



**Encontro da Sociedade  
Brasileira de Economia  
Ecológica**

Brasília, 4 a 8 de Outubro de 2011

**Políticas Públicas e a Perspectiva da Economia Ecológica**

**IX ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO**  
Outubro de 2011  
Brasília - DF - Brasil

---

**INOVAÇÃO AMBIENTAL, REGULAÇÃO E COMPETITIVIDADE: UM ESTUDO DE CASO PARA A  
INDÚSTRIA BRASILEIRA**

**Gabriela Podcameni** (UFRJ, IE) - [gabriela.podcameni@gmail.com](mailto:gabriela.podcameni@gmail.com)

*graduada pelo PUC Rio em economia, mestrado na ufrj no instituto de economia, doutorando da ufrj no instituto de economia.*

**julia queiroz** (UFRJ, ie) - [julia\\_mqueiroz@yahoo.com.br](mailto:julia_mqueiroz@yahoo.com.br)

*graduada pela UFRJ em economia, mestrado na ufrj no instituto de economia,*

## **INOVAÇÃO AMBIENTAL, REGULAÇÃO E COMPETITIVIDADE: UM ESTUDO DE CASO PARA A INDÚSTRIA BRASILEIRA**

**RESUMO:** Com base no debate acerca da inserção das questões ambientais nas estratégias inovativas das firmas, o presente artigo busca avançar no estudo da relação entre as inovações ambientais e a competitividade das empresas brasileiras através de evidências empíricas. O artigo também realiza uma análise sobre a relação entre a regulação e as inovações ambientais, com o objetivo de verificar de que maneira a introdução obrigatória de tecnologias ambientais afeta o desempenho competitivo das empresas. Com base nos microdados da PINTEC 2003, os resultados evidenciam que as empresas que introduzem inovações ambientais têm maior probabilidade de obter uma redução nos custos de produção e melhora na qualidade dos produtos ofertados em comparação com as demais firmas inovadoras. Ou seja, a introdução de questões ambientais nas estratégias inovativas pode ser vista como uma oportunidade de melhora na performance econômica. Em relação às regulamentações, o artigo evidencia que quando as firmas adotam inovações ambientais como uma maneira de adaptação às normas internas e externas existe uma menor probabilidade de melhorar a qualidade dos produtos e reduzir os custos de produção em comparação com as empresas que introduzem inovações ambientais de maneira geral.

**Palavras-chave:** **inovação ambiental, regulação, custo, qualidade, competitividade**

**ABSTRACT:** Based on the discussion about the inclusion of environmental issues in firms' innovative strategies, this article seeks to advance the study of the relationship between environmental innovation and competitiveness of Brazilian companies through empirical evidence. The article also presents an analysis on the relationship between regulation and environmental innovations, in order to verify how the compulsory introduction of environmental technologies affects the competitive performance of companies. Based on the PINTEC 2003 microdata, the results show that firms that introduce environmental innovations are more likely to achieve a reduction in production costs and improved quality of products in comparison with other innovative firms. Regarding regulations, the article shows that when firms adopt environmental innovations as a way of adapting to internal and external regulations and standards, there's less chance of improving product quality and reduce production costs compared to firms that introduce environmental innovations in general.

**Keywords:** **environmental innovation, regulation, cost, quality, competitiveness**

**Eixo temático:** G) A Economia Verde e as Inovações Tecnológicas Ambientais

**Sub seção:** Inovações tecnológicas e sociais e a sua replicabilidade

## **I. Introdução**

A tecnologia tem uma natureza dual quando se analisa sua relação com o meio ambiente. Ao mesmo tempo que ela é geradora de poluição, ela pode auxiliar a mitigar a emissão de resíduos, substituir atividades poluentes e diminuir danos ambientais. Nesse sentido, o avanço tecnológico de geração e difusão de tecnologias mais limpas permite aumentar a eficiência no uso dos recursos naturais e reduzir os impactos ambientais negativos, ou seja, as inovações ambientais (IA) são um fator chave para a compreensão da dinâmica associada à criação de um desenvolvimento mais sustentável.

No entanto, existem relativamente poucos estudos que analisam as questões acerca das inovações ambientais. Assim, pode-se afirmar que o debate sobre suas características, seus determinantes e as consequências sobre a performance econômica das empresas que as introduziram ainda é incipiente. Uma das principais questões nesse debate é que muitas firmas ainda vêem a questão ambiental como um custo e não como uma oportunidade. Outro importante ponto de discussão é que apesar da regulação ser um dos principais determinantes da inovação ambiental, existem muitas divergências sobre a resposta inovativa das firmas decorrente de uma restrição de política ambiental.

