sejam percebidas, em geral, no longo prazo, os custos ambientais são contabilizados no curto prazo.

Dessa forma, ao inserirmos a temática ambiental na estratégia competitiva das indústrias, outros fatores surgem no debate: o papel da regulação e das políticas ambientais, e das inovações. Se, por um lado, há vertentes que acreditam que somente via intervenção regulatória e/ou incentivos, poderíamos caminhar para uma trajetória industrial mais limpa e eficiente na gestão de seus insumos, por outro, tem quem veja nos processos inovativos uma solução para melhorar seu desempenho competitivo e econômico, ao reduzir seus impactos ambientais.

As atividades inovativas exercem um papel fundamental na transição para tecnologias de produção mais limpas, uma vez que a perspectiva da inovação procura investir na articulação dos diferentes sistemas técnicos, diminuindo desperdícios, ampliando a funcionalidade de produtos e componentes e aumentando a reversibilidade de processos

econômicos. Em particular, a “inovação ambiental”¹, ou inovação em tecnologias limpas, é parte essencial de uma economia baseada no conhecimento, na medida em que torna as economias mais eficientes, incentivando e facilitando o uso de menos materiais ou insumos de energia por unidade de produto. Nesse contexto, a inovação ambiental substitui o consumo de materiais pelo conhecimento (Lustosa, 2003).

A inovação ambiental também deve resultar em menos externalidades, ou menos impactos ambientais negativos, que afetam a nossa saúde e bem-estar, também em termos de mudança climática global. Mudanças tecnológicas causadas por inovações ou rápidas mudanças na demanda por recursos também podem impelir as sociedades a investir mais pesadamente em pesquisas sobre como utilizar a energia e outros recursos de maneira mais eficiente (Lustosa, 2002).

O objetivo dessa dissertação é contribuir com a análise da relação entre o meio ambiente, as inovações e o desempenho competitivo das empresas. É possível observar uma melhor performance competitiva ao adotar técnicas voltadas para a redução do impacto ambiental? O objetivo específico desse estudo é analisar o perfil e os impactos que as chamadas inovações ambientais têm no desempenho competitivo das empresas da indústria de transformação brasileira.

O trabalho será dividido em uma parte teórica e outra, empírica. A parte teórica será dedicada a uma breve apresentação do conceito de inovação e da introdução da questão ambiental no mesmo. Além disso, será discutido o papel das regulamentações nos processos de inovação ambiental, bem como o papel desse tipo de inovação nas estratégias das firmas.

Já a parte empírica será dividida em duas partes: em um primeiro momento, serão apresentadas evidências obtidas através de dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica no

¹ É possível encontrar diversas definições de inovação ambiental na literatura, no entanto, este termo ainda é um tanto obscuro e escorregadio. Nesse trabalho, “inovação ambiental” será tratada como qualquer inovação adotada pela firma que resulte em: redução de seus impactos ambientais; redução do consumo de matéria-prima, água e/ou energia; redução de emissão de poluentes, ou na redução de geração de resíduos sólidos.

Brasil – Pintec – para compreender o perfil e a evolução das atividades inovativas no Brasil nos últimos anos. Serão consideradas as inovações de uma forma geral, as inovações com impacto ambiental e o perfil setorial das empresas que fazem inovação sob a ótica do potencial poluidor². Além disso, apresentaremos evidências empíricas e econométricas obtidas através de outros estudos a respeito dos determinantes das inovações ambientais no Brasil e do impacto dessas inovações no desempenho de empresas industriais brasileiras.

Em seguida, será feita uma análise empírica baseada em modelos econométricos e utilizando microdados provenientes da Pintec e da PIA – Pesquisa Industrial Anual – disponibilizados pelo IBGE, a fim de testar a hipótese de que as firmas que fazem inovações com impacto ambiental têm mais chances de melhorar o seu desempenho competitivo que as demais firmas inovadoras.

Para testar tal hipótese, desenvolvemos cinco modelos distintos, que consideram *desempenho competitivo* sob diferentes óticas, a saber³: (i) manutenção de participação no mercado; (ii) ampliação da participação no mercado; (iii) abertura para novos mercados; (iv) redução nos custos de produção, e (v) melhora na qualidade do produto. As variáveis que representam tais *proxies* são derivadas da Pintec. Espera-se que desempenho competitivo das empresas da indústria de transformação brasileira seja afetado não só pelas inovações com impacto ambiental, como também por outros fatores internos às firmas – como tamanho, origem do capital, setor ao qual pertence etc. – e externos, como normas e regulações. Por isso, também foram criadas variáveis de controle para representar esses fatores.

O referencial teórico utilizado nessa dissertação é baseado na teoria evolucionária, por abordar amplamente a temática da inovação, do meio ambiente e do desempenho competitivo

² O critério de “potencial poluidor” será definido no capítulo 2 e está de acordo com alguns estudos já feitos por outros autores, que apresentam a classificação das indústrias em diferentes categorias de acordo com o consumo de matéria-prima e de energia e da geração de poluição (seja via emissão de poluentes, geração de resíduos sólidos ou líquidos).

³ A escolha dessas variáveis como *proxies* de desempenho competitivo levou em consideração as limitações da base de dados utilizada nesse trabalho.

das firmas sob uma ótica dinâmica. A teoria evolucionária apoia-se em três princípios básicos, a saber: (i) as inovações são inerentes ao processo de concorrência capitalista, imprimindo um caráter dinâmico e desequilibrado à economia; (ii) a racionalidade limitada dos agentes econômicos, que possuem características cognitivas próprias e diferenciadas, é resultado de um processo de aprendizado acumulado ao longo do tempo, e (iii) a capacidade de auto-organização da firma está inserida em um contexto dinâmico e desequilibrado, rejeitando a noção de equilíbrio de mercado, improvável de ser alcançado diante das flutuações da coletividade resultantes da mudança de posição dos agentes individuais (Tigre, 2006).

A parte empírica é baseada, em sua grande parte, na Pintec⁴. Esta é uma pesquisa de corte transversal, que busca reproduzir informações das empresas a respeito dos gastos e financiamentos das atividades inovativas, dos impactos das inovações no âmbito das firmas, de suas fontes de informações, além do papel dos gastos governamentais e dos obstáculos encontrados por elas para inovar. Os tipos de inovação considerados são de produto, de processo, organizacionais e de marketing. A Pesquisa é baseada no Manual de Oslo e a edição de 2008 apresenta resultados consolidados dos anos de 2006, 2007 e 2008. As perguntas são feitas no ano de referência – 2008 – de forma retroativa.

A dissertação é dividida em três capítulos, além desta introdução e da conclusão. No capítulo 1, tratamos da discussão teórica acerca dos tópicos de inovação e meio ambiente e apresentamos alguns estudos de casos internacionais sobre o tema. O segundo capítulo é dedicado à análise da evolução e do perfil das inovações na indústria brasileira. O capítulo 3 complementa a análise empírica apresentada no capítulo 2 e apresenta os modelos econométricos e o resultado das regressões que buscam captar o efeito das inovações ambientais no desempenho competitivo das firmas da indústria de transformação brasileira.

⁴ A autora reconhece as limitações da Pintec, as quais são discutidas mais detalhadamente no capítulo 3. O anexo I apresenta a metodologia da Pesquisa.

CAPÍTULO 1 – O MEIO AMBIENTE SOB A ÓTICA DA INOVAÇÃO

Os anos 60 e 70 foram marcados pelo início da inserção das questões ambientais nas discussões a respeito do desenvolvimento econômico e tecnológico. Diversos estudiosos da época defendiam que a causa dos problemas socioambientais do mundo contemporâneo se encontravam nas condições e relações de produção capitalistas, que não incorporavam em sua contabilidade o custo ambiental. Os efeitos desastrosos sobre o meio ambiente seriam originados das atividades industrial e tecnológica, que não internalizam os custos ambientais da produção em termos de poluição, desmatamento, etc. e, por outro lado, o capitalismo não conseguiria ampliar sua rentabilidade, na medida em que fosse forçado a repor constantemente o capital natural dispendido na atividade produtiva.

As tecnologias modernas, baseadas no uso intensivo de recursos energéticos e emissão de poluentes, representariam o grande fator desestabilizador do meio ambiente. Dentro dessa perspectiva, a partir dos anos 70, foram iniciados vários investimentos em tecnologias limpas ou alternativas em diversos países, como resposta às demandas do movimento ambientalista. A iminente crise ecológica e energética que se expunha naquele momento exigia um grande investimento social na busca de alternativas econômicas e tecnológicas. Energia eólica, solar, combustíveis alternativos ou fórmulas para minimizar emissão de poluentes foram desenvolvidos com vistas a minorar níveis de degradação ou desperdício de recursos não renováveis.

O processo de transição para tecnologias mais limpas, todavia, é complexo: deve passar por mudanças tecnológicas e está relacionado às atividades inovativas. Lustosa (2002), por exemplo, define tecnologias ambientais – ou limpas – como o conjunto de conhecimentos, técnicas, métodos, processos, experiências e equipamentos que utilizam os recursos naturais de forma sustentável e que permitem a disposição adequada dos rejeitos industriais, de forma

a não degradar o meio ambiente. De acordo com a autora, essas tecnologias ambientalmente saudáveis são obtidas por meio das inovações ambientais. Para falar da relação entre inovação e meio ambiente, todavia, é preciso introduzir o conceito de inovação e compreender a definição aqui atribuída ao termo “inovação ambiental”.

O presente capítulo se dedica ao estudo da inovação ambiental. Em primeiro lugar, será feita uma introdução ao arcabouço teórico da inovação tecnológica. Na segunda seção, apresentamos a definição de inovação ambiental encontrada na literatura, seguida da apresentação de suas limitações. A terceira seção introduz os tipos de inovação ambiental e a quarta discute seus determinantes e especificidades, dando ênfase ao papel das regulamentações. Em seguida, discutimos a relação entre as inovações ambientais e o desempenho competitivo das firmas. A sexta seção apresenta evidências empíricas internacionais acerca do tema e a sétima finaliza o capítulo com as conclusões.

1.1 Inovação tecnológica: uma introdução teórica

A inovação é um dos motores mais importantes do desenvolvimento socioeconômico de uma nação. Não obstante, a inovação também exerce papel fundamental no desenvolvimento industrial e na competição entre as empresas. De acordo com Cassiolato e Lastres (2000), as capacitações das empresas tem um papel central na sua competitividade. Segundo os autores, a “inovação e o conhecimento são os principais fatores que definem competitividade e o desenvolvimento de nações, regiões, setores, empresas e até indivíduos”.

Desde o início da década de 50, as firmas têm dado destaque aos processos inovativos nas suas estratégias competitivas. Nas últimas décadas, o processo competitivo baseado em inovações se intensificou e os esforços em atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), assim como os esforços organizacionais, levaram a um padrão mais agressivo de inovação.

Isso porque, de certa forma, a tecnologia é vista como um meio pelo qual a firma se adapta ao ambiente no qual estão inseridas. Segundo Dosi:

“agentes privados buscando lucros irão plausivelmente alocar recursos na exploração e desenvolvimento de novos produtos e de novas técnicas de produção se eles souberem da (e acreditarem na) existência de algum tipo de oportunidade científica e tecnológica ainda inexplorada; se eles esperarem que haja mercado para os seus novos produtos e processos; e, finalmente, se eles esperarem algum benefício econômico, líquido dos custos incorridos, que derivam das inovações. Por sua vez, o sucesso de alguns agentes ao introduzirem ou imitarem novos produtos e processos muda seus custos de produção, sua competitividade no mercado e – afinal – é parte da evolução das indústrias afetadas pela inovação.” (Dosi, 1988, p. 1)

Um dos pioneiros na análise da relação entre inovação tecnológica e crescimento econômico foi Joseph A. Schumpeter, também considerado um dos estudiosos mais notórios sobre o tema. Schumpeter adota uma concepção abrangente de inovação, associando-a a tudo que diferencia e cria valor a um negócio. Para ele, a inovação tecnológica é o verdadeiro motor do desenvolvimento, uma vez que essa ocorre quando novos recursos são empregados para produzir resultados distintos dos previamente observados. Tais inovações ocorrem de forma descontínua no tempo e dão origem a um processo de “destruição criadora”, no qual as velhas estruturas são abandonadas e substituídas pelo novo, pela inovação (Tigre, 2006).

Para estudar o funcionamento da economia e a estrutura de mercado, Schumpeter abandona a ótica estática e insere a competição qualitativa e os esforços de venda na discussão sobre processo competitivo, dando menos peso ao fator preço. Dessa forma, a competição oriunda de novas tecnologias, produtos, fontes de suprimento e tipos de organização permitem o aumento da escala produtiva. Essa competição permite vantagens de custo e de qualidade decisivas para determinar o crescimento da empresa e suas margens de lucro. Ao longo do tempo, as inovações resultam em queda de preços e crescimento da produção (Tigre, 2006).

Influenciados pelas ideias de Schumpeter, os chamados economistas evolucionários – ou neo-schumpeterianos – também se dedicaram ao estudo da inovação. Ao contrário da premissa de racionalidade dos agentes e da maximização de suas utilidades, os evolucionários veem nos processos de inovação o caminho para ampliar as vantagens competitivas das empresas. Ao realizar esforços de inovação, as firmas aumentam sua produtividade, o que tende a refletir no sistema econômico como um todo.

O neo-schumpeteriano Christopher Freeman, por exemplo, foi responsável pelo estabelecimento do conceito mais utilizado atualmente de inovação tecnológica. Para Freeman (1996), é necessário reconhecer a participação da demanda nos processos industriais – há inúmeros exemplos de imitação e inovação na história da indústria que se deram por pressões econômicas e sociais. No entanto, ele considera que a inovação tecnológica não deve ser vista como um processo linear, impulsionada pela demanda ou pela oferta tecnológica, mas sim como uma interação complexa entre potenciais consumidores e novos desenvolvimentos na ciência e na tecnologia. Segundo Freeman (1992), a partir dos anos 80, com a globalização e a flexibilização dos formatos organizacionais envolvendo empresas, agências estatais e centros de pesquisa, a formação e o desenvolvimento de redes passa a ser um tema central dos pesquisadores de inovação tecnológica.

De fato, a forma com que as firmas observam as (necessidades de) inovações variou ao longo das décadas, de acordo com o contexto socioeconômico e com as mudanças tecnológicas. O caráter sistêmico do processo inovativos foi sendo incorporado à teoria da inovação e, já no início dos anos 80, passa-se a reconhecer a correlação entre decisões e estratégias tecnológicas com fatores como educação, desenvolvimento do setor financeiro e organização do trabalho, por exemplo (Cassiolato e Lastres, 2005). Isso já sinalizava uma conceituação de “Sistemas Nacionais de Inovação”.

A ideia de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) foi formalmente introduzida por Dosi *et al.* em 1988 em sua coletânea *Technical Change and Economic Theory*. O conceito de *Sistema de Inovação* além de considerar os conceitos introduzidos pelos estudos de inovação, como a importância da formação de redes de cooperação, do conhecimento tácito e de *spillovers*, considera também os condicionantes sistêmicos de uma nação para entender a dinâmica do desenvolvimento industrial e tecnológico. A discussão passa a dar mais ênfase ao longo prazo, ao levar em conta o quadro macroeconômico, geopolítico institucional e financeiro específicos de cada país para compreender a trajetória dos processos inovativos e a difusão de tecnologias (Cassiolato e Lastres, 2005). Isto é, a capacidade de inovação passa a ser vista como o resultado das relações entre as empresas e organizações de pesquisa com os agentes econômicos, sociais e institucionais de uma nação.

O cenário socioeconômico e os fatores sistêmicos e institucionais também refletem na capacidade de difusão das inovações. Esta não só direciona a trajetória da inovação, expondo as necessidades de demanda por soluções técnicas, como provoca mais impacto econômico que o próprio processo inovador, devido à adoção efetiva da nova tecnologia por segmentos mais amplos da sociedade. Porém, para que o processo de difusão ocorra, é preciso que haja um impulso técnico, econômico ou institucional.

O ritmo de difusão do processo de inovação, sob a ótica econômica, depende dos custos da nova tecnologia, tanto de aquisição quanto de implantação, assim como das expectativas de retorno do investimento. As economias de escala e de escopo também influenciam a capacidade de difusão. Esses são os principais motivos econômicos pelos quais as inovações geralmente se limitam a empresas de grande porte, que comportam a adoção de novas tecnologias e equipamentos de maior porte devido ao seu volume de operação.

Em países avançados, por exemplo, os esforços em P&D podem eventualmente resultar em inovações impulsionadas pela tecnologia. Já em países em desenvolvimento, onde

a capacidade científica para gerar tecnologias é mais limitada e a capacidade e autonomia das empresas para realizar inovações radicais são menores, a demanda constitui o principal estímulo à inovação. A difusão de uma tecnologia, especialmente em países menos desenvolvidos, exige uma série de adaptações às circunstâncias do mercado local, em função dos níveis de renda, condições climáticas, hábitos dos consumidores, escala de negócios e disponibilidade de insumos materiais (Tigre, 2006). A difusão tecnológica, portanto, está intimamente ligada às especificidades regionais, estando em concordância com o conceito de Sistema Nacional de Inovação.

As preocupações da sociedade com a qualidade e a sustentabilidade dos recursos naturais, por exemplo, influenciam a difusão de novas tecnologias destinadas a reduzir os impactos ambientais e a emissão de gases poluentes, tornando a cadeia de produção mais “limpa”. Como observado por diversos autores, atualmente há uma série de inovações voltadas para a tecnologia limpa e para o desenvolvimento de fontes alternativas de energia. Além disso, há também inovações de processo, produto e gestão que visam a reduzir os impactos ambientais das firmas.

A mudança do paradigma em direção a tecnologias mais limpas e de menor impacto ao meio ambiente, no entanto, requer tanto uma análise sobre o processo de inovação quanto sobre as especificidades das questões ambientais. Na seção a seguir, introduziremos a questão ambiental na temática da inovação e, nas seções posteriores, será feita uma análise dos determinantes para a adoção de inovações ambientalmente corretas, bem como da forma como isso impacta no desempenho competitivo das firmas.

1.2 Definindo inovação ambiental

Embora esteja cada vez mais em evidência, não há um consenso a respeito da definição de *inovação ambiental*. No entanto, os termos atribuídos pela literatura parecem estar convergindo à medida que mais estudos são desenvolvidos sobre o tema.

Lustosa (2003) define inovação ambiental como “a introdução de novos procedimentos técnicos e organizacionais, no âmbito da produção industrial, que levam à maior proteção do meio ambiente”.

Diversos autores, por sua vez, reiteram que grande parte das inovações tem impactos positivos no meio ambiente, independentemente das suas motivações *a priori* (Arundel *et al.*, Kemp e Pearson, Oltra, Rennings).

Segundo Rennings (2008), inovação ambiental pode ser definida como toda inovação que consiste em processos, produtos, práticas e/sistemas, novos ou modificados que beneficiem o meio ambiente e contribuam para a sustentabilidade ambiental. De acordo com essa definição, o que importa são os *benefícios* da inovação ambiental, e não a motivação do processo inovativo.

Da mesma forma, para Arundel *et al.*(2007), o processo inovativo, para ser considerado “ambiental”, não deve ser obrigatoriamente modelado de forma a reduzir os impactos ambientais. Assim, os autores definem inovação ambiental de forma ampla: qualquer inovação que reduz os danos ambientais.

Oltra (2008), por sua vez, observa que os estudos empíricos costumam fazer referência a inovações intencionalmente ambientais, isto é, o caráter da inovação é definido *ex-ante*, desconsiderando inovações que têm como *resultado* a mitigação do impacto ambiental. O impacto ambiental de uma inovação pode ser um resultado secundário, não considerado formalmente no processo produtivo. Quando se quer estudar a relação entre as restrições ambientais e as estratégias de inovação das empresas, portanto, a autora sugere o uso de uma

definição mais ampla de inovação ambiental, que considere não só os esforços diretos e intencionais de mitigação ambiental, mas também as inovações que têm impactos indiretos e não intencionais no meio ambiente.

Similarmente, Kemp e Pearson (2008), através da análise de dados de alguns países europeus, concluem que a maioria das inovações tecnológicas têm impactos positivos no meio ambiente. Dessa forma, eles passam a considerar a *performance* ambiental das inovações em vez das metas ambientais estipuladas *a priori* pelas firmas para definir o conceito. Para esses autores, o critério relevante que determina se uma inovação é ambiental ou não é a capacidade de redução dos danos ambientais de determinado método com relação às alternativas possíveis. Ademais, os autores consideram que, para ser considerado inovativo, o processo não tem de ser novo para o mundo, mas sim para a firma.

Assim, com base nas definições de inovação da OCDE, estes autores definem inovação ambiental como a produção, assimilação ou exploração de um produto, processo produtivo, serviço, gerenciamento ou método organizacional que seja *novo* para a firma, através do desenvolvimento ou adoção destes, e que resultam, através do seu ciclo de vida, na redução dos riscos ambientais, poluição e outros danos ao meio ambiente *com relação às alternativas relevantes*.

A partir dessa definição, os efeitos sobre o meio ambiente – vis-à-vis as alternativas relevantes – passam a ser o único critério de inovação ambiental sugerido por esses autores. Decorre dessa definição que todo processo que faça uso mais eficiente de recursos deve ser considerado uma inovação ambiental.

Neste trabalho, com base nas definições atribuídas pelos autores anteriormente mencionados, será considerada uma definição ampla para inovação ambiental. A ideia é considerar não só os esforços inovativos *ex-ante*, mas sim todo e qualquer inovação que tenha como resultado a mitigação de impactos ambientais, seja na redução do consumo de matéria-

prima, água e/ou energia, na redução de emissão de gases de efeito estufa e poluentes ou na redução de geração de resíduos sólidos. Isto é, será considerada inovação ambiental aquela que fizer uso mais eficiente dos recursos e gerar menos poluição com relação aos processos inovativos alternativos.

1.2.1 As limitações do conceito de inovação ambiental

Apesar das diversas definições que emergiram na literatura, a inovação ambiental ainda pode ser considerada um tema recente na teoria da inovação e com algumas limitações.

Os estudos sobre o tema, em geral, afirmam que, para uma inovação ambiental ser considerada como tal, os impactos no meio ambiente devem ser *significativos*. Isto, no entanto, é uma definição ampla e de difícil classificação tanto para os estudos teóricos quanto para os empíricos.

Além disso, ao considerar a inovação ambiental de forma ampla, como Kemp e Pearson (2008), Arundel *et al.* (2007) e Oltra (2008), por exemplo, deve-se fazer uma ressalva com relação às inovações ambientais *não intencionais*: estas são de difícil identificação e avaliação, uma vez que ganhos ambientais de inovações ‘normais’ não são objetos de estudos sistemáticos (Oltra, 2008). Primeiramente, a identificação das inovações ambientais *não-intencionais* ao longo da cadeia de inovação (incluindo as atividades de P&D, a difusão dos produtos inovadores e o uso de inovação de processo ou organizacional) pode ser uma tarefa árdua tanto para a firma que observa o processo internamente quanto para os pesquisadores que tentam captar o efeito externamente. Em segundo lugar, estimar um valor monetário para essas inovações pode ser difícil, pois muitas vezes essas não são vistas pelas empresas como *ambientais*, nem podem ser identificados através do sistema de contas nacionais (Arundel *et al.*, 2007).

Já Freeman (1996) constata que, geralmente, as tecnologias ambientais possuem um caráter claramente substitutivo e convencional em termos tecnológicos. A crítica elaborada por estudiosos da inovação às tecnologias ambientais é de que elas não costumam requer novos paradigmas tecnológicos ou científicos. As tecnologias ambientais avançam dentro de direções consagradas do debate ambiental, como consumo de energia e preservação de recursos, e são marcadas, em geral, por uma perspectiva finalizadora, de final de circuito (*end-of-pipe*), que significa encerrar toda uma trajetória tecnológica em nome de sua viabilidade ambiental. Em outras palavras, em vez de repensar o panorama econômico e tecnológico da sociedade industrial, bastaria substituir uma fonte de energia por outra ou adicionar um dispositivo paliativo em determinadas máquinas.

Apesar de a definição considerada de inovação ambiental neste trabalho ser relevante e conveniente para o desenvolvimento de estudos empíricos, ela pode levantar o mesmo “falso dilema” que faz referência às definições e às maneiras de medir *inovação* propostas pelo Manual de Oslo: este define *inovação* de forma tão ampla que quase todas as firmas podem ser consideradas inovativas. O raciocínio é análogo para o caso das inovações ambientais. O argumento é de que a definição é tão abrangente que quase todas as empresas podem ser consideradas *eco-inovativas* (Kemp e Pearson, 2008). O enfoque, portanto, deve ser em *como* as firmas inovam, e não *se* elas são inovadoras.

1.3 Os tipos de inovação ambiental

Assim como as inovações convencionais, as inovações ambientais podem ser de três tipos, a saber, de produto, de processo e organizacional. Uma especificidade das inovações ambientais, no entanto, é que as inovações de processo podem ser de dois subtipos: a chamada inovação *end-of-pipe* e a *preservação da poluição* (PP).

A inovação do tipo *end-of-pipe* – ou final-do-cano – é voltada para o controle da poluição e está ligada ao tratamento dos resíduos no final do processo produtivo ou à recuperação de ambientes degradados. Neste tipo de inovação, o processo de produção não é modificado e seu impacto é apenas na estrutura de custos das empresas. São exemplos de inovação do tipo *end-of-pipe* o uso de filtros, técnicas de remoção de resíduos sólidos e equipamentos de dessulfuração.

Já a inovação do tipo *preservação da poluição* implica na redução da poluição “na fonte” e, dessa forma, são as que originam as “tecnologias limpas”. Com alto custo inicial, em geral os resultados desse tipo de inovação compensam seu custo de implementação. Essa possibilidade de inovação é mais complexa e requer alterações consideráveis no processo produtivo e organizacional das empresas. São exemplos de inovação do tipo PP a substituição de insumos ou o uso de processos alternativos de produção.

Inovações organizacionais também são importantes para influenciar as inovações ambientais. Estudos empíricos mostram que esse tipo de inovação tende a ser fortemente correlacionado com as inovações de produto e de processo (Oltra, 2008). Para Howles *et al.* (1997, *apud* Lustosa, 2002), o objetivo implícito de uma gestão ambiental é “estretar as relações com a população em geral e com as instituições públicas, de modo a permitir que as firmas e setores industriais mantenham-se competitivos”.

As tecnologias de produção limpas costumam ser mais vantajosas para as firmas tanto em termos ambientais quanto em termos econômicos – em particular, em uma perspectiva de médio/longo prazo. As soluções do tipo PP permitem não só a redução do impacto ambiental por parte das empresas, como também a melhoria do produto e/ou do processo produtivo e, dessa forma, um melhor desempenho competitivo da firma (Lustosa, 2003). De acordo com a autora, isso pode ocorrer através da melhoria na eficiência produtiva via redução da geração

de resíduos e reciclagem destes, menor consumo de energia, presença de economia de escala ou geração de produtos com melhor qualidade.

Por outro lado, a solução do tipo *end-of-pipe* é a mais atrativa no curto prazo, já que oferece maiores oportunidades de padronização tecnológica. Estas, em geral, são uma resposta à imposição de uma regulamentação. Destacam-se também os subsídios para o consumo de alguns insumos, como a água, concedidos a algumas empresas por parte dos governos, incentivando a manutenção do padrão tecnológico intensivo em matéria-prima e dificultando a difusão de tecnologias limpas, que fazem menor uso de insumos naturais. Devido à maior facilidade de adoção desse tipo de inovação por parte das empresas, a difusão de tecnologias ambientais, em geral, passa a ser nessa direção.

Os limites entre as inovações do tipo preservação da poluição e *end-of-pipe*, no entanto, não são claros. Nem sempre as soluções do tipo preservação da poluição eliminam por completo a necessidade de tratamento do tipo *end-of-pipe* e há diversos casos em que as soluções deste tipo são capazes de recuperar substâncias para serem reutilizadas. Portanto, essas soluções podem ser complementares em algumas situações.

A complexidade da solução do tipo PP, portanto, parece torná-la menos atrativa que a solução do tipo final-do-cano. Diversos autores apontaram para as dificuldades de se implementar novas tecnologias com enfoque PP (Lustosa; Oltra; Podcameni). Dentre os entraves, destacam-se o efeito *lock-in*⁵, os fatores de mercado, políticos e institucionais, e a não internalização dos custos ambientais por parte das empresas.

Dessa forma, pode-se dizer que as inovações ambientais, assim como os demais processos inovativos, devem ser estudadas levando-se em conta suas especificidades e seus determinantes. Bem como as inovações “normais”, há diversos fatores que influenciam o desenvolvimento e a adoção de tecnologias limpas, além de práticas de gestão mais

⁵Tendência das empresas a preservar o paradigma tecnológico vigente.

sustentáveis, por parte das empresas. A seguir, são expostos os determinantes e as especificidades das inovações ambientais.

1.4 Os determinantes e as especificidades da inovação ambiental

Sabe-se que diversas forças atuam de formas diferentes sobre a decisão das firmas de inovar. Os diferentes modelos de processos inovativos contribuíram com os debates teóricos ao expandir a compreensão das forças que atuam na adoção e na difusão das inovações. Esses modelos também podem ser úteis para o estudo das inovações ambientais, as quais também podem ser influenciadas pela demanda, por choques tecnológicos e por outros fatores sistêmicos e institucionais.

A respeito dos determinantes do lado da demanda, observa-se que as pressões exercidas pelos consumidores e pela sociedade têm papel relevante para incentivar as inovações ambientais. No entanto, as forças de mercado são incapazes de incentivar as inovações ambientais de forma isolada (Rennings, 2000). Da mesma forma, a pré-disposição dos consumidores em comprar produtos verdes pode ser considerada baixa, se excluirmos fatores importantes para a tomada de decisão, como preços, por exemplo. Por outro lado, os fatores do tipo *demand-pull* das inovações ambientais estão altamente correlacionados com os fatores regulatórios: Oltra (2008) afirma que forças de demanda são capazes tanto de provocar quanto de responder a políticas ambientais, como regulações e taxações.

Até o início da década de 90, a literatura costumava associar as inovações ambientais, sobretudo, às políticas ambientais e à regulação. Devido aos altos custos e às externalidades positivas causadas pelas inovações ambientais, alguns autores viam apenas nas regulamentações a solução para o desenvolvimento de tecnologias mais limpas e métodos de produção que gerassem menos resíduos ambientais. No entanto, há autores que acreditam que

a inovação não deve ser associada de forma sistemática às regulamentações ambientais, mas deve ser vista como resultado de um processo complexo e interativo (Oltra, 2008).

Analisemos, primeiramente, a literatura que atribui à regulação o papel de propulsora da inovação ambiental.

1.4.1 O papel da regulamentação nos processos de inovação ambiental

Como mencionado anteriormente, em geral, novos paradigmas levam anos para se estabelecerem, devido aos diversos tipos de inércia presentes em sistemas já estabelecidos. As mudanças radicais, que provocam mudanças de paradigma tecnológico, são inibidas tanto pelas forças de mercado, que operam com uma visão de curto/médio prazo, quanto pelos mecanismos de *lock-in*. Ademais, quando estabelecidas, as novas tecnologias permanecem coexistindo com as antigas por um longo período de tempo até que se tornem dominantes.

A respeito da relação entre o meio ambiente e a produção, pode-se considerar que a indústria ainda vive um momento de transição, no qual as firmas não têm experiência em lidar de forma criativa com as questões ambientais em voga atualmente. De fato, o meio ambiente não foi um dos principais focos do mundo corporativo nem do tecnológico até então, e o conhecimento sobre os impactos ambientais para as firmas ainda é raso, o que aumenta a incerteza sobre os benefícios das inovações ambientais (Porter & van der Linde, 1995).

As intervenções governamentais parecem ser uma boa saída para a mudança de paradigma tecnológico, segundo alguns autores. Para Aghion *et al.* (2011), a intervenção governamental é fundamental para impulsionar o investimento privado em produção, inovação e tecnologias limpas. O principal argumento que sustenta esse pensamento é que, sob condições de livre mercado, o *path dependence* da inovação tende a mal direcionar as inovações das firmas. Na ausência de intervenção, as inovações são viesadas no sentido das

tecnologias sujas já existentes, devido aos transbordamentos de conhecimento, levando a um ponto social sub-ótimo. Aghion *et al.* (2010b) mostram também que o equilíbrio sob *laissez-faire* implicaria em um cenário desastroso para o meio ambiente, no qual a qualidade ambiental estaria abaixo do nível mínimo ao qual ele pudesse ser regenerado.

Para Aghion *et al.* (2009), tanto a intervenção pública quanto a iniciativa privada são indispensáveis: é fundamental que o governo aja como *first-mover* e redirecione as forças de mercado para o desenvolvimento e a adoção de tecnologias limpas – através não só da alocação da produção entre atividades “verdes” e “sujas”, quanto na alocação de atividades de P&D em inovações gerais e ambientais. Para estes autores, o papel do governo em impulsionar as inovações ambientais, por sua vez, não deve ser visto como permanente. Eles propõem um modelo no qual calculam a forma ótima de intervenção governamental em prol das inovações ambientais ao longo do tempo. Esse modelo basicamente sugere que, à medida que as tecnologias limpas tenham adquirido suficiente produtividade em relação às demais tecnologias, os governos devem deixar os investimentos em inovações voltadas para tecnologias limpas para os agentes privados.

Já Rennings (2000) e Oltra (2008) argumentam que a importância da regulação para impulsionar as inovações ambientais se deve ao problema da dupla externalidade gerada por essas inovações: a relacionada às fases de pesquisa e de inovação, de alto custo para a empresa, e a externalidade ambiental, devido ao impacto positivo para a sociedade da adoção e da difusão das inovações ambientais. Esse problema, de acordo com esses autores, gera uma falha de mercado a partir do momento em que os benefícios sociais das inovações ambientais superam os custos privados das firmas que as implementam, levando a investimentos em P&D e em inovação ambiental abaixo do ótimo social. Segundo Oltra, a aplicação de instrumentos econômicos e as regulamentações ambientais são importantes uma vez que podem corrigir essas externalidades.

Porter e van der Linde (1995) também estudaram a relação entre as regulamentações e as inovações ambientais. Segundo os autores, uma regulamentação ambiental apropriada pode servir a diversos propósitos. Em primeiro lugar, a regulamentação sinaliza as firmas sobre o provável uso ineficiente dos recursos e sobre as potenciais melhorias tecnológicas. Além disso, a imposição de normas e regulações reduzem as incertezas que permeiam os investimentos ambientais e aumentam a pressão externa sobre as inovações. As pressões externas, por sua vez, são consideradas como um fator chave no processo inovativo, uma vez que rompe com a inércia organizacional e promove o desenvolvimento de ideias criativas.

Estes últimos autores foram além no estudo das regulamentações ambientais e as inovações e inseriram no debate os efeitos econômicos das inovações ambientais no nível das firmas. A seguir, é apresentada a hipótese formulada por Porter e van der Linde (1995).

1.5 Meio ambiente, inovação e desempenho competitivo

Um dos primeiros estudos que observou a relação entre as regulações, as inovações ambientais e o desempenho econômico das empresas foi o desenvolvido por Porter e van der Linde (1995). Apesar da aparente resistência por parte das empresas em adotar tecnologias mais limpas ou práticas de gestão ambiental, Porter e van der Linde enxergam vantagens econômicas na imposição de regulamentações ambientais. Eles argumentam que, diante dessas regulamentações, as empresas são induzidas a buscar oportunidades de inovação previamente inexploradas. Essas inovações, por sua parte, podem compensar os custos de se adequar aos novos padrões, ainda que parcialmente.

O argumento de que as regulamentações ambientais são respondidas com inovações pelas empresas, melhorando sua competitividade, é conhecido como “hipótese de Porter” e está baseado na visão dinâmica de produção. Em um cenário estático, onde produção,

tecnologia, processos e demanda dos consumidores são fixos, seria inevitável o aumento de custos e a perda de competitividade das firmas devido à imposição de regulamentações ambientais. No entanto, os autores consideraram essas variáveis como dinâmicas, capazes de responder com soluções inovativas às pressões dos consumidores, competidores e, inclusive, das regulamentações.

De acordo com a hipótese de Porter, uma regulamentação ambiental bem formulada é capaz de desencadear inovações que reduzem o custo e/ou adicionam valor a um produto. Segundo Porter e van der Linde (1999), as inovações ambientais que respondem às regulamentações podem ser de dois tipos. Primeiramente, elas podem resultar em novas tecnologias e abordagens que minimizam os custos de tratamento da poluição, através da conversão dos insumos poluentes em algo de valor para a firma. Alternativamente, considerada mais interessante para a literatura, a inovação pode ser do tipo que previne a poluição ao melhorar a produtividade dos recursos. Isso pode acontecer através da substituição por materiais de menor custo ou quando os mesmos materiais são utilizados de forma mais eficiente.

A redução de custos e desperdícios econômicos implicariam em aumento de produtividade e em ampliação da vantagem comparativa das empresas. Estudos empíricos feitos por Porter e van der Linde constataram que a imposição de regulamentações ambientais bem formuladas pode induzir à adoção de inovações capazes de aumentar a produtividade e a competitividade das empresas.

É importante ressaltar, no entanto, que a hipótese formulada por Porter e van der Linde é limitada e há uma série de contra-argumentos para a sua consideração. Primeiramente, os próprios autores afirmam que os ganhos de competitividade devido à imposição de regulamentações ambientais são uma possibilidade, e não uma regra. Os críticos da hipótese apontam para o fato o argumento não ter nenhum respaldo teórico explícito, apesar dos

diversos estudos empíricos expostos pelos autores a fim de confirmarem sua tese. Além disso, para a vertente que analisa cenários estáticos e considera a racionalidade dos agentes, essa hipótese obviamente perde sentido, uma vez que as oportunidades de ganhos são observadas pelos agentes sem que se faça necessário algum tipo de intervenção.

Outro cuidado a ser tomado ao considerar o argumento dos autores é mencionado por Lustosa (2002), que afirma que as regulamentações não são capazes de determinar o desenvolvimento das inovações ambientais, apenas de influenciá-las e canalizá-las. Para a autora, não é possível determinar *a priori* se as regulamentações ambientais irão inibir – através da elevação de custos e imposição de normas e padrões específicos – ou induzir as firmas a adotarem inovações ambientais.

A hipótese de Porter, portanto, enfatiza a regulamentação ambiental como um canal indutor para adoção de inovações ambientais e, conseqüentemente, a obtenção de ganhos de competitividade por parte das firmas. Nota-se, entretanto, que a argumentação só é válida para as firmas que vislumbram algum tipo de ganho econômico ao adotar tecnologias limpas ou melhorias de gestão de insumos e/ou resíduos. Além disso, os autores consideram que não é todo tipo de regulamentação ambiental que resulta em tecnologias mais limpas, mas aquelas que induzem a firma a inovar, aumentando a produtividade dos recursos e a competitividade.

Entretanto, é possível que as inovações ambientais sejam vistas como uma estratégia competitiva para as firmas, e não como um custo, ao desconsiderarmos as regulamentações como fator chave? Na literatura, diversos autores consideram a relação entre meio ambiente, inovação e desempenho competitivo: é possível que a tomada de decisão das firmas de inovar ambientalmente esteja relacionada, de forma direta ou indireta, à sua *performance* econômica – podendo estar ligada à regulamentação ambiental ou não. Segundo Porter e van der Linde:

“If innovation in response to environmental regulation can be profitable – if a company can actually offset the cost of compliance through improving resource productivity – why is regulation necessary at all? If such opportunities exist, wouldn’t companies

pursue them naturally and wouldn't regulation be unnecessary? That is like saying there will rarely be ten-dollar bills to be found on the ground because someone already will have picked them up."(Porter e van der Linde, 1999, p. 4)

Nesse sentido, cabe analisar a relação não só entre as regulamentações ambientais e as inovações delas decorrentes, mas também o papel da competição para influenciar esse tipo de inovação. Ou seja, é importante observar a relação entre as inovações ambientais e a estratégia competitiva das firmas sob uma ótica complementar, e não excludente e normativa.

1.5.1 Meio ambiente e desempenho competitivo: relaxando o *trade-off*

A despeito do papel da regulação para estimular as inovações ambientais, não se deve considerar estas como uma resposta sistemática àquela. Certamente, algumas empresas são capazes de adotar esse tipo de inovação sem a contrapartida das – ou se antecipando às – regulamentações.

Os estudos que vislumbram a possibilidade de adoção de inovação ambiental na ausência de regulamentações, no entanto, vão de encontro com a análise estática de produção. Sob a ótica estática, a imposição de normas e regulamentações ambientais é necessária para mitigar os impactos ambientais adversos causados pelas empresas. A imposição de normas e regulamentações, no entanto, é um tema controverso para essa vertente, já que tenderia a gerar distorções no desempenho competitivo das empresas, por mais que fossem socialmente desejadas. Se, por um lado, o benefício social marginal aumentaria devido à redução dos impactos ambientais, por outro, as firmas incorreriam em maiores custos – de preservação ou de tratamento – e, conseqüentemente, na redução do seu desempenho competitivo, caracterizando um suposto *trade-off*.

Sob a mesma ótica, existe a crença de que, na ausência de regulamentações, as firmas já exauriram todas as suas possibilidades de obter ganhos econômicos. Esse raciocínio, no entanto, pode levar a uma falsa premissa sobre a realidade competitiva, de que todas as oportunidades lucrativas de inovar já foram descobertas e de que as empresas têm completa informação sobre elas (Porter e van der Linde, 1999).

Alternativamente, flexibilizando o cenário estático e estável, observa-se que os agentes podem se deparar com informação incompleta e com capacidades limitadas. Ademais, as firmas fazem escolhas com base na percepção da sua situação competitiva e no contexto global no qual estão inseridas.

De acordo com Porter e van der Linde (1995), o paradigma da competitividade internacional está mudando ao longo dos anos para um modelo mais dinâmico, baseado nos processos inovativos. Estudos de caso levantados pelos autores mostram que as firmas com maior desempenho competitivo no comércio internacional são aquelas com capacidade de aprimorar e inovar constantemente, e não necessariamente aquelas com maior escala ou que apresentam menores custos com recursos. Esses autores afirmam que a vantagem competitiva baseia-se na capacidade inovativa e em melhorias que são capazes de mudar as restrições com as quais as firmas se deparam, e não na ótica estática da eficiência nem na otimização que considera fixas as restrições.

Em particular, a relação entre as inovações ambientais e a *performance* econômica das firmas também deve ser observada sob uma ótica dinâmica. Na prática, as firmas estão expostas a situações de competição dinâmica, e as inovações derivam de uma série de pressões sofridas por elas em seu cotidiano – não só das pressões institucionais e regulatórias, mas também de competidores e de consumidores.

Tradicionalmente, os esforços em melhorias ambientais por parte das firmas negligenciavam os custos da ineficiência dos insumos e recursos. Antes voltados para o

controle da poluição, nas últimas décadas as firmas se voltaram para o conceito de *prevenção da poluição*, que considera a substituição de materiais, a redução do uso de recursos e a adoção de processos que limitam a poluição *ex-ante* (Porter e van der Linde, 1999).

Porter e van der Linde (1995) fazem, ainda, uma ressalva a respeito da produtividade dos insumos e dos recursos empregados na produção: eles consideram ser necessário que as melhorias ambientais sejam enquadradas em termos de produtividade dos mesmos e da eficiência com a qual estes são utilizados.

“Improving resource productivity within companies goes beyond eliminating pollution (and the cost of dealing with it) to lowering true economic cost and raising the true economic value of product. At the level of resource productivity, environmental improvement and competitiveness come together. The imperative for resource productivity rests on the private cost that companies bear because of pollution, not on mitigating pollution’s social costs. In addressing these private costs, it highlights the opportunity costs of pollution – wasted resources, wasted efforts and diminished product value to the customer – not its actual costs.”(Porter & van der Linde, 1995, p. 106)

Ao longo das últimas décadas, outros autores dedicaram seus estudos às inovações ambientais e as forças que atuam sobre elas. Rennings (2000; 2008) afirma que os determinantes das inovações ambientais podem ser classificados em três grupos. De acordo com sua taxonomia, leis e padrões ambientais, assim como a expectativa de novas regulamentações, representam os determinantes regulatórios das inovações ambientais. Além desses, extensamente explanados anteriormente, há outros fatores ligados às condições de mercado, às capacidades tecnológicas e às estratégias competitivas das firmas. A busca por melhor qualidade de produto, por eficiência de uso de insumos e por eficiência energética são casos de determinantes do tipo *technology-push*. Já a busca por manutenção e/ou ampliação de *market-share*, busca por novos mercados, maior competitividade, redução de custos de mão-de-obra e demanda dos consumidores seriam forças de mercado propulsoras de inovações *verdes* de acordo com esse autor.

Já Kemp e Soete (1990) argumentam que, apesar de as firmas estarem cada vez mais responsabilizadas por suas atividades que causam danos ambientais, a adoção de inovações ambientais ainda não está entre suas prioridades, salvo aquelas que vislumbram oportunidades tecnológicas nesse tipo de inovação e, conseqüentemente, têm a possibilidade de auferir vantagens competitivas. A obtenção de vantagens competitivas através das inovações ambientais, por sua vez, pode ocorrer de diversas formas, como através da conquista de novos mercados, aumento da produtividade e conseqüente redução dos custos de produção, e/ou de marketing. É possível ainda que a empresa observe uma melhoria na qualidade do produto que oferta devido a novas práticas de gestão ambiental, de inovações ambientais ao longo do processo ou inovações voltadas diretamente para o produto final.

Tomando como referência a perspectiva neo-schumpeteriana da inovação, portanto, pode-se considerar que a variável ambiental é endógena às estratégias de inovação das firmas, na medida em que têm potencial para gerar assimetrias que culminam em vantagens competitivas. Dessa forma, as inovações ambientais podem contribuir para a configuração de um novo padrão de competição para processos, produtos e serviços que têm como atributo a qualidade ambiental (Bin e Paulino, 2004).

De fato, a partir da década de 90, diversos estudos empíricos buscaram identificar outros determinantes da inovação ambiental além das regulações e mostraram que as firmas tentam combinar eficiência produtiva e qualidade de produto com desempenho ambiental. Os estudos apontam que reduções de custos e melhorias no desempenho das firmas são fatores determinantes para a implantação de inovações ambientais; em particular, para inovações ambientais de processo e tecnologias limpas (Oltra, 2008). Além disso, diversas firmas estão usando as inovações ambientais para abrir novos segmentos de mercado e para gerar preços prêmio para produtos “verdes”.

1.6 Evidências empíricas: casos internacionais

Diversos estudos internacionais se dedicaram à análise empírica dos determinantes e dos impactos das inovações ambientais. A maior parte, no entanto, ainda é voltada para o estudo da relação entre as inovações e a regulação.

Carrión-Flores & Innes (2005) desenvolveram um estudo a fim de observar a relação bidirecional entre as normas ambientais e (i) o desempenho ambiental das firmas, por um lado, e (ii) inovações ambientais, de outro. Os autores reconhecem que, na literatura, a relação entre instrumentos de política ambiental e inovação é amplamente estudada. No entanto, o governo costuma ser modelado como *first-mover*, ou seja, as inovações são consideradas como respostas às políticas governamentais de mitigação.