Desse modo, o presente artigo busca avançar no debate sobre as inovações ambientais através de uma análise empírica a respeito da competitividade das firmas brasileiras que introduziram as questões ambientais nas suas estratégias inovativas, na tentativa de verificar se a geração de inovações ambientais pode ser vista como uma oportunidade de melhora na performance econômica.

O estudo também realiza uma análise sobre a relação entre a competitividade e a resposta inovativa das firmas às regulamentações e normas do mercado interno e externo, com o objetivo de verificar de que maneira a introdução obrigatória de tecnologias ambientais afeta o desempenho competitivo das empresas. Para realizar essas análises, o estudo utiliza a base de microdados da PINTEC 2003.

A artigo está dividido da seguinte maneira: a seção II faz uma revisão bibliográfica das relações entre inovação ambiental, regulação e performance

competitiva, analisando as divergências no debate. A seção III apresenta um modelo empírico para verificar se as inovações ambientais devem ser vistas como um custo ou oportunidade para as empresas. A seção IV, por sua vez, analisa empiricamente a questão da regulação. Por fim, a seção V apresenta as conclusões.

## **II. Inovação Ambiental, Regulação e Competitividade: uma abordagem teórica.**

A inovação ambiental (IA) é basicamente uma inovação que reduz ou elimina os impactos ambientais causados por determinada firma. Uma das suas principais características está relacionada à geração de uma “dupla externalidade”, que tem como consequência o aumento das falhas de mercado. A IA gera *spillovers* típicos das atividades de P&D, ou seja, é a externalidade da própria criação de conhecimento. Além disso, ela gera externalidades nas fases da sua adoção e difusão devido ao impacto positivo no meio ambiente.

Apesar dos obstáculos à criação de IA devido às falhas de mercado, existem diversas outras motivações para a geração de IA. Primeiramente, a IA não é induzida somente pela necessidade de redução de custos e lucro individual das firmas. A pressão consumidora exerce um importante papel nesse cenário, pois o consumo consciente tem crescido significativamente. Por outro lado, a firma também pode introduzir inovações que tenham como objetivo reduzir os impactos ambientais de maneira espontânea, pois essa atitude pode fazer parte da própria estratégia inovativa/ambiental da empresa.

Na análise dos determinantes da IA, Oltra (2008) argumenta que, apesar dos impactos positivos sobre o meio ambiente, seu principal diferencial está relacionada ao papel determinante da regulação em decorrência da existência da dupla externalidade, pois é o principal fundamento acerca da necessidade de instrumentos de política para estimular ações de preservação ambiental. Desse modo, pode-se afirmar que a regulação aparece como forte indutora das IA, ou seja, os determinantes da IA vão além dos elementos de *technology push* e *demand pull*, incluindo, portanto, fatores de política ambiental (*regulatory*

*pull/push*), além de medidas organizacionais voltadas à esfera ambiental e determinantes específicos de cada firma.

As implicações da regulação ambiental sobre o desempenho econômico e o comportamento inovativo das empresas envolve uma complexa relação entre diversas variáveis. As regulamentações ambientais são socialmente necessárias, pois podem gerar atitudes menos agressivas ao meio ambiente. Por outro lado, as regulamentações ambientais podem modificar o comportamento das empresas, alterando o desempenho econômico das mesmas. No entanto, a forma como as firmas respondem às normas ambientais através das suas capacidades inovativas e o consequente desempenho econômico está longe de ser consensual.

A teoria neo-clássica argumenta sobre a existência de um *trade-off* entre a competitividade da firma e sua performance ambiental. Empresas que reduzem seus danos ambientais para se adaptar à alguma forma de regulamentação acabam por incorrer em um aumento do custo de produção, com consequentes perdas de competitividade. Por outro lado, tais regulamentações trazem benefícios sociais ao induzir as empresas a preservarem o meio ambiente. Ou seja, o enfoque tradicional afirma que há um *trade-off* entre os benefícios sociais da maior preservação ambiental e a elevação dos custos privados<sup>1</sup>.

Por outro lado, Porter e Van der Linde (1995) afirmam que essa abordagem teórica é inadequada para analisar as relações entre meio ambiente e competitividade, pois ela seria restrita à uma visão estática, na qual a tecnologia, os produtos, processos e as preferências dos consumidores são consideradas fixas. Para os autores, as vantagens competitivas de uma indústria dinâmica são baseadas na inovação e na sua contínua melhoria.