De fato, os estudos desenvolvidos sobre o tema costumam observar a influência dos padrões e regulamentações ambientais no comportamento das firmas com relação ao desenvolvimento de atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), patentes e mudanças de gestão, por exemplo, no sentido de se adequarem às normas. Alternativamente, Carrión-Flores & Innes (2005) destacam as evidências de que também as políticas ambientais respondem às inovações ambientais, muitas vezes com requisitos para a adoção da “melhor tecnologia de controle possível”. Tais políticas ambientais de resposta também fornecem incentivos à inovação ambiental, uma vez que oferece aos inovadores bem sucedidos um “mercado pronto” para os seus produtos. Com as políticas de resposta, portanto, há relações bidirecionais entre normas ambientais e desempenho ambiental, por um lado, e inovação ambiental, por outro.

Para testar tal hipótese, os autores examinaram um painel com 127 setores da indústria manufatureira dos Estados Unidos durante o período de 1989 a 2002, utilizando as emissões de poluentes para medir o rigor das políticas. O trabalho utiliza dados do Inventário de

Liberação Tóxica (TRI) da agência de proteção ambiental dos EUA (EPA), do U.S. Patent and Trademark Office, do Departamento de Comércio dos EUA, da Standard&Poor's e do anuário Economic Report of the President para criar as variáveis dos modelos. Uma vez que o estudo enfoca na emissão de gases poluentes, os autores restringem a amostra aos setores mais poluentes da indústria manufatureira americana.

O trabalho apresenta quatro resultados empíricos, a saber: (i) a inovação tecnológica induz à adoção de padrões de emissão mais rígidos; (ii) os padrões de emissão tendem a ser mais rígidos para setores mais concentrados e com maior taxa de crescimento; (iii) a expectativa de padrões de emissão mais rígidos induz à inovação ambiental, e (iv) firmas intensivas em pesquisa e/ou capital, com maior taxa de crescimento, de menor tamanho e em setores menos concentrados tendem a fazer mais inovações ambientais que as demais.

Os autores observaram efeitos negativos e estatisticamente significantes da inovação ambiental sobre o nível de emissões das empresas. Os autores interpretam que reduções de alto custo de emissões intrasetoriais implicam em padrões de emissão mais rígidos, uma vez que as firmas, em geral, não irão se comprometer a fazer abatimentos de emissão altamente custosos sem que haja exigências formais.

O segundo resultado é compatível com a hipótese de que o regulador impõe normas mais rigorosas em setores que tendem a apresentar melhores condições – a custos menores – de se adaptarem a esses padrões. Além disso, os resultados corroboram a hipótese de que as inovações ambientais são altamente correlacionadas com as especificidades setoriais e com as características das firmas. O estudo empírico, portanto, revelou uma relação inversa entre emissões e patentes ambientais, em ambas as direções.

Com relação ao debate de mudança de paradigma tecnológico, Aghion *et al.* (2010a) desenvolveram um modelo de painel com 80 países, entre os anos de 1978 e 2007, para observar a trajetória de inovações “suja” *versus* “limpa”. A fim de testar a hipótese de que

as inovações seguem um *path dependence*, os autores usaram os seguintes dados da indústria automotiva para construir as variáveis de seus modelos: os fluxos correntes de patentes sujas e limpas, o estoque de patentes sujas e limpas, o preço do combustível e uma variável interativa entre estas duas últimas. Os dados de patente foram extraídos da base de dados estatísticos *European Patent Office's World*⁶.

Os resultados das regressões de Aghion *et al.* (2010a) mostraram que: (i) variações positivas do preço do combustível tendem a levar as firmas a criarem patentes “limpas” e (ii) novas inovações ambientais estão positivamente correlacionadas com patentes “limpas” e negativamente correlacionadas com o estoque de patentes “sujas”. Os resultados corroboram a hipótese de que há *path dependence* no tipo das inovações tecnológicas, isto é, firmas que têm um histórico de tecnologia suja tende a manter sua tecnologia no mesmo sentido; já firmas que inovam em tecnologias limpas tendem a seguir desenvolvendo patentes limpas.

Apesar de grande parte dos estudos empíricos a respeito de inovações ambientais se dedicar aos determinantes, poucos estudos são voltados para a análise dos impactos econômicos das inovações ambientais.

Como foi visto na seção anterior, Porter e van der Linde foram um dos pioneiros nos estudos que relacionam inovação ambiental e desempenho competitivo. Para embasar a chamada hipótese de Porter, que assume que regulamentações ambientais bem direcionadas podem induzir as firmas a adotarem inovações ambientais e, conseqüentemente, observar melhorias no seu desempenho competitivo, os autores observaram uma série de casos, sobretudo nos EUA, que confirmam sua hipótese. Os casos analisados pelos autores no trabalho de 1995 envolvem principalmente inovações de processo, mas também de produto.

Um caso de melhoria na qualidade do produto decorrente de uma regulamentação ambiental é mencionado no estudo de Porter e van der Linde (1995). Em 1990, a empresa

⁶No estudo, foram consideradas patentes “limpas” aquelas voltadas para tecnologia limpa como veículos elétricos, veículos híbridos e células de combustível. Já as patentes “sujas” se referem a tecnologias voltadas para o desenvolvimento de máquinas a combustão.

norte-americana Raytheon se viu obrigada a eliminar a emissão de gás CFC em suas operações, devido aos requerimentos do Protocolo de Montreal e do U.S. Clean Air Act. A regulamentação fez com que a empresa substituísse seu método de produção por um novo agente que poderia ser reutilizado, resultando não só em produtos de melhor qualidade, como também na redução de custos.

Casos de melhorias de processo como resposta a regulamentação ambiental são mais frequentes. Porter e van der Linde citam o caso de uma planta de corantes nos EUA que, ao se deparar com o requerimento de normas ambientais, teve de reduzir a poluição nos cursos d'água ocasionada pela produção. Para tanto, a empresa adotou mudanças no seu processo de produção que resultaram na eliminação da poluição e no aumento em 40% dos rendimentos.

A empresa fabricante de joias Robbins, ao ser pressionada a reduzir o seu nível de poluição, obteve benefícios líquidos ao mudar o seu sistema de produção. O custo da nova operação que eliminou por completo o desperdício de água foi de US\$220 mil, enquanto a instalação de equipamentos para o tratamento de água lhe custariam cerca de US\$500 mil (Porter e van der Linde, 1995). Diversos outros casos de melhoria de desempenho econômico, utilizados por Porter e van der Linde para embasar seu estudo que deu origem a chamada Hipótese de Porter, podem ser vistos no Quadro 1⁷.

⁷ Diversos outros estudos de caso sobre regulamentação ambiental e suas implicações no desempenho competitivo das firmas podem ser vistos em Porter e van der Linde (1995; 1999).

Quadro 1
Estudos de caso apresentados por Porter e Van der Linde (1995)

Empresa/Programa	Choque	Resultado	Referência Bibliográfica
Programa "Green Lights", da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA)	Programa voluntário que examina o consumo de energia elétrica da empresa. Em troca, empresa recebe consultoria em eficiência energética e em operações de aquecimento e esfriamento.	80% dos projetos apresentaram <i>payback</i> de dois anos ou menos.	DeCanio, 1993.
Raytheon (empresa que atua na área de equipamentos militares e aeroespaciais)	Requerimento, pelo Protocolo de Montreal e pelo U.S. Clean Air Act, de eliminação da emissão de gás CFC.	Redução total da emissão de gás CFC e aumento da qualidade do produto.	Raytheon, 1991, 1993.
Robbins Company (empresa de fabricação de joias)	Requerimento de redução a zero da disposição de resíduos nos cursos d'água, devido à violação da licença de disposição.	Novo sistema permitiu que a água resultante do processo de purificação fosse 40% mais limpa que a da cidade (Massachussetts), maior qualidade do produto e redução dos rejeitos sólidos, aumentando a competitividade da empresa. Reduziu em US\$115 mil os custos anuais de disposição de resíduos e de pagamento de multas.	Berude, Nash, Maxwell & Ehrenfeld, 1992.
Ciba-Geigy (empresa de fabricação de corantes)	Requerimento de redução do desperdício de água no processo produtivo para atender a padrões ambientais.	Elevou os rendimentos em 40%, eliminou a disposição de resíduos e reduziu os custos anuais em US\$740 mil.	Dorfman, Muir & Miller, 1992.
3M (empresa de fabricação de adesivos)	Necessidade de reduzir a emissão de solventes em 90% devido a regulamentações.	Substituiu o insumo, reduzindo em 24 ton/ano a poluição do ar, economizou US\$180 mil em equipamentos de controle da poluição e reduziu em US\$15 mil as compras anuais de solventes.	Parkinson, 1990.

Um estudo mais recente que aborda a temática dos impactos econômicos das inovações ambientais foi desenvolvido por Arundel e Kemp, em 2009.

Arundel e Kemp (2009) citam a pesquisa IMPRESS⁸ para estudar os efeitos no desempenho competitivo das inovações ambientais introduzidas pelas firmas. Além de analisar os efeitos econômicos das inovações ambientais feitas pelas firmas por um período de três anos, a pesquisa perguntou sobre a natureza das inovações ambientais, o ano em que foram introduzidas, os custos de investimento, o percentual dos gastos dessas inovações nos gastos totais da empresa, se houve apoio do governo e as motivações das inovações. A pesquisa também fez uma pergunta sobre os efeitos das inovações nas vendas, nos preços e nos custos de energia, materiais, trabalho e disposição de resíduos. Com relação aos custos indiretos, a pesquisa questiona se as inovações ambientais provocaram a substituição do método de produção ou dos equipamentos de controle de poluição do tipo *end-of-pipe*, ou se demandaram uma reorganização do sistema de produção.

A análise identificou efeitos econômicos positivos e negativos. No entanto, o número de empresas que observaram efeitos econômicos positivos decorrentes das inovações ambientais foi significativamente maior que o de empresas que observaram efeitos negativos. Os autores reiteram que a inovação não é capaz de garantir efeitos positivos isoladamente. O desempenho econômico e a competitividade das firmas dependem também das instituições, da infraestrutura, do contexto macroeconômico e da regulação, além de outros fatores estruturais de uma economia (Arundel e Kemp, 2009).

É importante ressaltar que os exemplos aqui expostos não provam que é sempre possível para as firmas adotar inovações ambientais a custos baixos. No entanto, eles mostram que há diversas oportunidades de reduzir os impactos ambientais produtivos e dos produtos

⁸A IMPRESS é uma pesquisa especial europeia sobre inovação ambiental que abrange cerca de 1,6 mil empresas nos setores manufatureiro e de serviços em cinco países europeus: Reino Unido, Alemanha, Suíça, Holanda e Itália.

através de inovações de processo, produto, organizacionais ou através de novos métodos de operação.

1.7 Conclusões

Esse capítulo apresentou as definições e buscou estudar as especificidades, os determinantes e os impactos das inovações ambientais, através de uma revisão de literatura e de evidências empíricas internacionais. Foi possível observar que, assim como as inovações “normais” sofrem pressões mercadológicas e têm forte influência tecnológica, as inovações ambientais também são resultado desses fatores, além das forças regulatórias. Ademais, as inovações ambientais também devem ser compreendidas dentro de uma perspectiva complexa e interativa. A relação entre a *performance* econômica e ambiental da firma pode tomar a forma de um *trade-off*; no entanto, é possível também que ambos os objetivos da firma sejam alcançados. A capacidade das firmas de desenvolver e adotar inovações ambientais depende da sua habilidade em combinar eficiência produtiva e produtos de qualidade com os objetivos ambientais (Oltra e Saint Jean, 2003).

Dessa forma, diversos autores sugerem que o *trade-off* entre desempenho ambiental e competitivo deve ser relaxado – não só pelos agentes reguladores, como principalmente pelas firmas – incentivando as inovações e a produtividade dos recursos. Ou seja, deve-se dar destaque a estudos que consideram a relação entre a competitividade e o desempenho econômico das firmas com sua *performance* ambiental e a casos de sucesso de regulamentações que foram capazes de induzir firmas a reduzir o seu impacto ambiental sem que, para tanto, tivessem que incorrer em prejuízo econômico e impacto adverso no mercado. Isso se faz necessário para que haja uma mudança de ótica sobre a relação entre o meio

ambiente e o crescimento econômico e para evidenciar que um resultado do tipo *win-win* é possível no que tange ao desempenho ambiental e competitivo.

Para estudar a indústria brasileira, no entanto, é preciso atentar para o contexto nacional e ter cautela ao fazer comparações com casos internacionais. Deve-se levar em conta, por exemplo, que os casos de sucesso destacados na seção 2.6 não necessariamente se replicam às firmas brasileiras. As evidências empíricas apresentadas naquela seção ocorreram basicamente em países desenvolvidos, com circunstâncias institucionais, sistêmicas e econômicas distintas das do Brasil. Para fazer uma análise empírica dos casos de inovação ambiental e seus impactos nas firmas brasileiras, é preciso considerar as especificidades e o perfil da inovação de forma abrangente no país.

No capítulo a seguir, portanto, será feita uma análise do perfil da inovação na indústria brasileira, sobretudo na indústria de transformação. Além disso, apresentaremos o perfil da indústria brasileira em termos de potencial poluidor e a evolução dos investimentos ambientais ao longo dos últimos anos. A contextualização do tema permite compreender o padrão, os determinantes e as possibilidades de ganhos econômicos e competitivos decorrentes das inovações ambientais no país – e, em particular, na indústria de transformação.

CAPÍTULO 2 – INOVAÇÃO E MEIO AMBIENTE: EVIDÊNCIAS DA INDÚSTRIA BRASILEIRA

Diversos estudos apontam que o desenvolvimento da indústria no Brasil foi no sentido da especialização da produção de bens intensivos em recursos naturais e emissões de poluentes. De acordo com Young e Lustosa (2001), o crescimento das chamadas indústrias “suja” no país pode ter sido resultado de um conjunto de fatores, como: facilidade de acesso aos recursos naturais, custo de mão-de-obra reduzido, políticas governamentais favoráveis ao desenvolvimento de indústrias intensivas em recursos naturais e/ou emissão de poluentes, de baixo valor agregado, entre outros.

O perfil das exportações brasileiras também reflete a dinâmica da indústria brasileira. Desde os anos 90 – década da abertura comercial no país – o Brasil evidencia uma tendência de especialização das exportações em atividades de alto potencial poluidor⁹ com relação ao restante da economia (Barcellos, Oliveira e Carvalho, 2009).

A despeito da evolução e do perfil da indústria brasileira, pesquisas apontam que, em geral, as empresas industriais têm demonstrado maior preocupação com o impacto ambiental de suas atividades, o que se reflete em investimentos e inovações ambientais. Esse processo pode ser considerado resultante tanto dos incentivos criados para o controle ambiental e das exigências de cumprimento de normas ambientais, quanto de outros fatores no nível das firmas.

No capítulo anterior, vimos que as inovações dependem de uma série de fatores para que sejam bem sucedidas e, dependendo das especificidades de cada país ou região, seus determinantes e impactos podem diferir. Da mesma forma, as inovações ambientais feitas por

⁹ Esse conceito será apresentado na subseção 2.1.4.

empresas brasileiras também devem ser analisadas com cautela, levando-se em conta esses fatores.

Assim, para compreender o perfil das inovações ambientais no Brasil, não devemos considerar apenas a forma como a indústria evoluiu. É preciso observar também a evolução e os entraves das atividades inovativas em geral nos últimos anos, o perfil das firmas que fazem inovação no que diz respeito ao seu potencial impacto ambiental e os fatores que induzem as firmas industriais a adotarem inovações ambientais. Essa análise é fundamental para compreender o potencial impacto dessas inovações no desempenho competitivo das firmas industriais brasileiras.

O objetivo deste capítulo, portanto, é analisar o perfil e a evolução das inovações, (gerais e ambientais) na indústria brasileira nos últimos anos, bem como os fatores que contribuem para a adoção dessas inovações. Para tanto, consideramos informações extraídas da Pesquisa de Inovação Tecnológica desenvolvida no Brasil ao longo da última década e estudos empíricos desenvolvidos por outros autores a respeito do tema no Brasil. A análise industrial é voltada para a indústria de transformação, tanto por englobar as atividades de maior impacto ambiental na cadeia produtiva do país quanto por facilitar a comparação com evidências empíricas já explanadas em outros trabalhos.

Além dessa breve introdução, esse capítulo é composto por outras quatro seções. Primeiro, apresentamos o perfil e a evolução das inovações levando-se em conta os dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica. Em seguida, nos baseamos em estudos e evidências empíricas para tratar dos determinantes das inovações ambientais no Brasil. A terceira seção apresenta evidências sobre a relação entre os investimentos e inovações ambientais e o desempenho competitivo das empresas brasileiras. A quarta seção apresenta as conclusões do capítulo.

2.1 Inovação na indústria brasileira: evidências da Pintec

Desde 1998, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – coleta informações sobre as atividades inovativas das empresas brasileiras e em 2000 lançou a primeira edição da Pesquisa de Inovação Tecnológica, Pintec, principal fonte de dados sobre inovação no Brasil. A análise a seguir se baseia nos dados disponíveis pelas edições de 2003, 2005 e 2008 da Pesquisa¹⁰.

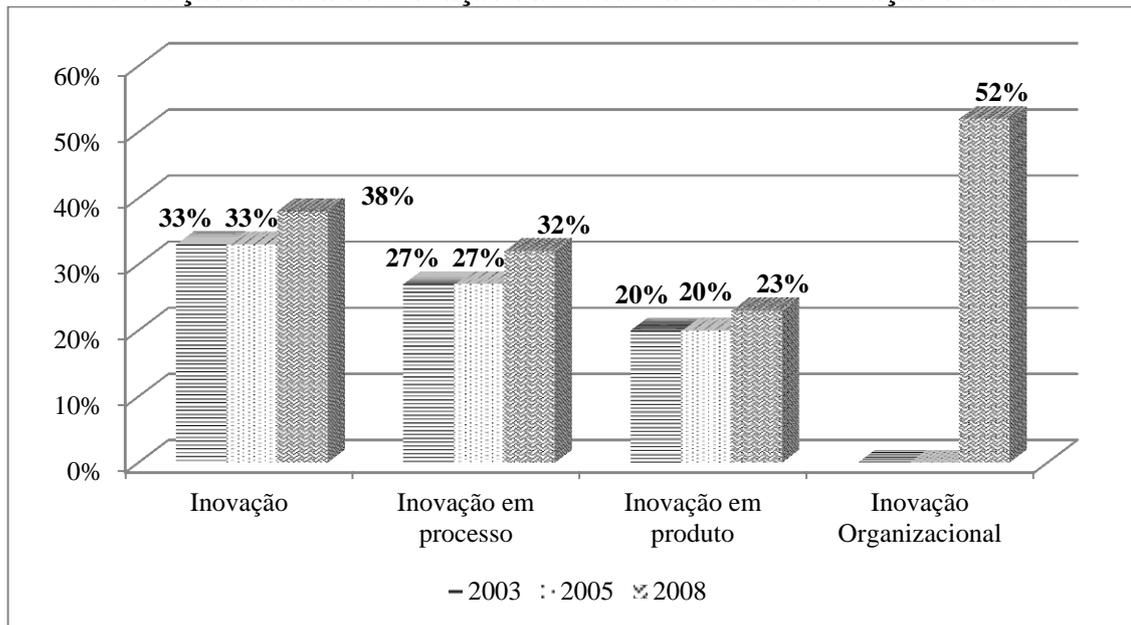
2.1.1 O perfil da inovação na indústria brasileira

Os estudos sobre inovação ganharam destaque no Brasil a partir da década de 1990. Na década de 2000, o tema ficou em evidência nas políticas industriais e tecnológicas. No entanto, o país ainda não observa esforços inovativos significativos: de acordo com as Pesquisas de Inovação Tecnológica – PINTEC – divulgadas ao longo da década de 2000, o perfil da inovação nas firmas brasileiras é adaptativo, com algumas exceções – é o caso de segmentos da agroindústria e de algumas atividades que o Estado percebe como “estratégicas”, como o setor de petróleo e o aeronáutico (Cassiolato e Lastres, 2005).

O gráfico 1 mostra a evolução da taxa de inovação na indústria de transformação entre as edições de 2003 e 2008 da Pintec. A taxa de empresas que fizeram algum tipo de inovação se manteve estável entre o período de 2001-2003 e 2003-2005, assim como a taxa daquelas que fizeram inovação em processo ou em produto. No triênio de 2006-2008, no entanto, todas essas taxas aumentaram: 38% das firmas da indústria de transformação fizeram algum tipo de inovação; 32% fizeram inovação em processo, e 23%, em produto, contra 33%, 27% e 20%, respectivamente, nos períodos anteriores.

¹⁰ A metodologia da Pintec está descrita no Anexo I.

Gráfico 1
A evolução da taxa de inovação da indústria de transformação brasileira



Fonte: PINTEC 2003, 2005 e 2008 (IBGE). Elaboração própria.

Obs: não há observações sobre o número de empresas que fizeram somente inovação organizacional nas edições de 2003 e 2005 da Pintec.

Considerando toda a amostra da Pesquisa, a tendência é semelhante à apresentada pela indústria de transformação: a taxa de inovação (proporção de empresas que declararam ter realizado ao menos uma inovação) no período de 2006 a 2008 foi de 38,4%, contra 33,6% no período de 2003 a 2005. Apesar do crescimento das taxas no período de 2006 a 2008, Kupfer (2010) observa que as atividades inovativas não foram acompanhadas por maior esforço inovativo, que constitui um indicador mais robusto para observar a inovação – mensurado pela taxa de atividade interna de P&D. Entre os períodos de 2003-2005 e 2006-2008, a taxa de atividade interna de P&D caiu de 5,6% para 4,2%.

Em suma, pode-se dizer que o desempenho inovativos no Brasil ainda é modesto, mesmo quando o ambiente econômico se torna favorável para o desenvolvimento de novas atividades de inovação¹¹. Diversos fatores contribuem para tal desempenho.

¹¹ O período de abrangência da Pintec 2008 foi caracterizado por uma conjuntura econômica favorável às decisões de investimento por parte das firmas. O PIB anual médio foi de cerca de 5% no período, o consumo das famílias aumentou e a produção industrial apresentou forte crescimento – a formação bruta de capital fixo

2.1.2 Problemas e obstáculos à inovação no Brasil

Dentre os problemas relacionados aos esforços de inovação no Brasil (Pacheco e Corder, 2010) destacam-se:

- setor privado do país investe pouco em atividades de P&D – menos que países desenvolvidos e que vários países em desenvolvimento, inclusive dos BRIC;
- a capacidade instalada de C&T, concentrada nas universidades e nos centros acadêmicos de pesquisa, é dissociada das necessidades de inovação do setor produtivo;
- o marco legal nacional é precário, além dos instrumentos favoráveis à inovação nas empresas.

Os obstáculos ao desenvolvimento de atividades inovativas na indústria brasileira são refletidos na Pesquisa de Inovação Tecnológica. Na edição de 2008, 49% das empresas industriais que participaram da pesquisa e que implementaram algum tipo de inovação afirmaram que tiveram ao menos um problema ou obstáculo relevante no desenvolvimento de suas atividades. Os principais fatores pontuados pelas empresas foram: elevados custos da inovação (73,2%), riscos econômicos excessivos (65,9%), falta de pessoal qualificado (57,8%), escassez de fontes de financiamento (51,6%), escassez de serviços técnicos (37,3%) e falta de informação sobre tecnologia (37,2%).

Se comparados com o resultado observado nas edições anteriores da Pintec, observa-se que os obstáculos foram consistentes ao longo da década, o que evidencia os gargalos e as fragilidades sistêmicas da estrutura tecnológica do país.

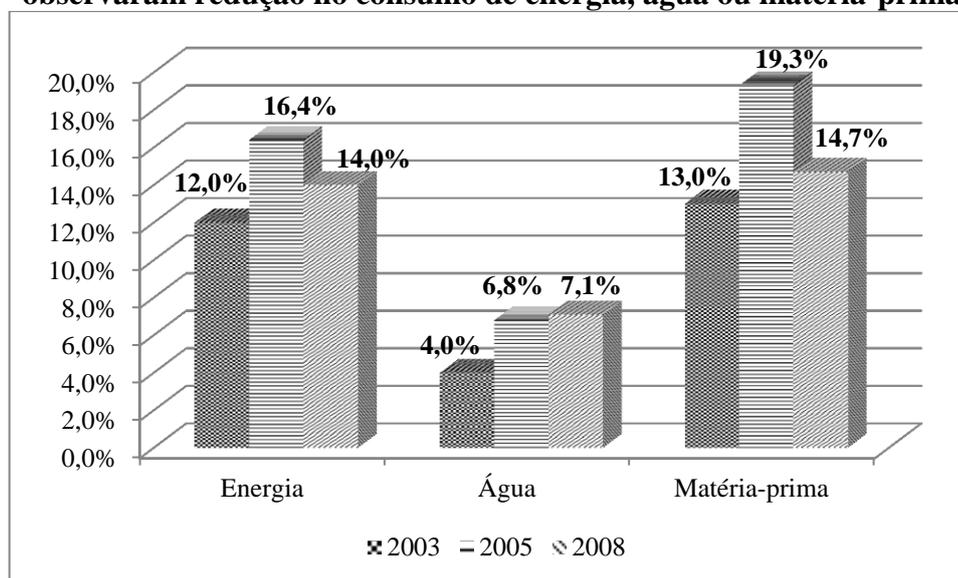
Contextualizado o perfil e a evolução das atividades inovativas no Brasil na última década, analisamos a evolução da inovação com impactos ambientais.

aumentou 9,8% em 2006 e 13,9% em 2007 – e as exportações continuaram crescendo. Os trimestres que antecederam a crise econômica mundial em 2008 foram especialmente dinâmicos, mantendo a tendência desses indicadores, com exceção das exportações, que apresentou leve queda.

2.1.3 Inovação com impacto ambiental na indústria brasileira

A Pintec, além de analisar o perfil das atividades inovativas em geral, também disponibiliza informações sobre o perfil da indústria com relação à gestão ambiental e às inovações com impacto ambiental. Analisando as edições de 2003, 2005 e 2008 da Pesquisa, observa-se que a evolução das firmas inovadoras da indústria de transformação que adotaram algum tipo de inovação que permitiu reduzir o consumo de água em suas operações foi crescente ao longo do período de análise: em 2008, elas representavam cerca de 7% das firmas inovadoras da indústria de transformação, enquanto em 2003, eram apenas 4% (gráfico 2).

Gráfico 2
A evolução de firmas da indústria de transformação, dentre as inovadoras, que observaram redução no consumo de energia, água ou matéria-prima



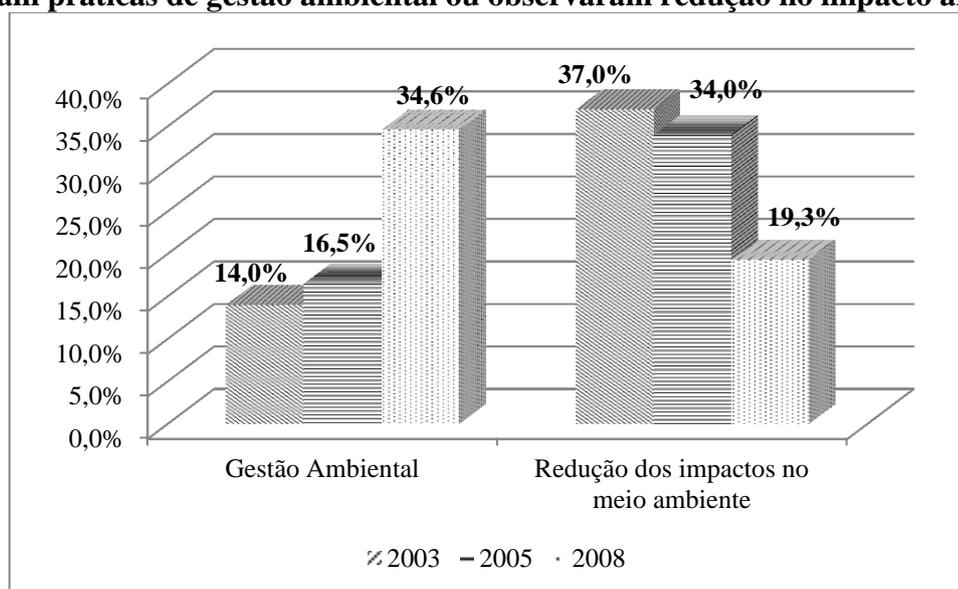
Fonte: PINTEC 2003, 2005 e 2008 (IBGE). Elaboração própria.

Dentre essas mesmas firmas, o percentual daquelas que observaram reduções no consumo de energia e de matéria-prima foi ainda maior. No entanto, a tendência dessas reduções observadas entre as edições de 2003 e 2008 da Pesquisa não foi igual à tendência

apresentada para as inovações que permitiram a redução do consumo de água. A taxa das empresas inovadoras que apresentaram reduções no consumo de energia e de matéria-prima aumentou entre os períodos de abrangência de 2001-2003 e 2003-2005, e apresentou queda entre a Pesquisa de 2005 e o período de 2006-2008. Esses resultados podem ser vistos no gráfico 2.

A Pintec disponibiliza não só informações sobre os impactos no consumo de energia, água e matéria-prima, como também busca captar a evolução das firmas que adotam práticas de gestão ambiental e os efeitos das inovações no meio ambiente de uma forma geral.

Gráfico 3
A evolução de firmas da indústria de transformação, dentre as inovadoras, que adotaram práticas de gestão ambiental ou observaram redução no impacto ambiental



Fonte: PINTEC 2003, 2005 e 2008 (IBGE). Elaboração própria.

Com relação às técnicas de gestão ambiental, nota-se que a taxa de evolução das firmas inovadoras da indústria de transformação que adotaram tal prática cresceu de forma significativa entre a Pesquisa de 2003 e de 2008 (gráfico 3). Enquanto essa taxa cresceu quase 18% entre o período de abrangência de 2001-2003 a 2003-2005, o número de empresas da indústria de transformação, dentre as inovadoras, que adotaram técnicas de gestão ambiental

entre os períodos de 2003-2005 e 2005-2008 mais do que dobrou, passando de 16,5% para 34,6%. Essa evolução reflete a tendência global de maior atenção das firmas à maneira como suas atividades impactam o meio ambiente.

Com a temática ambiental cada vez mais em evidência nas atividades industriais, a edição de 2008 da Pintec desenvolveu uma pergunta específica sobre os impactos das inovações no meio ambiente. Dentre as empresas inovadoras da indústria de transformação, 19,3% afirmaram que adotaram inovações que tiveram como impacto a redução dos danos ambientais por suas atividades no período de abrangência da pesquisa, como pode ser visto no gráfico 3.

A análise da evolução dessas inovações, no entanto, merece ressalvas, uma vez que a pergunta sobre os impactos das inovações no meio ambiente nas edições de 2003 e 2005 da Pintec também captava outros impactos (na saúde e na segurança). Entre as edições de 2003 e 2005, o percentual de firmas inovadoras da indústria de transformação que adotaram inovações com impactos na saúde, segurança e/ou meio ambiente caiu cerca de 8%, de 37% para 34%. No entanto, não é possível observar a parcela desse percentual que está associada somente aos impactos ambientais.

A despeito da evolução das inovações com impactos positivos no meio ambiente, o percentual de empresas que adotam inovações com impactos ambientais ainda é baixo e muito heterogêneo entre as atividades econômicas consideradas na pesquisa. Para melhor compreender o perfil das inovações ambientais na indústria de transformação brasileira, portanto, deve-se considerar as especificidades setoriais e outros fatores que induzem as firmas a fazerem esse tipo de inovação.

2.1.4 O perfil das inovações sob a ótica do potencial poluidor

2.1.4.1 A classificação das atividades por Potencial Poluidor

A respeito da classificação das atividades por diferentes potenciais de emissão de resíduos, é possível listar três categorias, a saber: de alto, médio e baixo potencial poluidor. Essa classificação é baseada na metodologia desenvolvida pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental – RS) e tem origem nos estudos de Perrit (1981, *apud* Martins, 2008).

A classificação fornece o potencial poluidor de acordo com parâmetros de poluição hídrica e atmosférica relativo às diferentes tipologias industriais do IBGE, além de considerar um terceiro elemento proposto pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental – RS), relativo aos resíduos sólidos. A associação a cada atividade econômica a um grau de potencial poluidor – alto, médio ou baixo – reflete o comportamento médio com relação ao risco de impactos adversos no meio ambiente. Além disso, a classificação não considera o tamanho da empresa nem o seu nível tecnológico.

O quadro 2 apresenta a composição industrial brasileira de acordo com o potencial poluidor.

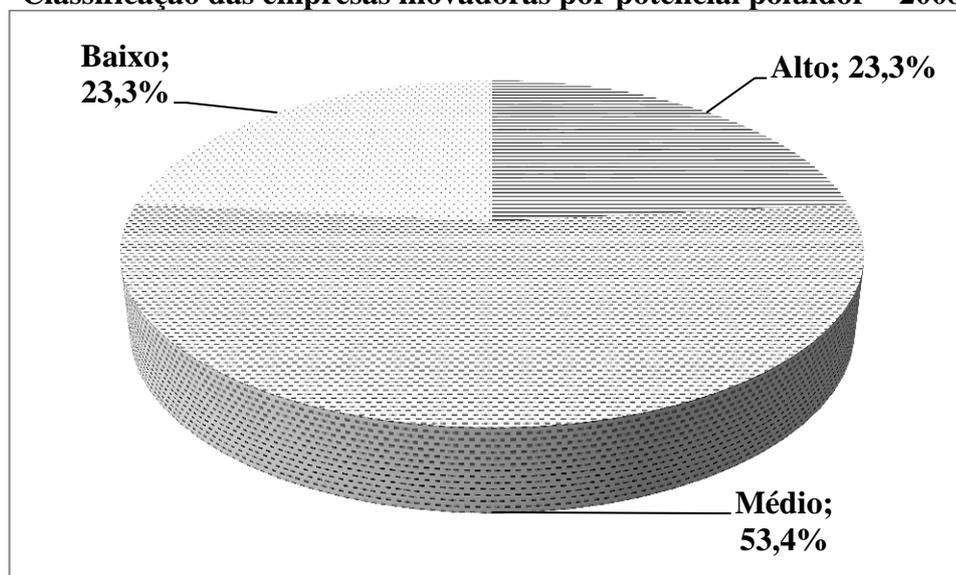
Quadro 2
Divisões e Agregações de grupos da CNAE de acordo com potencial poluidor

Divisões e agregações de grupos CNAE 1.0	Divisões e agregações de grupos CNAE 2.0	Setor	Potencial poluidor
10, 11, 13, 14	5, 6, 7, 8, 9	Indústrias extrativas	Alto
19	15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	
21	17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	
23	19	Fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool	
24	20 e 21	Fabricação de produtos químicos; farmoquímicos e farmacêuticos	
26	23	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	
27	24	Metalurgia básica	
15	10 e 11	Fabricação de produtos alimentícios e bebidas	Médio
17	13	Fabricação de produtos têxteis	
18	14	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	
28	25	Fabricação de produtos de metal	
29	28	Fabricação de máquinas e equipamentos	
34	29	Fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias	
35	30	Fabricação de outros equipamentos de transporte	Baixo
16	12	Fabricação de produtos de fumo	
20	16	Fabricação de produtos de madeira	
22	18	Edição, impressão, reprodução de gravuras	
25	22	Fabricação de artigos de borracha e plástico	
30	26.2	Fabricação máquinas para escritório e equipamentos de informática	
31	27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	
32	26.1; 26.3; 26.4; 26.5; 26.6; 26.7; 26.8	Fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações	
36	31 e 32	Fabricação de móveis e indústrias diversas	

2.1.4.2 As inovações sob a ótica do potencial poluidor: evidências da Pintec

Com relação à composição setorial das inovações, os dados da Pintec 2008 mostra que as atividades com potencial poluidor intermediário são as que mais inovam de forma geral. Dentre as empresas da indústria de transformação que fizeram algum tipo de inovação no período de 2006 a 2008, cerca de 54% exercem atividades de médio potencial poluidor. Das 46% demais empresas inovadoras, metade têm alto potencial poluidor e a outra metade, baixo potencial poluidor, como pode ser visto no gráfico 4.

Gráfico 4
Classificação das empresas inovadoras por potencial poluidor – 2008

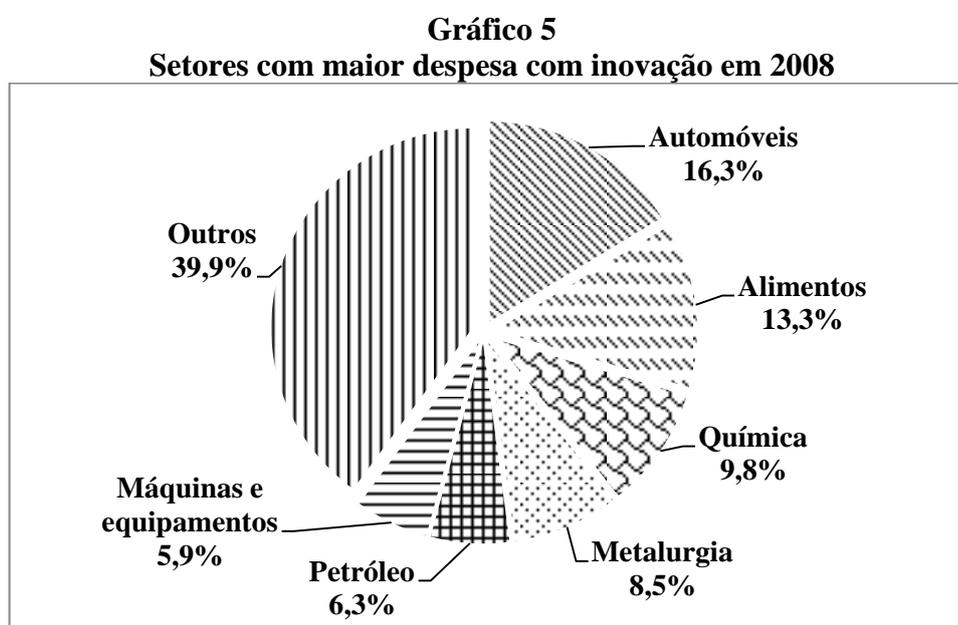


Fonte: PINTEC 2008 (IBGE). Elaboração própria.

O perfil das empresas inovadoras por potencial poluidor não se alterou de forma significativa desde a divulgação da primeira edição da Pintec. A composição das firmas inovadoras por potencial poluidor, no entanto, reflete a composição da amostra da pesquisa, formada majoritariamente por empresas com atividades de potencial poluidor classificado como médio.

Assim como a composição setorial das firmas inovadoras, os setores que têm mais gastos em inovações também se enquadram na categoria de médio potencial poluidor, como

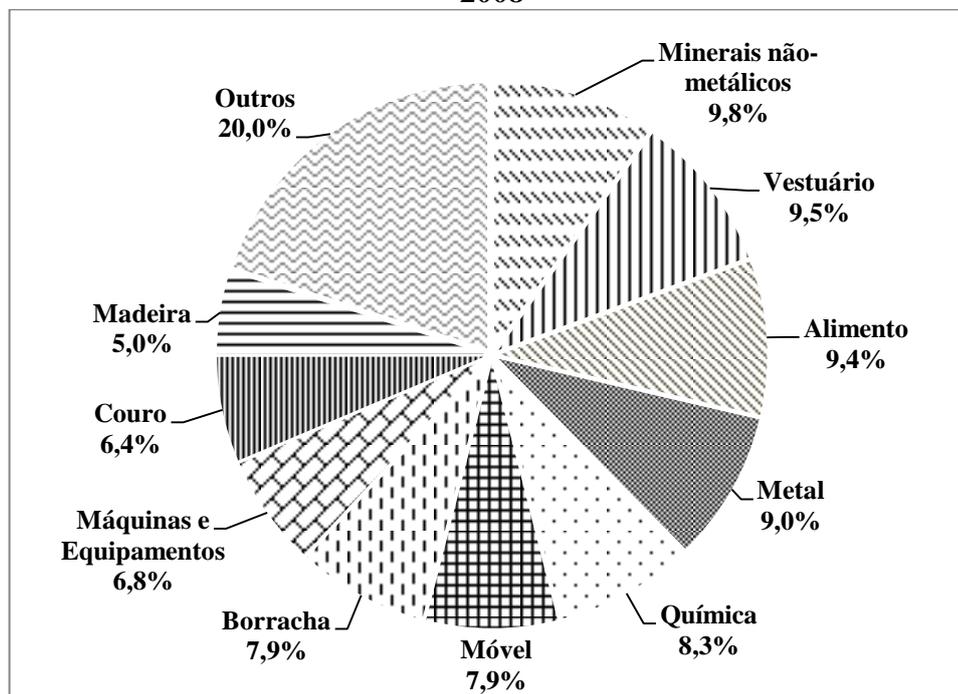
pode ser visto no gráfico 5. Fabricadoras e montadoras de automóveis, empresas do setor de alimentos e fabricantes de máquinas e equipamentos responderam, em conjunto, por mais de 35% das despesas com inovação dentre as investigadas na Pintec 2008. Já as atividades com alto potencial poluidor que mais tiveram despesas com inovação foram as indústrias química e farmacêutica, a indústria metalúrgica e as atividades de fabricação de coque e refino de petróleo/álcool. Juntas, essas três divisões da CNAE responderam por aproximadamente 25% das despesas com inovação dentre os setores considerados pela Pintec.



Fonte: PINTEC 2008 (IBGE). Elaboração própria.

Apesar de menos expressivos que as empresas que exercem atividades de médio potencial poluidor na análise geral das inovações, os setores com alto potencial poluidor se destacam quando observamos as inovações com impactos ambientais, como mostra o gráfico 6. Se analisarmos as firmas inovadoras que observaram redução do impacto no meio ambiente, 32% exercem atividades de alto potencial poluidor, com destaque para as atividades de fabricação de produtos de minerais não-metálicos (9,8%), fabricação de produtos químicos e farmacêuticos (8,3%) e preparação de couros (6,4%).

Gráfico 6
Setores que fizeram inovações que permitiram reduzir os impactos no meio ambiente – 2008



Fonte: PINTEC 2008 (IBGE). Elaboração própria.

Analisando as evidências da Pintec, portanto, podemos observar que o perfil setorial das empresas que fizeram inovações com impacto ambiental difere do perfil setorial daquelas que fizeram inovações de uma forma geral. Levando-se em conta a dinâmica industrial brasileira, poderíamos interpretar que as atividades industriais com maior potencial poluidor se destacam na adoção de inovações com impactos ambientais porque estão mais expostas a regulamentações e normas ambientais internacionais, por exemplo. De acordo com Barcellos, Oliveira e Carvalho (2009), nos últimos anos o mercado internacional passou a ser mais rigoroso com o cumprimento de normas ambientais pelas firmas exportadoras e, devido à composição da pauta de exportação do país¹², o comércio internacional pode ser considerado

¹²De acordo com a PIA-Empresa, entre os anos de 2002 e 2004, os segmentos industriais que apresentaram maior abertura comercial tinham a característica comum de serem intensivos em recursos naturais e/ou no consumo de energia e pertenciam às categorias referentes a fabricação de papel e celulose, minerais não metálicos, metalurgia e preparação de couro, além da indústria extrativa mineral – todas consideradas de alto potencial poluidor (Barcellos, Oliveira e Carvalho (2009).

um dos determinantes para o perfil setorial das inovações com impacto ambiental, sob a ótica do potencial poluidor.

No entanto, interpretar as regulamentações impostas pelo mercado internacional aos setores com maior potencial poluidor como único determinante para a adoção de inovações com impacto ambiental seria equivocado, pois estaríamos desconsiderando outros fatores que também são relevantes para essa tomada de decisão por parte das firmas inovadoras. Nota-se, inclusive, que as empresas que mais fizeram inovações com impacto ambiental não são apenas as que se enquadram nas categorias de alto ou médio potencial poluidor, mas também aquelas que exercem atividades de baixo potencial poluidor.

Além das especificidades setoriais, outros fatores, como aqueles derivados de pressões sociais, a preocupação da imagem corporativa associada à produção mais limpa e maior rigor com o cumprimento das normas ambientais domésticas, também devem contribuir para a decisão das firmas de fazer inovações com impactos ambientais. Além disso, é preciso considerar os determinantes das inovações no nível das firmas, uma vez que, mesmo pertencentes a um mesmo setor industrial e expostas às mesmas regulamentações, diferentes firmas podem tomar decisões distintas com relação à adoção de inovações ambientais.

Para compreender quais são os fatores que tem potencial de induzir as firmas da indústria de transformação brasileira a fazerem investimentos e inovações ambientais, portanto, apresentamos a seguir uma série de evidências empíricas e econométricas das inovações e investimentos ambientais no âmbito da indústria brasileira. A ideia dessa resenha é contextualizar os determinantes e as estratégias das firmas por trás das inovações ambientais no país e observar, dado o contexto da indústria brasileira, as possibilidades de obter vantagens competitivas através dessas inovações.

2.2 Determinantes da inovação ambiental na indústria brasileira: evidências empíricas

Os estudos empíricos sobre inovação e meio ambiente no Brasil apresentam diversas semelhanças. Diversos deles apontam a importância de fatores internos e externos às firmas na tomada de decisão com relação aos investimentos e inovações ambientais.

Dois trabalhos recentes discutiram amplamente esse tema utilizando dados das edições da Pintec de 2008 (Queiroz, 2011) e 2003 (Podcameni, 2007)¹³. Essas autoras, além de apresentarem as características das firmas que fizeram inovações ambientais nos períodos de abrangência das edições de 2003 e 2008 da Pintec, também desenvolveram modelos econométricos a fim de captar os fatores que induzem a adoção dessas inovações.

Ao estudar os determinantes das inovações ambientais com base na Pintec 2008, Queiroz (2011) desenvolveu um modelo econométrico e observou que grande parte dos fatores que influenciam a adoção de inovações ambientais por parte das firmas brasileiras são semelhantes àqueles que influenciam as inovações em geral. Esse resultado vai de acordo com a literatura de inovação ambiental e com os resultados empíricos obtidos pelos modelos econométricos desenvolvidos por Podcameni (2007).

Os resultados apresentados por Queiroz (2011) e Podcameni (2007) sugerem que as firmas inovadoras de maior porte e com capital de origem estrangeira estão mais propensas a fazer inovações com impactos ambientais do que aquelas que não apresentam essas características, tanto no período de 2001 a 2003 quanto no período de 2006 a 2008.

Ademais, as autoras notaram que não só as características das firmas contribuem de forma significativa para a adoção de inovações ambientais, como também os fatores

¹³Para maior detalhamento (como estatísticas descritivas e evolução) das características das firmas da indústria de transformação que fazem inovação ambiental no Brasil (utilizando dados da Pintec), sugere-se a leitura dos trabalhos de Queiroz (2011) e Podcameni (2007). A fim de evitar a replicação da discussão já apresentada nesses trabalhos, optou-se por discutir apenas os resultados econométricos obtidos por essas autoras nessa subseção.

estratégicos e cooperativos. Centros de pesquisa, universidades, governo e consultorias externas contribuem de forma relevante para o desenvolvimento e adoção de inovações ambientais, sobretudo através de atividades de P&D e de financiamento. Essas evidências corroboram a ideia de Sistemas de Inovação, de que o processo inovativo é um “fenômeno sistêmico e interativo, caracterizado por diferentes tipos de cooperação” (Cassiolo e Lastres, 2005).

Além dos fatores no nível da firma e das estratégias de cooperação, ambos os trabalhos também observaram que as regulamentações foram determinantes para a adoção das inovações ambientais pelas firmas contempladas na Pintec nas duas edições em questão, corroborando os estudos teóricos e empíricos sobre o tema, que relacionam as inovações ambientais às regulamentações. No entanto, nenhum dos dois trabalhos abordou a relação entre o potencial poluidor e as inovações ambientais.

Box 1¹⁴ – Determinantes da inovação ambiental: um teste econométrico com dados da Pintec 2008

A fim de observar a correlação entre o potencial poluidor e a adoção de inovações ambientais, replicamos o modelo probabilístico desenvolvido por Queiroz (2011), utilizando a mesma metodologia e as mesmas variáveis propostas por essa autora, porém incluímos uma variável binária para captar a categoria setorial com relação ao potencial poluidor. A variável *vermelho* se refere às firmas que se enquadram na categoria de alto potencial poluidor. A seguir, apresentamos o resultado desse teste.

¹⁴ A descrição e as estatísticas descritivas das variáveis podem ser vistas no Anexo IV. A metodologia adotada baseou-se na metodologia adotada por Queiroz (2011), a fim de comparar os resultados. Todas as variáveis foram extraídas do questionário da Pintec 2008. Foram atribuídos pesos amostrais na estimação do modelo.

Tabela B1

Estimação do modelo Probit de determinantes da Inovação AmbientalVariável dependente: *imp_ma*

Variáveis independentes	Efeito Marginal	
	Coefficiente	Desvio Padrão
ges_amb	0,2830	0,0739 ***
Reg	0,3397	0,0674 ***
Net	0,2426	0,0619 ***
Vermelho	0,2515	0,0943 ***
Media	-0,2318	0,0874 ***
Grande	-0,4012	0,1029 ***
tmRL	0,1299	0,0395 ***
ln_cpessoal	0,1645	0,0689 **
PeD	-0,1435	0,0992
ln_produtiv	-0,0616	0,0411
ln_coi	0,1058	0,0699
Log pseudolikelihood: -557,69	Pseudo-R ² :	27,41%
Obs: 1112	*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10	
Linktest		
<i>imp_ma_hat</i>	0,9141	0,1047 ***
<i>imp_ma_hatsq</i>	-0,0685	0,0587

Efeitos marginais calculados nas médias das variáveis independentes.

Elaboração própria com dados provenientes da Pintec 2008/IBGE.

O resultado da estimação do modelo Probit de determinantes da inovação ambiental apresenta semelhanças com o resultado obtido por outros trabalhos – sobretudo, por aqueles que utilizam dados da Pintec. Essa regressão, assim como as obtidas por Podcameni (2007) e Queiroz (2011), sugere que as regulamentações (*reg*), as redes de cooperação (*net*) e o tamanho da firma – medido através da receita líquida (*tmRL*), e não pelo número de pessoal ocupado – são capazes de influenciar positivamente as inovações ambientais. De acordo com a estimação, firmas inovadoras com maior receita líquida, e/ou sujeitas a algum tipo de regulamentação, e/ou envolvidas em arranjar cooperativos para desenvolver atividades de inovação apresentam maior probabilidade de adotar inovações com impactos ambientais que as demais firmas inovadoras.

As variáveis de gestão ambiental e custos com pessoal ocupado como proporção da receita líquida também apresentaram coeficientes positivos e significância estatística a 5% na regressão. As variáveis referentes ao número de pessoas ocupadas apresentaram coeficientes negativos e significância estatística a 1%. As demais variáveis apresentadas na tabela 1 não apresentaram significância estatística a 10% e, portanto, não é possível concluir sobre a relação direta entre elas e as inovações ambientais.

No entanto, o que é interessante notar nessa regressão é o coeficiente positivo, significativo a 1%, da variável *vermelho*, *dummy* que atribuir valor um se a firma se inclui na categoria de alto potencial poluidor e zero, caso contrário. De acordo com a estimação do modelo, firmas com alto potencial poluidor tem cerca de 25% a mais de chances de adotarem inovações ambientais. Esse resultado é relevante para complementar os estudos sobre determinantes das inovações ambientais na indústria brasileira e é convergente com as evidências empíricas observadas por Ferraz e Seroa da Motta (2001) e Barcellos, Oliveira e Carvalho (2009). Dessa forma, pode-se dizer que o potencial poluidor, assim como outros fatores, é um fator relevante para os estudos de inovação ambiental na indústria de transformação no Brasil.

Apesar de a principal referência para estudar a inovação no Brasil ser a Pintec, outros estudos sobre inovação ambiental no âmbito da indústria de transformação brasileira foram desenvolvidos nos últimos anos utilizando dados alternativos à essa pesquisa, como os de Young e Lustosa (2001), Ferraz e Seroa da Motta (2001), Lustosa (2002; 2011) e Barcellos, Oliveira e Carvalho (2009). É interessante notar, no entanto, que os resultados obtidos por esses autores são convergentes com os estudos que utilizam dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica.

Ferraz e Seroa da Motta (2001) definiram modelos econométricos para captar os determinantes dos investimentos ambientais por parte das firmas industriais de São Paulo, utilizando dados da PAEP. Os autores também encontraram evidências de que a idade e o tamanho da firma estão positivamente correlacionados com os investimentos ambientais. Além disso, os resultados desse estudo sugerem que firmas com alto grau de atividade de P&D tendem a fazer mais investimento ambiental que as demais. Essas evidências também podem ser vistas nos estudos de Lustosa (2002) e Young e Lustosa (2001) e são convergentes com os estudos que utilizam dados da Pintec.

Ferraz e Seroa da Motta (2001) observam, ainda, que firmas com origem estrangeira de capital, parcial ou total, e com atividade exportadora em algum grau tendem a fazer mais investimentos ambientais, *ceteris paribus*. Esse resultado de inserção internacional afetando os investimentos/ inovações ambientais, além dos estudos já mencionados de Queiroz (2011) e Podcameni (2007), também é observado por, Lustosa (2002), Barcellos, Oliveira e Carvalho (2009) e Young e Lustosa (2001).

Este último estudo, inclusive, também utiliza dados referentes à indústria de transformação paulista – PAEP, 1996 – e nota que as empresas com essas características – capital estrangeiro, parcial ou total, e perfil exportador – foram as que mais adotaram inovações ambientais naquele ano. Para Young e Lustosa, fatores importantes influenciam essa estratégia das empresas com essas características, tais como a imagem perante os clientes e a comunidade, a diferenciação de produto com relação aos concorrentes, a adaptação às exigências impostas pelos importadores de produtos brasileiros e o cumprimento das normas ambientais.

Além de Young e Lustosa (2001), Ferraz e Seroa da Motta (2001) e Barcellos, Oliveira e Carvalho (2009) também observaram a importância dada pelas firmas às regulamentações ambientais na decisão de fazer investimentos ambientais, uma vez que elas

afetam a dinâmica dos mercados em que as empresas estão inseridas. Em particular, esses dois estudos observam a relação entre as normas ambientais, o potencial poluidor e os investimentos ambientais: quanto maior o potencial poluidor da atividade exercida pela firma, maior a sua propensão em fazer esses tipos de investimentos. Para esses autores, essa correlação se deve, sobretudo, às regulações aos quais os setores mais poluentes estão expostos.

Em suma, de acordo com as evidências empíricas sobre inovação e investimento ambiental na indústria de transformação brasileira, pode-se dizer que as características das firmas, as redes de cooperação, as especificidades setoriais e as regulamentações são os fatores que mais se destacam nos estudos sobre o tema. No entanto, assim como sugere a literatura e estudos de casos internacionais, as inovações ambientais feitas por empresas brasileiras também podem estar relacionadas às suas estratégias competitivas.

2.3 Inovação ambiental e desempenho competitivo na indústria brasileira

A percepção de ganhos potenciais de competitividade nas inovações ambientais também é retratada em alguns estudos sobre a indústria brasileira. O impacto positivo das inovações ambientais, em geral, é observado devido às possibilidades de consumo e gestão mais eficientes de insumos, redução de custos e, conseqüentemente, aumento de produtividade e/ou competitividade.

Young e Lustosa (2001), por exemplo, observam que as empresas paulistas consideram a preservação ambiental um fator indutor de inovações. Segundo os autores, na década de 90 as empresas do Estado de São Paulo passaram de uma posição reativa, respeitando as normas sob pressão da fiscalização, para uma postura proativa, incorporando o meio ambiente às tomadas de decisão e antecipando suas estratégias face às regulamentações.

Similarmente, Lustosa (2011) analisou o contexto da inovação ambiental nas empresas brasileiras e observou que, a partir da década de 1990, algumas empresas passaram a perceber a preservação do meio ambiente como estratégia de negócio e adotaram práticas mais sustentáveis, mesmo sem incentivos fiscais ou regulação do Estado. Programas de redução de custos, como economia de energia, redução do consumo de água, redução de desperdícios e otimização de processos também tiveram impactos positivos no meio ambiente, mesmo que este não tenha sido o objetivo explícito das empresas. Essa análise mostra que, mesmo na ausência da pressão formal, a adoção de práticas ambientalmente sustentáveis são interessantes do ponto de vista estratégico da firma.

Análises mais recentes de tomadas de decisões de firmas no Brasil evidenciam a busca por um enquadramento ambiental como estratégia de negócio. De acordo com um levantamento feito pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (GVces), no ano de 2010, 77 empresas atuantes no país realizaram levantamento da emissão de gases de efeito estufa, de acordo com o critério do GHG Protocol – referência internacional que mapeia os tipos de gases, o volume e em que fase do processo foram emitidos (Barros, 2011). O número de inventários publicados no ano de 2009 era de 35, e em 2008, de 22. De acordo com especialistas, os inventários fazem parte da estratégia de negócio das empresas e garantem mais transparência. Além disso, acredita-se que mais prioridade está sendo dada aos levantamentos devido a motivos como: possibilidades de ganhos de competitividade, de abertura de novos mercados, de redução de custos com gestão energética; preparação para marcos regulatórios futuros, e necessidade de cumprir exigências de clientes dentro da cadeia produtiva e de filiais estrangeiras que já incorporam algum tipo de prática ambiental.

Com relação às evidências econométricas sobre os impactos das inovações ambientais no desempenho competitivo das firmas no Brasil, pouco foi feito até agora. A exceção é o estudo de Podcameni (2007), que já foi mencionado anteriormente: os modelos econométricos

desenvolvidos pela autora buscavam captar não só os fatores determinantes para a adoção de inovações ambientais por parte das empresas contempladas na Pintec 2003, mas também a importância dessas inovações para melhorar a *performance* competitiva das empresas inovadoras da indústria de transformação brasileira.

Para fazer tal análise, a autora desenvolveu modelos probabilísticos para captar a influência das inovações ambientais no desempenho competitivo das firmas da indústria de transformação brasileira utilizando diferentes *proxies* de “desempenho competitivo”, como redução de custos e melhora na qualidade do produto, por exemplo. Além disso, a autora construiu uma variável *proxy* de regulamentação ambiental, para verificar se as firmas que fizeram inovações ambientais como resposta a normas e regulamentações também tiveram melhor *performance* competitiva.

Os resultados apresentados por Podcameni (2007) evidenciam que as firmas que fizeram inovação ambiental estavam mais propensas a reduzir os custos de produção e apresentar melhorias na qualidade de seus produtos que as demais firmas inovadoras da indústria de transformação. Isso pode sugerir que as inovações ambientais não são apenas uma resposta a pressões externas às firmas, mas também uma estratégia competitiva de firmas buscando melhorar seu desempenho competitivo.

A autora também observou que as firmas que adotam inovações ambientais como forma de se adequar a regulamentações têm menos probabilidade de melhorar seu desempenho competitivo que as demais firmas inovadoras da indústria de transformação. Grosso modo, esse resultado sugere que nem sempre a hipótese de Porter pode ser verificada, ou seja, a adoção de inovações ambientais induzidas por normas e regulações nem sempre implicam em melhor desempenho competitivo pelas firmas. Assim como observa a literatura e como sugerem outros estudos de casos internacionais, a regulação é um fator importante para que a indústria caminhe para uma trajetória de menor degradação ambiental, mas não

pode ser considerada de forma isolada. Devem-se considerar também as estratégias e as características das firmas que estão sujeitas a essas regulamentações.

Em resumo, apesar de haver poucas evidências empíricas para a indústria brasileira, pode-se dizer que a decisão das firmas de fazerem investimentos e adotarem inovações capazes de reduzir o impacto ambiental é complexa e vai além dos fatores institucionais e das características das empresas. Assim como pode ser verificado em estudos de casos internacionais, os investimentos e inovações ambientais no Brasil estão cada vez mais em evidência nas estratégias competitivas das empresas, o que mostra uma mudança de percepção das questões ambientais pelas firmas brasileiras ao longo dos últimos anos.

2.4 Conclusões

O presente capítulo apresentou o perfil das inovações em geral e aquelas com impacto ambiental no Brasil. Além disso, observou, com base nas informações da Pintec, que as inovações com impacto ambiental apresentam perfil setorial diferente daquelas que fizeram inovações de uma forma geral.

A respeito dos fatores relacionados à adoção de inovações ambientais, a revisão da literatura e as evidências empíricas mostram que as inovações ambientais, assim como outros tipos de inovação, são determinadas por diversos fatores que não só a regulamentação. Em geral, as inovações ambientais decorrem da percepção dos agentes de algum tipo de pressão – formal ou informal – e, muitas vezes, da percepção de ganhos potenciais em redução de custos e aumento de produtividade.

Apesar de haver poucos estudos para a indústria brasileira sobre a relação entre os investimentos e inovações ambientais e o desempenho competitivo das firmas, nota-se que as empresas brasileiras estão começando a perceber o meio ambiente como uma oportunidade de

negócio. A fim de contribuir com esses estudos e de dar continuidade ao estudo econométrico desenvolvido por Podcameni (2007), será feito um exercício semelhante neste trabalho, utilizando dados da Pintec e da PIA. O objetivo é observar qual é a influência das chamadas inovações ambientais no desempenho econômico das firmas e se elas são consistentes ao mudarmos o período de análise e a forma de usar os dados. O capítulo a seguir será dedicado a esse estudo empírico.

CAPÍTULO 3 – INOVAÇÃO AMBIENTAL E DESEMPENHO COMPETITIVO: EVIDÊNCIAS ECONÔMETRICAS DAS FIRMAS DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO BRASILEIRA

Este capítulo tem como objetivo analisar as relações entre meio ambiente, inovações e desempenho econômico das empresas brasileiras através de evidências econométricas. Pode uma firma obter vantagens competitivas ao adotar inovações que reduzem o impacto ambiental ou através de melhor gestão ambiental? A fim de testar a hipótese de que as inovações ambientais podem ter impactos positivos sobre o desempenho econômico das firmas brasileiras e de reproduzir estudos de casos nacionais e internacionais, desenvolvemos modelos econométricos que utilizam microdados da indústria de transformação brasileira e que têm como variáveis dependentes indicadores de desempenho competitivo.

A análise se restringe às firmas inovadoras da indústria de transformação, pois esta é composta pelas atividades com maior potencial poluidor na estrutura produtiva do país, além de facilitar a comparação com outros estudos empíricos sobre inovação ambiental desenvolvidos no Brasil.

Esse capítulo será dividido em três partes: primeiramente, introduzimos a metodologia adotada para a construção dos modelos e das variáveis e para a escolha dos métodos de estimação. Em seguida, apresentamos os resultados e a interpretação das regressões. Por fim, apresentamos as conclusões do capítulo.

3.1 Metodologia

Devido ao fato de que poucos estudos econométricos se dedicam ao tema e às dificuldades em gerar variáveis *proxy* para inovação ambiental no Brasil, utilizou-se

metodologia semelhante à desenvolvida por Podcameni (2007). Neste trabalho, a autora, a fim de estudar os impactos das inovações ambientais sobre o desempenho competitivo das firmas, desenvolveu modelos do tipo Probit – modelos de escolha binária – utilizando variáveis qualitativas da Pintec 2003 para construir *proxies* de desempenho competitivo e de inovação ambiental, além das demais variáveis independentes. A metodologia utilizada neste trabalho é semelhante, porém com alguns ajustes.

Para a elaboração deste capítulo, foram usados microdados provenientes da PINTEC 2008, além de microdados auxiliares provenientes da Pesquisa Industrial Anual – PIA – de 2008. O programa utilizado para gerar as estatísticas descritivas e as regressões de interesse aqui apresentadas foi o Stata. Por fim, cabe mencionar que o conjunto de dados gerado é de corte transversal, uma vez que utilizamos informações de várias empresas em um único período de tempo.

3.1.1 A base de dados

A base de dados utilizada para a estimação dos modelos econométricos nesse capítulo é composta, sobretudo, por microdados derivados da Pintec. Com relação à construção das variáveis, a Pintec apresenta variáveis qualitativas e quantitativas. Deve-se atentar ao fato de que as variáveis qualitativas, entendidas como aquelas que não envolvem registro de valor, referem-se ao período de três anos da pesquisa. Já as variáveis quantitativas se referem ao último ano do período de referência da pesquisa.

Além das variáveis provenientes do seu questionário, a base de dados Pintec também conta com variáveis derivadas da PIA, que também foram utilizadas neste trabalho. A PIA disponibiliza uma série de informações úteis sobre a indústria de transformação para a construção de variáveis auxiliares quantitativas. Como nem todas as informações de interesse

da PIA estavam disponíveis na base de dados da Pintec 2008, utilizou-se também a própria base de dados da PIA, referente ao ano de 2008.

Com relação ao universo da base de dados, cabe considerar que as informações derivadas da PIA são de caráter auxiliar e, dessa forma, os pesos amostrais considerados na base de dados formada neste trabalho são os da própria Pintec.

3.1.2 Identificação dos modelos econométricos

Para fazer a análise econométrica da relação entre as inovações ambientais e o desempenho competitivo das firmas, desenvolvemos cinco modelos que pretendem captar de formas distintas o conceito de “desempenho competitivo”. Apesar de reconhecermos que há diversos indicadores que podem captar esse conceito, nos restringimos às informações obtidas na Pintec e construímos variáveis dependentes baseadas nas seguintes perguntas extraídas do questionário de 2008:

Indique a importância dos impactos das inovações de produto (bem ou serviço) e processo, implementadas durante o período entre 2006 e 2008:

- ***Mercado***

95 - Permitiu manter a participação da empresa no mercado

96 - Ampliou a participação da empresa no mercado

97 - Permitiu abrir novos mercados

- ***Processo***

100 - Reduziu os custos de produção ou dos serviços prestados

- ***Produto***

93 - Melhorou a qualidade dos bens ou serviços

Ou seja, nesse capítulo, utilizaremos como *proxy* de desempenho competitivo (a) a participação da empresa no mercado (*market-share*); (b) a abertura para novos mercados; (c) os custos de produção, e (d) a qualidade dos produtos¹⁵.

Todos os modelos desenvolvidos consideram as variáveis ambientais (*Amb*) e outras variáveis independentes como: características das firmas (*C*), esforços inovativos (*I*), potencial poluidor (*PP*), regulamentações e normas (*Reg*) e outras variáveis com potencial de influenciar o desempenho competitivo das firmas (*Z*), além do termo de erro idiossincrático, ε_i . A seguir, apresentamos os cinco modelos propostos.

a) *Market-share*

O desempenho competitivo da firma pode ser captado de diversas formas. Uma das possibilidades é analisar o desempenho sob a ótica do *market-share*. Segundo Ferraz *et al.* (1996), observar o desempenho competitivo é uma forma de observar a competitividade da empresa – a chamada competitividade revelada. De acordo com esses autores, a “competitividade é, de alguma forma, expressa na participação de mercado, alcançada por uma firma em um mercado em um certo momento do tempo”.

Assim, as equações (1) a (2) buscam captar o efeito das inovações ambientais (*Amb*) no desempenho competitivo das firmas sob a perspectiva do *market-share*. Foi possível considerar duas equações distintas, uma vez que a Pintec 2008 observa o impacto das inovações sobre a *manutenção* e a *ampliação* da participação das empresas no mercado no período de abrangência.

¹⁵ Esse trabalho reconhece que o “desempenho competitivo” não se resume a essas *proxies*. Além das cinco variáveis geradas para captar esse indicador, desenvolvemos modelos que consideraram outras *proxies*: a produtividade, o valor das exportações e o percentual nas exportações dos produtos que sofreram inovação – variáveis essas derivadas da PIA, da SECEX e da Pintec, respectivamente. No entanto, os modelos apresentaram erros de especificação e/ou não apresentaram significância estatística para as variáveis relevantes. Por esse motivo e por uma questão de tempo, optou-se por omitir esses resultados nesse trabalho. Todavia, sugere-se que trabalhos futuros considerem *proxies* alternativas às apresentadas aqui para observar a relação entre o desempenho competitivo e as inovações ambientais.

$$1 \text{ Mercado}_{\text{Manutenção}_i} = \alpha_i + \beta_i C_i + \gamma_i I_i + \delta_i PP_i + \zeta_i \text{Amb}_i + \eta \text{Reg}_i + \theta_i Z_i + \varepsilon_i$$

$$2 \text{ Mercado}_{\text{Ampliação}_i} = \alpha_i + \beta_i C_i + \gamma_i I_i + \delta_i PP_i + \zeta_i \text{Amb}_i + \eta \text{Reg}_i + \theta_i Z_i + \varepsilon_i$$

b) Abertura para novos mercados

Ainda considerando as mudanças no mercado, a Pintec 2008 também observa se as inovações adotadas no período de 2006 a 2008 permitiram a abertura para novos mercados. Dessa forma, a equação (3) pretende captar a relação entre as inovações ambientais e a possibilidade das firmas de expandirem seus negócios para novos mercados.

$$3 \text{ Mercado}_{\text{Abertura}_i} = \alpha_i + \beta_i C_i + \gamma_i I_i + \delta_i PP_i + \zeta_i \text{Amb}_i + \eta \text{Reg}_i + \theta_i Z_i + \varepsilon_i$$

c) Custos de produção

Outra forma de observar a *performance* econômica é através da análise dos custos das empresas. Com base na pergunta extraída do questionário da Pintec sobre a importância das inovações para a redução dos custos de produção, desenvolvemos a equação (4):

$$4 \text{ Custos}_{\text{produção}_i} = \alpha_i + \beta_i C_i + \gamma_i I_i + \delta_i PP_i + \zeta_i \text{Amb}_i + \eta \text{Reg}_i + \theta_i Z_i + \varepsilon_i$$

Ou seja, essa equação pretende observar os impactos das inovações ambientais nos custos de produção das firmas inovadoras.

d) Qualidade do produto

Por fim, construímos uma equação que tem como *proxy* de desempenho competitivo a qualidade do produto ofertado pela firma.

$$5 \text{ Qualidade}_i = \alpha_i + \beta_i C_i + \gamma_i I_i + \delta_i PP_i + \zeta_i Amb_i + \eta Reg_i + \theta_i Z_i + \varepsilon_i$$

De acordo com Ferraz *et al.* (1996), considerando o conceito de competitividade revelada, “a competitividade é uma variável *ex-post* que sintetiza os fatores preço e não preço”, e os últimos incluem “qualidade de produtos e de fabricação e outros similares, a habilidade de servir ao mercado e a capacidade de diferenciação de produtos, fatores esses parcial ou totalmente subjetivos”. Dessa forma, identificamos um modelo econométrico com a variável de qualidade do produto como dependente.

A maneira como as variáveis dependentes e independentes foram construídas é descrita a seguir.

3.1.3 Variáveis dependentes

As variáveis de interesse das equações de (1) a (5) são qualitativas e suas respostas são do tipo ordenado, apresentando valores discretos de 0 a 3, onde 0 representa “irrelevância” e 3 “alta importância” do efeito em questão. A tabela abaixo mostra as perguntas extraídas do questionário da Pintec 2008 que originaram as variáveis dependentes e suas possíveis respostas.

Tabela 1 – Construção e valores das variáveis dependentes

Impactos	Importância			
	Não relevante	Alta	Média	Baixa
Permitiu manter a participação da empresa no mercado	0	1	2	3
Ampliou a participação da empresa no mercado	0	1	2	3
Permitiu abrir novos mercados	0	1	2	3
Reduziu os custos de produção ou dos serviços prestados	0	1	2	3
Melhorou a qualidade dos bens ou serviços	0	1	2	3

Fonte: Pintec 2008.

3.1.4 Variáveis independentes

Com relação à construção das variáveis ambientais e demais variáveis independentes, o critério adotado para suas escolhas considerou os estudos teóricos e empíricos sobre inovação ambiental e os impactos no desempenho competitivo das firmas. Além disso, as limitações da base de dados foram levadas em conta, buscando *proxies* para o desenvolvimento das variáveis relevantes para os modelos.

A fim de construir variáveis que representassem o conceito de inovação ambiental, optou-se por seguir a metodologia adotada por Podcameni (2007) e Queiroz (2011), com adaptações. Dessa forma, foram consideradas cinco perguntas derivadas do questionário da Pintec 2008 para a construção das *proxies* de inovação ambiental, a saber:

“Indique a importância dos impactos das inovações de produto (bem ou serviço) e processo, implementadas durante o período entre 2006 e 2008:

- **Processo**

102 - Reduziu o consumo de matérias-primas

103 - Reduziu o consumo de energia

104 - Reduziu o consumo de água

- ***Outros impactos***

105 - Permitiu reduzir o impacto sobre o meio ambiente”

e

“Durante o período entre 2006 e 2008, a empresa implementou alguma das atividades relacionadas a seguir?

189 - Novas técnicas de gestão ambiental para tratamento de efluentes, redução de resíduos, de CO₂, etc.”

As cinco variáveis geradas são de resposta binária e atribuem valor *um* se a firma atribuiu alta ou média importância para os impactos em questão, e *zero*, se a firma atribuiu importância baixa ou irrelevante para esses impactos, exceto a variável sobre gestão ambiental, cujos valores *um* e *zero* correspondem a respostas *sim* e *não*, respectivamente.

Nota-se que, apesar das perguntas sobre os impactos no consumo de água, energia e matéria-prima e sobre a adoção de práticas de gestão ambiental captarem de forma indireta os efeitos das inovações no meio ambiente, a pergunta sobre a *importância das inovações para reduzir o impacto sobre o meio ambiente (imp_ma)* representa um avanço da Pintec 2008, pois ela permite observar a percepção dos agentes com relação aos impactos ambientais de suas atividades. Apesar de não captar as motivações das firmas com relação aos impactos ambientais, mas sim de apresentar caráter *ex-post*, essa variável é a que mais se aproxima do conceito de *inovação ambiental* dentre as pesquisas industriais disponíveis no Brasil e, por isso, será considerada a variável de inovação ambiental propriamente dita. Ademais, essa metodologia permite comparação com outros trabalhos dedicados ao tema. Por isso, será dado maior destaque a esta variável nos modelos desenvolvidos neste capítulo.

Além das variáveis utilizadas como *proxies* de inovação ambiental, foram incluídas variáveis de regulamentação, importante nos estudos que relacionam inovação, meio ambiente

e desempenho competitivo. Além da pergunta sobre regulamentação no questionário da Pintec (“*Importância das inovações para o enquadramento em regulações e normas padrão relativas ao mercado interno ou externo*”), resultando na variável binária *Reg*, construímos uma *dummy* resultante do produto entre as variáveis *imp_ma* e *Reg*, *ia_reg*, utilizada como *proxy* das inovações ambientais impulsionadas pelas regulações. Essa variável também foi utilizada por Podcameni (2007) e optou-se por incluí-la nos modelos pois ela permite observar se a Hipótese de Porter se aplica à indústria de transformação brasileira, ou seja, se regulamentações são capazes de induzir a inovação ambiental e, conseqüentemente, afetar de forma positiva o desempenho competitivo das firmas. As limitações dessa *proxy* são reconhecidas neste trabalho – não é possível saber ao certo se o produto das duas primeiras variáveis capta a adoção de normas e regulações ambientais; normalmente, a resposta das regulações ambientais sobre as inovações ambientais são defasadas – porém sua construção é a que mais se aproxima do efeito que tentamos captar, dadas as pesquisas e informações disponíveis sobre inovação na indústria de transformação no Brasil.

No capítulo anterior, vimos que firmas inovadoras da indústria de transformação com maior potencial poluidor também têm maior probabilidade de fazer inovações ambientais. Para observar a importância do potencial poluidor no desempenho competitivo das firmas, também consideramos *dummies* que categorizam o potencial poluidor das firmas em baixo, médio e alto (*PP*).

Também foram consideradas variáveis de controle, como características da firma, e outras variáveis com potencial para influenciar o desempenho competitivo das firmas. Cabe frisar que as variáveis são, em sua maioria, qualitativas, devido à metodologia adotada no questionário da Pintec e, por isso, apresentam respostas binárias (*C*, *I*, *PP*, *Reg*). Exceções cabem às variáveis de medidas percentuais e de valores monetários (*Z*).

As variáveis independentes selecionadas são, portanto, as listadas a seguir:

- (i) Variáveis ambientais (Amb) – importância da inovação para: reduzir o impacto no meio ambiente, reduzir o consumo de água, reduzir o consumo de matéria-prima, reduzir o consumo de energia; adoção de práticas de gestão ambiental;
- (ii) Características das empresas (C) – origem do capital controlador, principal mercado, tamanho, pessoal ocupado;
- (iii) Esforços inovativos (I) – importância do governo para o desenvolvimento de atividades inovativas, importância das redes de cooperação para o desenvolvimento de atividades inovativas, importância das atividades internas de P&D, percentual dos gastos em P&D;
- (iv) Potencial poluidor (PP) – verde (baixo PP), marrom (médio PP), vermelho (alto PP);
- (v) Regulamentação (Reg) – adoção de inovação para o cumprimento de normas e regulamentações; adoção de inovação para o cumprimento de normas e regulamentações ambientais¹⁶;
- (vi) Demais variáveis¹⁷ (Z) – produtividade do trabalho, custo da operação industrial (COI), custo com pessoal, custos e despesas totais, gastos com matéria-prima, gastos com energia.

No Anexo IV, os quadros A2 e A3, apresentam a descrição das variáveis dependentes e independentes, respectivamente. Já as tabelas A2 e A3 apresentam as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nos modelos.

¹⁶Esta variável foi construída com base na metodologia adotada por Podcameni (2007).

¹⁷Estas variáveis derivam da PIA e são construídas como percentual da receita líquida, exceto “gastos com energia” – construída como percentual do VTI – e “produtividade do trabalho” – construída como VTI/(pessoal ocupado). As variáveis também foram construídas na forma de logaritmo natural.

3.1.5 Método de estimação

Neste trabalho, utilizou-se o método de Probit ordenado, considerado uma ferramenta apropriada para modelar fenômenos que tenham variáveis dependentes qualitativas e discretas. Diferentemente da metodologia adotada por Queiroz (2011) e Podcameni (2007), neste trabalho optou-se pelo uso do método ordenado em detrimento do método Probit simples para analisar os modelos que têm variáveis dependentes qualitativas provenientes da Pintec. Ao contrário do Probit simples, que é um modelo binomial, o Probit ordenado é um modelo multinomial e sua variável dependente assume valores que estabelecem o ordenamento dos dados. Dessa forma, a escolha do método ordenado preserva observações que seriam perdidas caso fizéssemos uso de variáveis binárias com cortes arbitrários.

3.2 Análise dos resultados

As regressões estimadas por Probit ordenado são expostas a seguir. Para melhor ajustar as regressões, optou-se por usar o comando do Stata que considera as variáveis relevantes, em conjunto, e descarta variáveis irrelevantes para a regressão em questão. Dessa forma, as variáveis independentes consideradas nas onze diferentes regressões não são as mesmas. Além disso, as variáveis que apresentam p-valor inferior a 20% em cada regressão foram omitidas da apresentação dos resultados. Todos os resultados expostos a seguir atendem ao critério de especificação, cujo teste utilizado foi o *link test*¹⁸.

Apesar de serem consistentes com a literatura apresentada neste trabalho, os dados e os resultados expostos neste capítulo têm algumas limitações. Primeiramente, deve-se atentar para a metodologia da Pintec, cujo questionário que resulta nos dados é, em sua grande parte,

¹⁸ Para detalhes sobre o *link test* e as motivações para o seu uso, consultar o manual do Stata.

qualitativo. Devido a essa metodologia, as variáveis relevantes para elaboração das equações consideradas neste capítulo são, sobretudo, qualitativas de respostas ordenadas ou binárias, o que pode dificultar a interpretação dos resultados.

Além disso, a mudança de metodologia para a construção de algumas variáveis – principalmente as variáveis de inovação ambiental e gestão ambiental – entre a edição de 2008 e as edições anteriores da Pintec dificulta a construção de modelos que visam a captar a evolução no tempo dos impactos das inovações ambientais. Essa mudança também faz com que a comparação com outros estudos econométricos que utilizam as edições anteriores da Pesquisa seja feita com cautela e ressalvas.

Por fim, observa-se que o pseudo- R^2 – que mede quanto as variáveis independentes explicam a variável dependente – das equações estimadas são relativamente baixos – todos menores que 20% – o que provavelmente resulta das limitações da base de dados.

3.2.1 *Market-share*

As duas regressões que buscam captar os efeitos das inovações ambientais no *market-share* das empresas consideram as mesmas variáveis independentes e, nos três casos, a variável de inovação ambiental, *imp_ma*, apresenta coeficiente positivo e significância estatística a 5%.

a) Manutenção do *market-share*

Impacto da Inovação na Manutenção da Participação no Mercado

Tabela 2 - Estimação da equação (1) via Probit ordenado

Variável dependente: <i>merc_manut</i>																
Variáveis independentes	Coeficiente	dp	P>z	Efeitos marginais												
				y = Pr(<i>merc_manut</i> ==0)			y = Pr(<i>merc_manut</i> ==1)			y = Pr(<i>merc_manut</i> ==2)			y = Pr(<i>merc_manut</i> ==3)			
				dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z	
<i>imp_mp</i>	0,3563	0,2033	*	-0,0410	0,0204	**	-0,0147	0,0089	*	-0,0669	0,0410		0,1226	0,0658	*	
<i>grande</i>	0,3028	0,2340		-0,0329	0,0174	*	-0,0121	0,0092		-0,0572	0,0471		0,1023	0,0711		
<i>imp_ag</i>	-0,4692	0,2394	**	0,0735	0,0533		0,0219	0,0120	*	0,0805	0,0346	**	-0,1759	0,0934	*	
<i>imp_ma</i>	0,8247	0,1872	***	-0,1055	0,0422	**	-0,0345	0,0110	***	-0,1459	0,0325	***	0,2859	0,0659	***	
<i>tmPO</i>	-0,1094	0,0788		0,0140	0,0083	*	0,0048	0,0038		0,0204	0,0161		-0,0392	0,0273		
<i>reg</i>	0,3441	0,2054	*	-0,0473	0,0329		-0,0154	0,0107		-0,0625	0,0365	*	0,1252	0,0760	*	
<i>gov</i>	-0,2733	0,2078		0,0372	0,0310		0,0122	0,0098		0,0500	0,0383		-0,0994	0,0764		
<i>k_est</i>	0,2032	0,1027	**	-0,0230	0,0118	*	-0,0083	0,0047	*	-0,0385	0,0204	**	0,0698	0,0340	**	
<i>k_misto</i>	0,2681	0,1832		-0,0282	0,0179		-0,0106	0,0070		-0,0508	0,0352		0,0896	0,0571		
<i>gasto_PeD</i>	-0,5388	0,1748	***	0,0691	0,0203	***	0,0236	0,0105	**	0,1005	0,0411	**	-0,1931	0,0608	***	
<i>ln_gasto_PeD</i>	0,1165	0,0539	**	-0,0149	0,0061	**	-0,0051	0,0030	*	-0,0217	0,0115	*	0,0418	0,0189	**	
Obs: 1529	Pseudo R ² = 9,58%			Log pseudolikelihood = -3856.15							*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10					
Linktest	<i>merc_manut_hat</i>		1,0761	0,1981	***											
	<i>merc_manut_hatsq</i>		0,0786	0,1585												

Obs: dy/dx é para mudança discreta na variável dummy de 0 a 1. Efeitos marginais calculados nas médias das variáveis independentes.

Fonte: IBGE. Elaboração própria.

O resultado da regressão da equação (1), que tem como variável dependente a importância das inovações para a manutenção do posicionamento de mercado das empresas, pode ser visto na tabela 2. O coeficiente da variável *imp_ma* é positivo e estatisticamente significativo ao nível de 1%. Dessa forma, pode-se dizer que as firmas que fizeram inovação ambiental apresentam maior probabilidade de manter o seu posicionamento no mercado no qual estão inseridas do que as demais firmas inovadoras. Considerando os efeitos marginais da variável de inovação ambiental, firmas que fizeram inovação ambiental tem cerca de 10% a menos de chance de considerar irrelevante o impacto das inovações no seu posicionamento de mercado e cerca de 28% a mais de considerar alta relevância.

Além das inovações ambientais, as variáveis que captam os impactos das inovações no consumo de matéria-prima (*imp_mp*), as regulamentações (*reg*), a origem do capital (*k_est*) e os gastos em P&D (*ln_gasto_PeD*) também apresentam coeficientes positivos e estatisticamente significativos a 10%, ou seja, essas variáveis parecem afetar diretamente a manutenção do posicionamento de mercado das empresas inovadoras. Esses resultados estão de acordo com a literatura e com as evidências empíricas captadas em outros trabalhos. Já a variável de impacto das inovações no consumo de água (*imp_ag*) apresenta coeficiente negativo com p-valor de 5%, ou seja, empresas inovadoras que reduziram seu consumo de água decorrente das inovações têm menos chances de manter seu posicionamento no mercado que as demais.

As demais variáveis independentes da regressão não apresentam significância estatística no nível de 10% e, por isso, não é possível afirmar qual é a relação linear entre elas e a variável dependente.

b) Ampliação do *market-share*

Impacto da Inovação na Ampliação da Participação no Mercado

Tabela 3 - Estimação da equação (2) via Probit ordenado

Variável dependente: <i>merc_ampl</i>															
Variáveis independentes	Coeficiente	dp	P>z	Efeitos marginais											
				y = Pr(merc_manut==0)			y = Pr(merc_manut==1)			y = Pr(merc_manut==2)			y = Pr(merc_manut==3)		
				dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z
imp_ma	0,6495	0,2235	***	-0,1025	0,0402	**	-0,0586	0,0227	***	-0,0935	0,0370	**	0,2546	0,0846	***
reg	0,5820	0,2272	***	-0,1033	0,0416	**	-0,0538	0,0255	**	-0,0706	0,0312	**	0,2277	0,0860	***
gasto_PeD	-0,3415	0,1682	**	0,0546	0,0224	**	0,0319	0,0187	*	0,0497	0,0309		-0,1362	0,0672	**
ln_gasto_PeD	0,0863	0,0537	*	-0,0138	0,0089	**	-0,0081	0,0052	*	-0,0126	0,0085		0,0344	0,0214	**
Obs: 1529	Pseudo R ² = 7,04%			Log pseudolikelihood = -4869.34						*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10					
Linktest	<i>merc_ampl_hat</i>		0,8493	0,2546		***									
	<i>merc_ampl_hatsq</i>		-0,2804	0,2973											

Obs: dy/dx é para mudança discreta na variável dummy de 0 a 1. Efeitos marginais calculados nas médias das variáveis independentes.

Fonte: IBGE. Elaboração própria.

A estimação da equação (2), referente aos impactos da inovação na ampliação do *market-share* das firmas, pode ser vista na tabela 3. As variáveis que parecem contribuir para a ampliação da participação no mercado das firmas são as referentes à inovação ambiental (*imp_ma*), regulamentação (*reg*) e gastos em P&D (*ln_gasto_PeD*) – todas apresentam significância estatística ao nível de 10%. Assim como observado na regressão da equação (1), as inovações ambientais parecem contribuir de forma positiva para a ampliação do *market-share* das firmas. As firmas que adotaram inovações que permitiram reduzir os impactos no meio ambiente têm cerca de 25% a mais de probabilidade de considerar alta importância das inovações para a ampliação na sua participação de mercado que as demais firmas inovadoras.

As variáveis de regulamentação e de gastos em P&D também apresentam coeficientes positivos, isto é, o cumprimento de normas e regulamentações e o percentual dos gastos em P&D contribuem diretamente com a probabilidade de ampliação da participação no mercado.

3.2.2 Abertura para novos mercados

A tabela 4 apresenta os resultados da estimação da equação (3). Assim como observado nas estimações das equações (1) e (2), a variável de inovação ambiental, *imp_ma*, também apresenta coeficiente positivo e significância estatística no nível de 5% na estimação da equação (3), cuja variável de interesse é a abertura para novos mercados, como pode ser visto na tabela 4. Considerando os efeitos marginais das inovações ambientais na abertura para novos mercados, as firmas inovadoras que observaram redução dos impactos ambientais têm cerca de 19% a mais de probabilidade de expandir seus negócios para outros mercados do que as demais.

Impacto da Inovação na Abertura Para Novos Mercados

Tabela 4 - Estimação da equação (3) via Probit ordenado

Variável dependente: <i>merc_abert</i>																	
Variáveis independentes	Coeficiente	dp	P>z	Efeitos marginais													
				y = Pr(merc_manut==0)			y = Pr(merc_manut==1)			y = Pr(merc_manut==2)			y = Pr(merc_manut==3)				
				dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z		
<i>imp_en</i>	0,4679	0,2180	**	-0,1187	0,0563	**	-0,0308	0,0153	**	-0,0333	0,0196	*	0,1828	0,0841	**		
<i>imp_ma</i>	0,4911	0,1953	**	-0,1300	0,0534	**	-0,0315	0,0138	**	-0,0287	0,0168	*	0,1901	0,0744	***		
<i>reg</i>	0,4945	0,2459	**	-0,1397	0,0702	**	-0,0301	0,0162	*	-0,0182	0,0144		0,1880	0,0913	**		
<i>k_est</i>	-0,3376	0,1374	**	0,1014	0,0472	**	0,0194	0,0080	**	0,0052	0,0098		-0,1259	0,0480	***		
<i>k_misto</i>	-0,2331	0,1816		0,0687	0,0582		0,0138	0,0101		0,0053	0,0063		-0,0879	0,0659			
<i>PeD</i>	0,4193	0,2442	*	-0,0974	0,0503	*	-0,0286	0,0176		-0,0397	0,0326		0,1657	0,0961	*		
<i>gasto_PeD</i>	-0,3849	0,1724	**	0,1034	0,0420	**	0,0251	0,0148	*	0,0215	0,0167		-0,1500	0,0686	**		
<i>ln_gasto_PeD</i>	0,1594	0,0575	***	-0,0428	0,0163	***	-0,0104	0,0045	**	-0,0089	0,0052	*	0,0621	0,0225	***		
<i>tmPO</i>	0,2477	0,1321	*	-0,0666	0,0382	*	-0,0161	0,0087	*	-0,0138	0,0085		0,0965	0,0512	**		
<i>gov</i>	-0,5581	0,1801	***	0,1593	0,0574	***	0,0333	0,0118	***	0,0181	0,0142		-0,2108	0,0649	***		
Obs: 1529	Pseudo R ² = 8,02%			Log pseudolikelihood = -5180.48								*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10					
Linktest	<i>merc_abert_hat</i>		1,0856	0,2419		***											
	<i>merc_abert_hatsq</i>		-0,0991	0,1888													

Obs: dy/dx é para mudança discreta na variável dummy de 0 a 1. Efeitos marginais calculados nas médias das variáveis independentes.

Fonte: IBGE. Elaboração própria.

Além da variável de inovação ambiental, a variável referente aos impactos das inovações nos gastos com energia, *imp_en*, também apresenta coeficiente positivo e estatisticamente significativo no nível de 5%, ou seja, dentre as empresas inovadoras, aquelas que tiveram redução nos gastos com energia também observaram maior abertura para novos mercados do que as demais consideradas na pesquisa (tabela 4). Os efeitos marginais apontam que as firmas inovadoras que apresentaram redução nesse tipo de gasto têm cerca de 18% a mais de probabilidade de ter considerado alta importância das inovações para explorar novos mercados que as demais. Apesar dessa variável não representar de forma direta as inovações ambientais, ela pode ser considerada uma *proxy* mais distante, uma vez que, ao reduzir os custos com energia, reduz-se o impacto indireto da atividade no meio ambiente.

Assim como nas regressões anteriores, a regulamentação (*reg*) parece influenciar de forma positiva a abertura para novos mercados. O coeficiente da variável apresenta sinal positivo e é estatisticamente significativo a 5%. Bem como no caso da manutenção da participação no mercado, os coeficientes das variáveis de gastos em P&D (*ln_gasto_PeD*) e de origem de capital (*k_est*) também apresentam significância estatística na regressão (3): o primeiro, com sinal positivo, assim como na regressão (1), e o segundo, com sinal negativo, ao contrário da regressão (1).

É interessante notar que, nessa regressão, três variáveis que não apresentavam significância estatística nas duas equações anteriores são significantes ao nível de 5%: tamanho da firma, medido através do número de pessoal ocupado (*tmPO*); importância do governo para as atividades inovativas (*gov*), e importância das atividades de P&D (*PeD*). Os coeficientes das variáveis de tamanho da firma e das atividades de P&D são positivos, o que pode significar que, quanto maior a firma e quanto maior a importância das atividades de P&D, maior é a probabilidade de observar a abertura para novos mercados.

Já o coeficiente da variável referente à participação do governo apresenta coeficiente negativo, isto é, quanto maior a importância do governo para a adoção de inovações, menor é a probabilidade das firmas inovadoras explorarem novos mercados. Uma forma de interpretar tal resultado é que, em geral, firmas que recorrem ao apoio do governo já apresentam condições competitivas inferiores às demais. Nesse caso, a ajuda do governo tende a surtir efeitos defasados nas inovações e, mais ainda, no desempenho competitivo das firmas.

3.2.3 Custos de produção

A tabela 5 a seguir apresenta o resultado da estimação da equação (4), que busca captar as variáveis que influenciam os custos de produção. Assim como nas regressões das equações (1) e (2), a variável de inovação ambiental apresenta coeficiente positivo e estatisticamente significativo no nível de 10%. Observando os efeitos marginais da variável de inovação ambiental na variável de custo, pode-se dizer que firmas inovadoras que adotaram inovações ambientais têm cerca de 12% a mais de probabilidade de atribuir importância alta dos impactos das inovações na redução dos custos de produção que as demais.

Além da variável *imp_ma*, a variável *imp_en* também apresenta coeficiente positivo e significância estatística a 1%. Firms inovadoras que apresentaram redução nos gastos com energia têm cerca de 23% a mais de probabilidade de atribuir importância alta dos impactos das inovações na redução dos custos de produção que as demais. Esse resultado é esperado, uma vez que o consumo de energia, em geral, é alto nas firmas da indústria de transformação e, ao adotar inovações que impactam nesse consumo, é esperado que isso reflita na estrutura geral dos custos de produção.

Impacto da Inovação na Redução dos Custos de Produção

Tabela 5 - Estimação da equação (4) via Probit ordenado

Variável dependente: <i>CY</i>																
Variáveis independentes	Coeficiente	dp	P>z	Efeitos marginais												
				y = Pr(merc_manut==0)			y = Pr(merc_manut==1)			y = Pr(merc_manut==2)			y = Pr(merc_manut==3)			
				dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z	
imp_mp	0,3290	0,2023		-0,0782	0,0444	*	-0,0323	0,0224		-0,0032	0,0124		0,1137	0,0710		
imp_en	0,6850	0,2052	***	-0,1630	0,0525	**	-0,0649	0,0194	***	-0,0062	0,0224		0,2341	0,0697	***	
imp_ma	0,3602	0,2036	*	-0,0892	0,0518	*	-0,0345	0,0198	*	0,0022	0,0124		0,1216	0,0685	**	
reg	0,5225	0,2603	**	-0,1410	0,0748	*	-0,0461	0,0214	**	0,0212	0,0237		0,1659	0,0783	**	
marrom	0,6134	0,1917	***	-0,1520	0,0474	***	-0,0573	0,0180	***	0,0038	0,0204		0,2055	0,0680	***	
vermelho	0,6037	0,1902	***	-0,1328	0,0394	***	-0,0596	0,0196	***	-0,0222	0,0267		0,2146	0,0722	***	
k_est	-0,3623	0,1617	**	0,1035	0,0527	**	0,0304	0,0124	**	-0,0237	0,0231		-0,1102	0,0444	**	
PeD	0,4699	0,2326	**	-0,1003	0,0445	**	-0,0473	0,0244	*	-0,0223	0,0273		0,1699	0,0891	*	
gasto_PeD	-0,4708	0,2504	*	0,1180	0,0638	*	0,0454	0,0259	*	-0,0050	0,0168		-0,1584	0,0842	*	
ln_gasto_PeD	0,1358	0,0611	**	-0,0340	0,0147	**	-0,0131	0,0070	*	0,0014	0,0047		0,0457	0,0211	**	
tmRL	-0,3773	0,2004	*	0,0946	0,0515	*	0,0364	0,0201	*	-0,0040	0,0133		-0,1269	0,0681	*	
tmPO	0,3730	0,2365		-0,0935	0,0614		-0,0360	0,0231		0,0040	0,0136		0,1255	0,0792		
gov	-0,5736	0,1585	***	0,1513	0,0480	***	0,0514	0,0142	***	-0,0178	0,0203		-0,1849	0,0520	***	
ln_ctotal	0,6395	0,4127		-0,1603	0,1073	*	-0,0617	0,0411		0,0068	0,0236		0,2151	0,1375		
ln_matprima	0,2900	0,1587	*	-0,0727	0,0415	*	-0,0280	0,0153	*	0,0031	0,0103		0,0976	0,0535	*	
ln_produtiv	0,5330	0,1256	***	-0,1336	0,0353	***	-0,0514	0,0149	***	0,0057	0,0187		0,1793	0,0438	***	
Obs: 1112	Pseudo R ² = 17,08%			Log pseudolikelihood = -3509.42							*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10					
Linktest	<i>CY_hat</i>		1,0092	0,1004		***										
	<i>CY_hatsq</i>		0,0633	0,0649												

Obs: dy/dx é para mudança discreta na variável dummy de 0 a 1. Efeitos marginais calculados nas médias das variáveis independentes.

Fonte: IBGE. Elaboração própria.

Mais uma vez, as variáveis de capital estrangeiro (k_{est}) e de incentivos do governo (gov) apresentam coeficientes negativos e as variáveis de regulamentação e gastos com P&D (ln_gasto_PeD) apresentam coeficientes positivos, todos significativos no nível de 5%. Ainda com relação a atividades de P&D, nessa regressão observa-se que firmas inovadoras que atribuíram alta importância às atividades de P&D (variável PeD) também têm mais chances de observar reduções nos custos de produção decorrente de inovações que as demais. O coeficiente dessa variável é positivo e estatisticamente significativo ao nível de 5%.

Já as variáveis que captam o perfil da firma no que diz respeito ao potencial poluidor ($marrom$ e $vermelho$) apresentam coeficientes positivos com significância estatística de 1%. Ou seja, os coeficientes sugerem que quanto maior for o potencial poluidor das firmas inovadoras, maior a probabilidade de observar reduções de custos de produção decorrente das inovações. Esse resultado é compatível com outras evidências empíricas e é interessante para explicitar as possibilidades de ganhos econômicos através da inovação pelas firmas que têm maior potencial para impactar o meio ambiente.

Além dessas variáveis que apresentaram significância estatística, também se destacam as variáveis de receita líquida ($tmRL$), de gastos com matéria-prima como proporção da receita líquida ($ln_matprima$) e de produtividade ($ln_produtiv$). O coeficiente desta última tem sinal positivo esperado, uma vez que a própria composição da variável de produtividade depende inversamente dos custos (em particular, dos custos de operação industrial – COI); logo, é razoável que um aumento percentual da taxa de produtividade tenha impacto positivo sobre a redução dos custos dentre as firmas inovadoras da indústria de transformação. Já a variável $tmRL$ apresenta sinal negativo, o que indica que aumentos na receita líquida reduzem a probabilidade das firmas inovadoras de observar reduções nos custos de produção, e a variável $ln_matprima$ indica que quanto maior for o gasto com matéria-prima com relação à receita, maior é a probabilidade de observar reduções nos custos de produção. Esses dois

últimos resultados apresentaram sinais contrários aos esperados, porém não estenderemos a discussão acerca desses resultados, pois isso foge do escopo do capítulo.

3.2.4 Qualidade

A tabela 6 apresenta o resultado da estimação da equação (5). Assim como nas regressões anteriores, o coeficiente da variável *imp_ma* é positivo, com significância estatística de 1%. Esse resultado sugere que as firmas que adotaram inovações ambientais têm maior probabilidade de observar melhora na qualidade dos produtos que oferta que as demais firmas inovadoras: considerando os efeitos marginais, as firmas que fizeram inovação ambiental apresentam 24% a mais de chance de melhorar a qualidade dos seus produtos do que aquelas que não adotaram esse tipo de inovação. O resultado do coeficiente de *imp_ma* nessa regressão é interessante, porque evidencia a possibilidade das inovações ambientais afetarem não só os processos das empresas, mas também o produto final – resultado pouco discutido na literatura e observado nas evidências empíricas. Essa regressão também confirma os resultados observados por Podcameni (2007), que fez uma regressão semelhante utilizando dados da Pintec 2003, o que garante mais consistência à conclusão dos efeitos da inovação ambiental na qualidade dos produtos.

Além da variável *imp_ma*, as variáveis *imp_en*, *reg*, *marrom*, *PeD* e *ln_gasto_PeD* mais uma vez apresentaram coeficientes positivos e estatisticamente significativos a 10%. A variável *gov* apresentou coeficiente negativo e significância estatística. Nessa regressão, essas variáveis apresentam os mesmos sinais que nas regressões anteriores, sugerindo que seus impactos na qualidade dos produtos são na mesma direção que no *market-share* e nos custos.

Impacto da Inovação na Qualidade dos Produtos

Tabela 6 - Estimação da equação (5) via Probit ordenado

Variável dependente: <i>qual</i>															
Variáveis independentes	Coeficiente	dp	P>z	Efeitos marginais											
				y = Pr(merc_manut==0)			y = Pr(merc_manut==1)			y = Pr(merc_manut==2)			y = Pr(merc_manut==3)		
				dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z	dy/dx	dp	P>z
<i>imp_mp</i>	0,2728	0,2065		-0,0285	0,0205		-0,0049	0,0038		-0,0680	0,0514		0,1014	0,0746	
<i>imp_en</i>	0,3671	0,1979	*	-0,0390	0,0201	*	-0,0067	0,0039	*	-0,0909	0,0502	*	0,1366	0,0721	*
<i>imp_ma</i>	0,6497	0,2308	***	-0,0736	0,0313	**	-0,0121	0,0054	**	-0,1558	0,0526	***	0,2415	0,0844	***
<i>reg</i>	0,6344	0,2200	***	-0,0834	0,0379	**	-0,0128	0,0058	**	-0,1463	0,0446	***	0,2425	0,0833	***
<i>ia_reg</i>	-0,5791	0,2800	**	0,0744	0,0432	*	0,0116	0,0066	*	0,1353	0,0601	**	-0,2213	0,1065	**
<i>marrom</i>	0,2918	0,1734	*	-0,0327	0,0187	*	-0,0055	0,0037		-0,0719	0,0434	*	0,1100	0,0643	*
<i>PeD</i>	0,4827	0,2185	**	-0,0419	0,0171	**	-0,0077	0,0031	**	-0,1202	0,0534	**	0,1699	0,0706	**
<i>ln_gasto_PeD</i>	0,1161	0,0466	**	-0,0132	0,0049	***	-0,0022	0,0011	**	-0,0287	0,0125	**	0,0441	0,0176	**
<i>gov</i>	-0,3412	0,1722	**	0,0421	0,0249	*	0,0068	0,0037	*	0,0820	0,0400	**	-0,1308	0,0666	**
Obs: 1529	Pseudo R ² = 9,34%			Log pseudolikelihood = -3758.26						*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10					
Linktest	<i>qual_hat</i>		0,9773	0,1977 ***											
	<i>qual_hatsq</i>		0,0465	0,1892											

Obs: dy/dx é para mudança discreta na variável dummy de 0 a 1. Efeitos marginais calculados nas médias das variáveis independentes.

Fonte: IBGE. Elaboração própria.

Cabe destacar na estimação da equação (5) a significância estatística a 5% e o sinal negativo da variável *ia_reg*, que busca captar o efeito das inovações ambientais decorrentes de regulamentações na qualidade dos produtos das firmas inovadoras. Essa variável, que não apresentou significância estatística a 10% – ou nem mesmo foi considerada relevante – na estimação das equações anteriores, permite uma interpretação acerca da validade da hipótese de Porter na indústria de transformação brasileira. A análise dos efeitos marginais da variável sugere que as firmas que fizeram inovações ambientais como resposta ao enquadramento em regulações e normas têm 22% a menos de probabilidade de atribuir alta importância das inovações na melhoria da qualidade dos produtos ofertados que as demais firmas inovadoras.

Esse resultado, apesar de refutar a hipótese de Porter – que sugere justamente que regulamentações ambientais são capazes de induzir à adoção de inovações ambientais e, conseqüentemente, a ganhos de competitividade –, pode querer dizer que as regulamentações impostas às firmas, apesar de terem resultado em inovações ambientais, não foram apropriadas e/ou não levaram em conta a *performance* competitiva das firmas. No trabalho de 1995 de Porter e van der Linde, inclusive, os autores enfatizam que, para que os ganhos competitivos sejam possíveis, é preciso que as regulamentações ambientais sejam bem direcionadas e capazes de reduzir o grau de incerteza das firmas. Além disso, é importante considerar que a hipótese de Porter é uma possibilidade, e não uma regra, como observou Lustosa (2002), e que sua validade depende de fatores sistêmicos e institucionais, como o marco regulatório ambiental, por exemplo.

3.3 Conclusões

Nesse capítulo buscamos captar os efeitos das inovações, com impacto direto ou indireto no meio ambiente, no desempenho competitivo das firmas. Para tanto,

desenvolvemos cinco equações que consideraram *market-share*, abertura para novos mercados, custos e qualidade dos produtos como *proxies* para desempenho competitivo. Nos cinco casos, o coeficiente da variável de inovação ambiental, *imp_ma*, apresentou sinal positivo e significância estatística a, pelo menos, 10%. Esse resultado sugere que as firmas que fizeram inovação ambiental têm mais chances de observar impactos no seu desempenho competitivo que as demais firmas inovadoras, seja via manutenção ou ampliação de *market-share*, abertura para novos mercados, redução dos custos de produção ou melhorias na qualidade dos seus produtos.

Sinal do Coeficiente e Significância Estatística da Variável *imp_ma* nas

Equações Estimadas

Equações				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
+ ***	+ ***	+ **	+ *	+ ***

Nota: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10

O comportamento da variável de inovação ambiental é convergente com os resultados observados por Podcameni (2007), que utilizou dados da Pintec 2003. Apesar da metodologia utilizada pela autora para a construção da variável de inovação ambiental e para a estimação dos modelos ser ligeiramente diferente, a convergência dos resultados pode ser uma importante contribuição para os estudos dos impactos dessas inovações no desempenho competitivo das empresas inovadoras na indústria de transformação brasileira, uma vez que amplia o horizonte temporal da análise e garante mais robustez aos resultados.

Outra variável que apresentou sinal positivo e significância estatística foi *imp_en*, exceto nas regressões das equações (1) e (2), cujas variáveis dependentes eram referentes ao *market-share*. Apesar de não ser considerada uma variável de inovação ambiental

propriamente dita, a variável que capta os efeitos das inovações na redução dos custos com energia pode ser interpretada, ainda que de forma indireta, como relevante para a análise dos impactos das firmas no meio ambiente. Dessa forma, o resultado das equações (3) a (5) sugerem que firmas inovadoras que reduziram esses custos, assim como aquelas que fizeram inovações ambientais, têm maior probabilidade de expandir seus negócios para novos mercados, reduzir os custos de produção e de obter ganhos de competitividade através da melhora da qualidade de seus produtos.

Já as variáveis *imp_ag* e *imp_mp*, referentes aos impactos das inovações no consumo de água e matéria-prima, respectivamente, só apresentaram significância estatística na equação (1). Dessa forma, não é possível concluir sobre os impactos diretos da redução desses custos nos demais indicadores de desempenho competitivo.

A variável referente à adoção de técnicas de gestão ambiental (*ges_amb*) não foi considerada relevante para a estimação de nenhuma das cinco equações apresentadas nesse capítulo. Apesar de ser construída através de uma pergunta direta sobre a relação das firmas com o meio ambiente, nada se pode afirmar a respeito da influência dessa variável no desempenho competitivo das empresas inovadoras.

A *dummy* de regulação (*Reg*), assim como a *dummy* de inovação ambiental (*imp_ma*), apareceu na regressão de todas as equações com sinal positivo e com significância estatística. Esses resultados sugerem que as firmas que inovaram a fim de se enquadrar em normas e regulações tiveram mais chances de melhorar sua *performance* competitiva que as demais firmas inovadoras. Esse resultado também é relevante para o trabalho, uma vez que corrobora a literatura e as evidências empíricas de que as regulamentações são um fator crucial na dinâmica entre as inovações e o desempenho econômico e competitivo das firmas.

A variável utilizada como *proxy* de regulamentação ambiental, no entanto, só é estatisticamente significativa na regressão da equação (5). Ademais, nesta equação, a variável

ia_reg apresentou sinal negativo, sugerindo que as firmas que fizeram inovação ambiental a fim de cumprir normas e regulamentações têm menor probabilidade que outras firmas inovadoras de obter ganhos de competitividade através da melhoria na qualidade do produto. Além de refutar a hipótese de Porter, a análise dessa variável nessa regressão merece cautela, uma vez que a construção de *ia_reg* é limitada. Sugerimos a tentativa de construir melhor *proxy* para regulamentação ambiental em trabalhos futuros, através de outras fontes de dados, a fim de testar a validade da hipótese de Porter na indústria de transformação brasileira.

As variáveis que captam o potencial poluidor das firmas inovadoras, por sua vez, só são estatisticamente significativas nas regressões das equações (4) e (5) – nos dois casos, apresentando coeficientes com sinal positivo. Apesar das evidências econométricas a respeito da influência do potencial poluidor para a adoção de inovações ambientais, expostas no capítulo anterior, pouco se pode concluir a respeito da determinação das variáveis *marrom* e *vermelho* na *performance* competitiva das firmas inovadoras da indústria de transformação.

Em suma, as evidências econométricas expostas neste capítulo contribuem com a discussão sobre a relação entre inovação, meio ambiente e desempenho competitivo das firmas da indústria de transformação brasileira. Apesar das limitações dos resultados aqui expostos, pode-se dizer que as inovações ambientais são capazes de influenciar de forma positiva a *performance* econômica e competitiva das firmas da indústria de transformação.

Ainda assim, sugere-se que novos estudos sejam desenvolvidos para discutir o tema; se possível, considerando variáveis mais próximas de regulamentação ambiental que a considerada neste trabalho. Isso poderia contribuir com a discussão acerca das políticas ambientais possíveis na agenda para o desenvolvimento com menos impacto ambiental e com a redução das incertezas acerca dos ganhos potenciais com as inovações ambientais.

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho se dedicou aos estudos da relação entre o meio ambiente, as inovações tecnológicas e o desempenho competitivo das firmas. Em particular, estudamos o perfil das inovações na indústria de transformação brasileira e apresentamos modelos econométricos que testam a hipótese de que as inovações com impactos ambientais são capazes de impactar de forma positiva o desempenho competitivo das empresas dessa indústria.

As evidências empíricas expostas no capítulo 2 mostram que a indústria brasileira está cada vez mais comprometida com as questões ambientais. Ademais, as inovações com impactos ambientais feitas por empresas da indústria de transformação estão relacionadas com as especificidades setoriais e internas às firmas, além das regulamentações – assim como pode ser observado nas evidências empíricas internacionais. Além disso, os fatores sistêmicos e institucionais são fundamentais para compreender o perfil das inovações e dos investimentos ambientais feitos no país, assim como pode observar a literatura. Esses fatores também devem ser considerados ao interpretar as razões para o baixo percentual de empresas que adotam inovações que tenham impactos ambientais se comparadas com países desenvolvidos e mesmo emergentes, como os outros integrantes dos BRICS, por exemplo.

Já as evidências econométricas apresentadas no capítulo 3 sugerem que, apesar das inovações ambientais ainda serem discretas no contexto industrial brasileiro, elas contribuem para melhorar o desempenho competitivo das firmas que as adotam. Em todos os modelos criados – que consideram o *market-share*, a abertura para novos mercados, os custos de produção e a qualidade do produto como *proxies* de desempenho competitivo – a variável que representa “inovação ambiental” apresenta sinal positivo, ou seja, as firmas brasileiras da indústria de transformação que adotaram esse tipo de inovação entre 2006 e 2008 tiveram maior probabilidade de melhorar o seu desempenho competitivo – sob a ótica dessas *proxies* – que as demais firmas inovadoras.

As evidências expostas nesse trabalho confirmam a tendência que se observa nas relações entre os diversos agentes da sociedade e o meio ambiente nas últimas duas décadas, sobretudo no que diz respeito à importância das empresas. Atualmente, o papel das empresas é amplamente reconhecido como fundamental para a promoção do crescimento econômico com menor impacto ambiental e do desenvolvimento sustentável. Isto porque as empresas não só têm potencial de reduzir o seu impacto ambiental ao adotar práticas que aumentam a eficiência dos recursos e reduzem o desperdício, como também são capazes de promover inovações tecnológicas e organizacionais que direcionem a trajetória tecnológica para um caminho mais “limpo”.

No entanto, deve-se ter em mente que mesmo as empresas mais avançadas e favorecidas tecnológica e economicamente só se comprometerão com as questões ambientais na medida em que isso não prejudique o seu desempenho competitivo e econômico. É preciso considerar que os fatores ambientais, quando internalizados, são percebidos de forma estratégica, e a redução dos impactos ambientais, em geral, é mais uma consequência que uma motivação.

Levando-se em conta o contexto brasileiro, sabe-se, inclusive, que as empresas retardatárias nesse sentido são maioria e poucas percebem a sua relação com o meio ambiente como parte da sua estratégia competitiva – o que também pode ser visto nos dados da Pintec apresentados nesse trabalho. Para que essas empresas se tornem mais sustentáveis, no entanto, elas precisam ser estimuladas por políticas e regulamentações ambientais.

As políticas públicas e as regulamentações ambientais são necessárias para incentivar as inovações ambientais: (i) quando as empresas não percebem as possibilidades de obter vantagens competitivas através dessas inovações e/ou (ii) quando os custos (privados) das inovações superam os benefícios (privados e sociais). Ou seja, as políticas ambientais exercem um papel determinante para que as questões ambientais sejam internalizadas nos

casos em que as empresas são incapazes de fazê-lo sem prejuízo – ao menos, no curto prazo. No caso do Brasil, isso pode ser visto na análise dos coeficientes da variável de regulamentação (*Reg*) dos modelos econométricos apresentados nesse trabalho: a regulamentação parece ser determinante tanto para melhorar o desempenho competitivo das firmas da indústria de transformação brasileira quanto para a adoção de inovações com impacto ambiental.

O estabelecimento de diretrizes, por sua vez, deve ser feito de forma clara e consistente, levando-se em consideração o contexto socioeconômico e institucional do país. Como já consideravam Porter e van der Linde (1999), para que sejam bem sucedidas, as regulamentações ambientais devem ser bem formuladas e devem dar os sinais corretos para que as empresas sejam capazes de adotar medidas que garantam benefícios sociais e privados. Para que as políticas ambientais tenham potencial de promover inovações ambientais e de melhorar o desempenho competitivo das empresas, elas devem: (i) focar nos resultados, e não nas tecnologias; (ii) ser críveis e estritas, para não incentivar o seu descumprimento; (iii) se utilizar de incentivos mercadológicos, como multas e taxas; (iv) estar em sincronia com normas internacionais, entre outras considerações (Porter e van der Linde, 1999).

As políticas ambientais, entretanto, devem ser combinadas com outras medidas para a promoção da competição e da competitividade. Assim como o sucesso das inovações depende de fatores institucionais e socioeconômicos, o desempenho competitivo das empresas brasileiras também depende desses fatores e, para que seja possível estimular a competição através de políticas ambientais, é preciso incentivar a competição através de outros mecanismos e evitar maiores distorções nas indústrias sujeitas a regulamentações e normas voltadas para a redução dos impactos ambientais.

“How an industry responds to environmental problems may, in fact, be a leading indicator of its overall competitiveness. Environmental regulation does not lead inevitably to innovation and competitiveness or to higher productivity for all companies. Only

those companies that innovate successfully will win. A truly competitive industry is more likely to take up a new standard as a challenge and respond to it with innovation. An uncompetitive industry, on the other hand, may not be oriented toward innovation and thus may be tempted to fight all regulation.” (Porter e van der Linde, p. 9, 1999)

A discussão sobre a consideração do meio ambiente na estratégia competitiva das empresas, portanto, não se esgota com esse trabalho. Pelo contrário, abre espaço para novos estudos sobre as especificidades das inovações ambientais, sobre os impactos destas no posicionamento de mercado das firmas e sobre como as regulamentações poderiam contribuir não só corrigindo as externalidades, mas possibilitando a mudança para uma trajetória tecnológica e de consumo mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- AGHION, P.; BOULANGER, J., & COHEN, E. Rethinking industrial policy. Working paper, **Bruegel policy brief**, junho, 2011. Disponível em: [http://aei.pitt.edu/32066/1/Rethinking_industrial_policy_\(English\)\[1\].pdf](http://aei.pitt.edu/32066/1/Rethinking_industrial_policy_(English)[1].pdf). Acesso em novembro de 2012.
- AGHION, P.; DECHEZLEPRETRE, A.; HEMOUS, D.; MARTIN, R., & VAN REENEN, J. (2010a). Carbon taxes, path dependency and directed technical change: evidence from the auto industry. Working paper, **National Bureau of Economic Research**, 2010.
- AGHION, P.; ACEMOGLU, D.; BURSZTYN, L., & HEMOUS, D. (2010b). The environment and directed technical change. Working Papers 2010.93, **Fondazione Eni Enrico Mattei**, 2010.
- AGHION, P.; HEMOUS, D., & VEUGELERS, R. No green growth without innovation. Working paper, **Bruegel policy brief**, Nov. 2009.
- ARUNDEL, A., KEMP, R. Measuring Eco-Innovation. **UNU-MERIT Working Paper Series 017**, United Nations University, Maastricht Economic and social research and training centre on Innovation and Technology, 2009.
- ARUNDEL, A., KEMP, R. & PARTO, S. Indicators for Environmental Innovation: what and how to measure. In: **International Handbook on Environment and Technology Management**, edited by Marinova D., Annandale D. e Philimore J., Edward Elgar, Cheltenham, 2007.
- BAPNA, M.; JENKINSON, K. O papel das empresas na Rio+20: de inimigos a amigos? **Valor Econômico**, 22 de junho de 2012. Disponível em www.valor.com.br.
- BARCELLOS, F.C., OLIVEIRA, J.C., & CARVALHO, P.G. Investimentos Ambiental em Indústrias Sujas e Intensivas em Recursos Naturais e Energia. **Revista Iberoamericana de Economia Ecológica**, v. 12:33-50, 2009.
- BARROS, B. Cresce interesse de companhias em mapear gás-estufa. **Valor Econômico**, São Paulo, 10 de agosto de 2011. Disponível em www.valor.com.br.
- BIN, A.; PAULINO, S. R. Inovação e Meio Ambiente na Pesquisa Agrícola. **Anais do II Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Meio Ambiente e Sociedade (ANPPAS)**, 2004.
- CARRIÓN-FLORES, C.E., & INNES, R. Environmental Innovation and Environmental Policy: An Empirical Test of Bi-Directional Effects. **Annual meeting, July 24-27, Providence, American Agricultural Economics Association (New Name 2008: Agricultural and Applied Economics Association)**, 2006.
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. (2005). Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo Perspectiva**, v. 19, n.1, p.34-45, jan./mar. 2005.

DODGSON, M.; GANN, D.M.; SALTER, A.J. The intensification of innovation. **Paper Series, Science and Technology Policy Research**, Paper No. 65. Brighton, UK. Fev. 2001.

DOSI, G. Technological Paradigms and Technological Trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**. v.11, n.3, p. 147 – 162, junho 1982.

_____, Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. **Journal of Economic Literature**, 26, págs.1120-1171, 1988.

FERRAZ, C. & SEROA DA MOTA, R. Regulação, Mercado ou Pressão Social? Os determinantes do investimento ambiental na indústria. **Encontro Nacional de Economia**, 29, 2001, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia. 2001.

FERRAZ, J.C. Competitividade, padrões de concorrência e fatores determinantes. In: FERRAZ, J.C., KUPFER, D., e HAGUENAUER, L. **Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria**. Rio de Janeiro: Campus, ano, pagina p. 6-39.

FREEMAN, C. The greening of technology and models of innovation, **Technological forecasting and social change**, v. 53, n. 01, set.1996.

_____, The 'National System of Innovation' in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, vol. 19, 5-24. 1995.

IBGE. **Pesquisa Industrial Anual – Empresa 2008**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pia/empresas/2008/piaempresa2008.pdf>.

IBGE. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2003**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pintec/2003/pintec2003.pdf>.

IBGE. **Pesquisa de Inovação Tecnológica 2005**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pintec/2005/pintec2005.pdf>.

IBGE. **Pesquisa de Inovação Tecnológica 2008**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pintec/2008/pintec2008.pdf>.

KANERVA, M; A. ARUNDEL e R. KEMP. Environmental innovation: Using qualitative models to identify indicators for policy. **UNU-MERIT working paper series**, 2009.

KEMP, R. & PEARSON, P. Final report MEI project about measuring eco-innovation: Deliverable 15 of MEI project (D15). **Project Report**. 2008. Disponível em: <http://www.merit.unu.edu/MEI/>. Acesso em novembro de 2012.

KEMP, R.; SMITH, K., & BECHER, G. How should we study the relationship between environmental regulation and innovation? In: J. HEMMELSKAMP, K. RENNINGS and F. LEONE (eds.), **Innovation-Oriented Environmental Regulation: Theoretical Approaches and Empirical Analysis**, Physical Verlag, Heidelberg, 2000.

KEMP, R.; SOETE, L. Inside the 'green box': on the economics of technological change and the environment. In: FREEMAN, C., SOETE, L. (eds.). **New explorations in the economics of technological change**. London: Pinter Publishers, 1990. p. 245-257.

KUPFER, D. PINTEC 2008: primeiras análises. **Valor Econômico**, Rio de Janeiro, 14 de fevereiro de 2011. Disponível em www.valor.com.br.

KUPFER, D. Eixos dinâmicos da inovação. **Valor Econômico**, Rio de Janeiro, 6 de maio de 2010. Disponível em www.valor.com.br.

KUPFER, D. e HASENCLEVER (org.). **Economia Industrial: Fundamentos Teóricos e Práticas no Brasil**. Editora Campus, 2002.

LUNDEVALL, B-Å. **National innovation systems: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter, 1992.

LUSTOSA, M.C. Inovação e tecnologia para uma economia verde: questões fundamentais. **Economia verde – Desafios e oportunidades**. No. 8. Junho de 2011. Disponível em: <http://www.conservation.org.br/publicacoes/files/P%20Elginas%20de%20PoliticaAmbienta08lustosa.pdf>. Acesso em novembro de 2012.

_____. Industrialização, Meio Ambiente, Inovação e Competitividade. In: **May, P.; Lustosa, M.C.; Vinha, V. (orgs). Economia do Meio Ambiente – Teoria e Prática**. Elsevier, Editora Campus. 2003.

_____. **Meio Ambiente, Inovação e Competitividade na Indústria Brasileira: A Cadeia Produtiva do Petróleo**. Tese de doutorado. Instituto de Economia, UFRJ, 2002.

MARTA, F.S. **Determinantes do investimento em controle ambiental das empresas industriais brasileiras em 2007**. Dissertação de mestrado. ENCE, Rio de Janeiro, 2011.

MARTINS, C.H.B. Desenvolvimento sustentável e sistemas de informação: indicadores do potencial poluidor da indústria gaúcha. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v. 36, n. 1, p. 99-114, 2008.

OLTRA, V. Environmental Innovation and Industrial Dynamics: the contributions of evolutionary economics. **DIME Working Papers on Environmental Innovation**, n. 7, December, 2008.

OLTRA, V., & SAINT-JEAN, M. The dynamics of environmental innovations: three stylised trajectories of clean technology, **Cahiers du GRES 2003-03, Groupement de Recherches Economiques et Sociales**, 2003.

PACHECO, C.A. e CORDER, S. Mapeamento institucional e de medidas de política com impacto sobre a inovação produtiva e a diversificação de exportações. **Documento de projeto CEPAL**. 2010.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Science Policy Research Unit**, University of Sussex, Brighton, UK. Jan. 1984.

PODCAMENI, M.G.V.B. **Meio ambiente, Inovação e Competitividade: uma análise da indústria de transformação brasileira com ênfase no setor de combustível**. Dissertação de mestrado. Instituto de Economia, UFRJ, 2007.

PORTER, M.E. 1990a. *The Competitive Advantage of Nations*. **New York: Free Press, MacMillan**. 1990.

PORTER, M.E. & VAN DER LINDE, C. Toward a new conception of the Environmental-Competitiveness relationship. **The Journal of Economics Perspectives**, Vol 9, No. 4, pp. 97-118. 1995.

PORTER, M.E., VAN DER LINDE, C. Green and Competitive: Ending the Stalemate. **Journal of Business Administration and Policy Analysis**. 1999.

QUEIROZ, J.M. **Determinantes da Inovação Ambiental: uma análise das estratégias das firmas da indústria de transformação brasileira**. Dissertação de mestrado. Instituto de Economia, UFRJ, 2011.

RENNINGS K., FRONDEL, M. & HORBACH, J. What triggers environmental management and innovation? Empirical evidence for Germany. **Ecological Economics**, Elsevier, vol. 66(1), pages 153-160, Maio de 2008.

RENNINGS K. Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics. **Ecological Economics**, Vol.32, pp.319-332, 2000.

ROTHWELL, R. Towards the fifth-generation innovation process. **Science Policy Research Unit**, University of Sussex, UK. 1994.

STATA. Manuals and supplements. Disponível em: <http://www.stata.com/manuals/>.

TIGRE, P. B. **Gestão da Inovação: A economia da tecnologia no Brasil**. Elsevier, 2006.

VEIGA, P.M., e RIOS, S.P. Inovação: política e desempenho das empresas. **Breves Cindes No. 52**. Julho de 2011. Disponível em: http://www.cindesbrasil.org/site2010/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=14&view=finish&cid=553&catid=4.

WOOLDRIDGE, J.M. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**, MIT Press: Cambridge, MA. 2002

YOUNG, C.E.F. Sustentabilidade e Competitividade: O papel das empresas. **Revista de Economia Mackenzie**. v.5., n.5, p.87-101, 2007.

YOUNG, C.E.F. e LUSTOSA, M.C.J. Meio Ambiente e Competitividade na Indústria Brasileira. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 5, Edição Especial, Rio de Janeiro: IE/UFRJ, p. 231-259, 2001.

ANEXO I – A METODOLOGIA DA PINTEC

A Pintec é uma pesquisa-satélite de corte transversal, produzida pelo IBGE, que busca aprofundar a temática da inovação e seus impactos nas firmas brasileiras. Tendo seu conceito e metodologia baseados no Manual de Oslo e no modelo da Community Innovation Survey – CIS –, a Pintec considera as inovações de produto e processo. A pesquisa também incorpora as inovações de marketing e organizacional.

Segundo a recomendação do Manual de Oslo, a Pintec considera a implementação da inovação quando o produto (bens ou serviços) é introduzido no mercado ou quando o processo passa a ser operado pela empresa. “Produto novo” pode ser definido como aquele que difere substancialmente de todos os produtos previamente produzidos pela firma. Já “inovação de processo” se refere à introdução de métodos de produção ou de entrega de produtos novos ou aprimorados pela empresa. Por fim, a pesquisa adota como conceito de “inovação organizacional” a implementação de novos métodos organizacionais nas práticas de negócios da empresa, nas suas relações externas e na organização do seu local de trabalho.

As informações da Pesquisa de Inovação Tecnológica abrangem todas as empresas instaladas no Brasil que são registradas no CNPJ e que, no CEMPRE¹⁹, estão classificadas como empresa industrial com 10 ou mais empregados. Já a classificação de atividades de referência da Pesquisa é a CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas – a dois e três dígitos (divisões e agregações de grupos). Devido à mudança de metodologia pelo IBGE, as pesquisas referentes aos anos de 2003 e 2005 utilizam a CNAE 1.0 e a pesquisa referente a 2008 utiliza a CNAE 2.0²⁰.

O desenho amostral da Pintec parte da hipótese central de que “a inovação é um fenômeno relativamente raro”. Uma vez que nem todas as firmas estão envolvidas em atividades inovativas nos períodos de análise, a adoção do desenho tradicional poderia

¹⁹ Cadastro Central de Empresas, do IBGE.

²⁰ O anexo II apresenta o quadro de divisões e agregações de grupo da CNAE 2.0.

implicar em amostras com baixa frequência de firmas inovadoras. Dessa forma, identifica-se as firmas com maior probabilidade de serem inovadoras através de informações provenientes de fontes adicionais²¹ e, em seguida, utiliza-se um fator de expansão para se obter o universo da pesquisa. Por esse motivo, é de suma importância considerar os pesos amostrais na análise dos dados da Pintec.

Tabela A1

Atividade	Estrato			Total	Universo da pesquisa
	Certo	Potencialmente Inovadoras	Sem indicação de potencial inovador		
2008					
Total	3.914	9.454	2.464	15.872	106.862
Indústria de transformação	3.317	8.448	2.183	13.948	98.420

Fonte: Pintec 2008/IBGE.

A periodicidade da Pintec é trienal: a pesquisa referente ao ano de 2008 levanta informações das empresas no triênio 2006-2008 e dá continuidade às Pintec 2005 – referente ao período 2003-2005 –, Pintec 2003 – referente ao triênio 2001-2003 – e Pintec 2000 – a primeira pesquisa da série com referência temporal de 1998 a 2000.

²¹Para uma análise mais profunda da metodologia e construção do universo da pesquisa, consultar a Pintec 2008.

ANEXO II – DIVISÕES E AGREGAÇÕES DE GRUPOS DA CLASSIFICAÇÃO NACIONAL DAS ATIVIDADES ECONÔMICAS - CNAE 2.0 - DAS ATIVIDADES SELECIONADAS DA INDÚSTRIA E DOS SERVIÇOS – 2008

QUADRO A1

Atividades selecionadas da indústria e dos serviços	CNAE 2.0	
	Divisões	Agregações de grupos
Indústrias extrativas	5, 6, 7, 8 e 9	
Indústrias de transformação	10 a 33	
Fabricação de produtos alimentícios	10	
Fabricação de bebidas	11	
Fabricação de produtos do fumo	12	
Fabricação de produtos têxteis	13	
Confeção de artigos do vestuário e acessórios	14	
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro e artigos de viagem e calçados	15	
Fabricação de produtos da madeira	16	
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	17	
Fabricação de celulose e outras pastas		17.1
Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel		17 (exclusive 17.1)
Impressão e reprodução de gravações	18	
Fabricação de coque, produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	19	
Fabricação de coque e biocombustíveis (álcool e outros)		19 (exclusive 19.2)
Refino de petróleo		19.2
Fabricação de produtos químicos	20	
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	21	
Fabricação de artigos de borracha e plástico	22	
Fabricação de produtos de minerais não metálicos	23	
Metalurgia	24	
Produtos siderúrgicos		24.1+ 24.2+ 24.3
Metalurgia de metais não ferrosos e fundição		24.4+ 24.5
Fabricação de produtos de metal	25	
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	26	
Fabricação de componentes eletrônicos		26.1
Fabricação de equipamentos de informática e periféricos		26.2
Fabricação de equipamentos de comunicação		26.3 + 26.4
Fabricação de outros produtos eletrônicos e ópticos		26.5+26.6+26.7+26.8
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	27	
Fabricação de máquinas e equipamentos	28	
Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	29	
Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários, caminhões e ônibus		29.1+ 29.2
Fabricação de cabines, carrocerias, reboques e recondicionamento de motores		29.3+ 29.5
Fabricação de peças e acessórios para veículos		29.4
Fabricação de outros equipamentos de transporte	30	
Fabricação de móveis	31	
Fabricação de produtos diversos	32	
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	33	
Serviços selecionados	58, 61, 62 e 72	59.2, 63.1
Edição e gravação e edição de música	58	59.2
Telecomunicações	61	
Atividades dos serviços de tecnologia da informação	62	
Desenvolvimento e licenciamento de programas de computador		62 (excl 62.04+62.09)
Outros serviços de tecnologia da informação		62.04+ 62.09
Tratamento de dados, hospedagem na Internet e outras atividades relacionadas		63.1
Pesquisa e desenvolvimento	72	

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Indústria, Pesquisa de Inovação Tecnológica 2008.

ANEXO III – PERGUNTAS EXPLORADAS DA PINTEC PARA A CONSTRUÇÃO DOS MODELOS ECONOMÉTRICOS

Características da empresa:

1 - Origem do capital controlador da empresa;

5 - Qual o principal mercado da empresa entre 2006 e 2008?

8 - Qual era o número de pessoas ocupadas na sua empresa em 31/12/2008?

9 - Qual a receita líquida de vendas (declarada no balanço da empresa ou no simples, se for o caso) da sua empresa no ano de 2008?

Atividades inovativas:

24 - Qual a importância da atividade de P&D realizada entre 2006 e 2008?

Importância dos impactos das inovações de produto (bem ou serviço) e processo, implementadas durante o período entre 2006 2008:

i. Produto

93 - Melhorou a qualidade dos bens ou serviços

ii. Mercado

95 - Permitiu manter a participação da empresa no mercado

96 - Ampliou a participação da empresa no mercado

97 - Permitiu abrir novos mercados

iii. Processo

100 - Reduziu os custos de produção ou dos serviços prestados

101 - Reduziu os custos do trabalho

102 - Reduziu o consumo de matérias-primas

103 - Reduziu o consumo de energia

104 - Reduziu o consumo de água

iv. Outros impactos

105 - Permitiu reduzir o impacto sobre o meio ambiente

107 - Enquadramento em regulações e normas padrão relativas ao mercado interno ou externo

Apoio do governo

Entre 2006 e 2008 a empresa utilizou algum dos programas, relacionados a seguir, de apoio do governo para as suas atividades inovativas?

156 - Incentivos fiscais à P&D e inovação tecnológica (Lei nº 8.661 e Cap. III da Lei nº 11.196)

157 - Incentivo fiscal Lei de Informática (Lei nº 10.664, Lei nº 11.077)

157.1 – Subvenção econômica à P&D e à inserção de pesquisadores (Lei nº 10.973 e Art. 21 da Lei nº 11.196)

158 – Financiamento a projetos de P&D e inovação tecnológica:

1 – Sem parceria com universidades ou institutos de pesquisa

2 - Em parceria com universidades ou institutos de pesquisa

162 - Outros (favor especificar)

Durante o período entre 2006 e 2008, a empresa implementou alguma das atividades relacionadas a seguir?

189 - Novas técnicas de gestão ambiental para tratamento de efluentes, redução de resíduos, de CO₂, etc.”

ANEXO IV – DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS E ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

QUADRO A2 – DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES

imp_ma	=1 se: Firma fez inovação que permitiu reduzir o impacto sobre o meio ambiente; =0: c.c.
imp_ag	=1 se: Firma fez inovação que permitiu reduzir o consumo de água; =0: c.c.
imp_en	=1 se: Firma fez inovação que permitiu reduzir o consumo de energia; =0: c.c.
imp_mp	=1 se: Firma fez inovação que permitiu reduzir o consumo de matéria-prima; =0: c.c.
ges_amb	=1 se: Firma implementou novas técnicas de gestão ambiental; =0: c.c.
reg	=1 se: Firma desenvolveu inovação visando ao enquadramento em regulações e normas; =0: c.c.
ia_reg	=1 se: Firma desenvolveu inovação visando ao enquadramento em regulações e normas ambientais; =0: c.c.
net	=1 se: Firma esteve envolvida em arranjos cooperativos para desenvolver inovação; =0: c.c.
gov	=1 se: Firma contou com apoio do governo para desenvolver inovação; =0: c.c.
k_nac	=1 se: Firma com capital controlador nacional; =0: c.c.
k_misto	=1 se: Firma com capital controlador misto; =0: c.c.
k_est	=1 se: Firma com capital controlador estrangeiro; =0: c.c.
export	=1 se: Firma majoritariamente exportadora; =0: c.c.
mpe	=1 se: Micro e pequena empresa; =0: c.c.
media	=1 se: Firma de médio porte; =0: c.c.
grande	=1 se: Firma de grande porte; =0: c.c.
PeD	=1 se: Firma atribuiu alta importância às atividades de P&D; =0: c.c.
verde	=1 se: Firma com baixo potencial poluidor; =0: c.c.
marrom	=1 se: Firma com médio potencial poluidor; =0: c.c.
vermelho	=1 se: Firma com alto potencial poluidor; =0: c.c.
gasto_PeD	Gasto total em P&D / Receita Líquida
gasto_maq	Dispêndios com máquinas e equipamentos / Receita Líquida
coi	Custo das operações industriais / Receita Líquida
cpeessoal	Custo com pessoal / Receita Líquida
matprima	Consumo de matéria-prima / Receita Líquida
ctotal	Despesas totais / Receita Líquida
tmRL	Logaritmo natural do valor monetário da Receita Líquida
tmPO	Logaritmo natural do número de pessoal ocupado
ln_gasto_PeD	Logaritmo natural da variável 'gasto_PeD'
ln_gasto_maq	Logaritmo natural da variável 'gasto_maq'
ln_coi	Logaritmo natural da variável 'coi'
ln_cpeessoal	Logaritmo natural da variável 'cpeessoal'
ln_matprima	Logaritmo natural da variável 'matprima'
ln_ctotal	Logaritmo natural da variável 'ctotal'
ln_produtiv	Logaritmo natural da produtividade = $\ln(\text{VTBI-COI})/\text{PO}$

QUADRO A3 – DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DEPENDENTES

merc_manut	Importância da inovação para manter a participação no mercado
merc_ampl	Importância da inovação para ampliar a participação no mercado
merc_abert	Importância da inovação para permitir a abertura a novos mercados
CY	Importância da inovação para reduzir os custos de produção
Qual	Importância da inovação para melhorar a qualidade dos produtos

Tabela A2 – Estatísticas Descritivas: Variáveis Independentes

Variável	Unidade de medida	Média	Desvio Padrão	Obs	POP
merc_manut		1,2046	1,3282	9711	58806
merc_ampl		1,0709	1,2845	9711	58806
merc_abert	Qualitativa, [0,3]	0,9404	1,2550	9711	58806
CY		0,7691	1,1324	9711	58806
qual		1,2082	1,3761	9711	58806

Fonte: IBGE

Tabela A3 – Estatísticas Descritivas: Variáveis Independentes

Variável	Unidade de medida	Média	Desvio Padrão	Obs	POP
imp_ma		0,1934	0,3950	9711	58806
imp_ag		0,0720	0,2584	9711	58806
imp_en		0,1408	0,3478	9711	58806
imp_mp		0,1478	0,3549	9711	58806
ges_amb		0,3468	0,4760	9711	58806
reg		0,2453	0,4303	9711	58806
ia_reg		0,1289	0,3351	9711	58806
net		0,0607	0,2387	9711	58806
gov	Percentual	0,1386	0,3456	9711	58806
k_nac	do total	0,9677	0,1768	9711	58806
k_misto	das firmas	0,0078	0,0878	9711	58806
k_est	inovadoras	0,0245	0,1546	9711	58806
export		0,0183	0,1339	9711	58806
mpe		0,8829	0,3215	9711	58806
media		0,0929	0,2903	9711	58806
grande		0,0242	0,1538	9711	58806
PeD		0,0116	0,1072	9711	58806
verde		0,2093	0,4068	9711	58806
marrom		0,5511	0,4974	9711	58806
vermelho		0,2396	0,4268	9711	58806
gasto_PeD		0,0113	0,1318	9644	58571
gasto_maq	Percentual	0,7360	0,3109	4428	23172
coi	Sobre	0,4681	0,2821	9644	58571
cpeessoal	Receital	0,4113	0,7236	9644	58571
matprima	Líquida	0,3975	0,2851	9644	58571
ctotal		10,255	0,9627	9644	58571
tmRL		72,707	18,088	9644	58571
tmPO		33,870	10,584	9601	58474
ln_gasto_PeD		-3,6871	1,9922	1539	4492
ln_gasto_maq		-0,3938	0,6688	4229	22167
ln_coi	Logaritmo natural	-1,0489	1,0088	9608	58202
ln_cpeessoal		-1,2791	0,8842	9642	58569
ln_matprima		-1,2489	1,2205	9346	55209
ln_ctotal		-0,0678	0,3983	9644	58571
ln_produtiv		2,9467	0,0348	9586	58427

Fonte: IBGE