Nesse contexto, as regulamentações ambientais podem induzir as firmas a buscarem oportunidades tecnológicas ainda inexploradas. Num ambiente de racionalidade limitada, um choque externo como uma nova restrição ambiental pode estimular a busca por novos caminhos que podem levar a oportunidades de lucro não identificadas anteriormente. A regulação também pode gerar vantagens competitivas para as firmas que tenham se adaptado mais rápido às regras, pois a

---

<sup>1</sup> As hipóteses por trás desta teoria são que os agentes são perfeitamente racionais, maximizadores e, portanto, qualquer regulamentação imposta provocaria uma elevação em seus custos, já que estes já estariam minimizados antes de sua imposição.

geração de uma resposta inovativa anterior às demais concorrentes acarreta vantagens de ser um *first-mover*, como aumento do *market-share* e incremento da capacidade de *learning-by-doing*. A regulação pode, portanto, caracterizar uma situação ‘*win-win*’, pois ela é capaz de gerar benefícios econômicos e ambientais ao mesmo tempo. Assim, a perspectiva de Porter e Van der Linde (1995) reflete o centro de uma abordagem alternativa da relação entre regulação e competitividade, sugerindo que o processo competitivo é caracterizado pela presença de oportunidades tecnológicas dinâmicas associadas à informação incompleta, inércia organizacional e problemas de controle e gestão.

Os autores ainda argumentam que a imposição de regulamentações ambientais apropriadas pode induzir as firmas a adotarem inovações que, no mínimo, irão compensar os custos de cumprimento com tais normas. Muitas vezes, o cumprimento com a regulamentação está associado ao aumento da produtividade dos recursos e, conseqüentemente, aumento da competitividade da firma, pois a poluição pode ser um tipo de desperdício econômico na medida em que os resíduos industriais podem ser reutilizados em vários casos como cogeração de energia, reutilização de substâncias e reciclagem de materiais. Como esses resíduos são embutidos nos preços, os consumidores pagam pela sua utilização abusiva. Assim, o uso mais racional dos recursos através da introdução de inovações pode aumentar a produtividade da firma e torná-la mais competitiva, reduzindo os custos e melhorando a qualidade dos produtos.

No entanto, deve-se ressaltar que não é toda regulação que gera soluções inovativas eficientes, pois seus resultados dependem do tipo do instrumento regulatório adotado, além do contexto e da estrutura na qual ele é inserido. Na maioria das vezes, a regulação induz a inovações do tipo *end-of-pipe* (na qual o aparato técnico é colocado somente no final do processo produtivo e não modifica o modo de produção) em contraposição às tecnologias de produção mais limpas (*pollution prevented*), nas quais a redução da poluição é na fonte e ocorre uma mudança integrada no processo produtivo. Como as inovações do tipo *end-of-pipe* não são *drivers* de soluções tecnológicas e organizacionais integradas (ARUNDEL, *et al.*, 2007), elas podem ser menos vantajosas econômico e ambientalmente, principalmente no longo prazo. Como argumentam Young e

Lustosa (2001), ações do tipo *end-of-pipe* geralmente estão atribuídas ao aumento dos custos das empresas e perda de competitividade.

Outra importante crítica é que a intenção de redução futura de custos decorrente da introdução de novas tecnologias pode não se concretizar. Por outro lado, para que a regulação tenha efeitos significativos na geração de informação, o governo deve ter amplo conhecimento dos problemas ambientais decorrentes de certa atividade econômica (JAFFE *et al.*, 2000). Além disso, caso a regulação seja direcionada à uma determinada tecnologia e não ao nível de emissão, ela pode inibir processos inovativos mais eficientes ambientalmente, além de não existir incentivos financeiros para redução de poluição.

Diante disso, pode-se afirmar que a IA não pode ser considerada uma resposta direta à regulação, pois não existe um incentivo único e unidirecional para estimular as IA e, assim, ela deve ser considerada um resultado de um amplo complexo interativo: *“As a matter of fact, they are not only seen as an imperative way of complying with regulation, but also as a source of competitiveness and a way of improving the public image of firms.”* (OLTRA & SAINT JEAN, 2007, p.1).

Portanto, pode-se afirmar que existe uma possibilidade da introdução e difusão de inovações e tecnologias ambientais aumentar a produtividade dos recursos naturais utilizados como insumos e minimizar a poluição. Essas novas tecnologias podem reduzir os custos de produção, aumentar o valor agregado do produto e gerar diferenciação frente aos concorrentes. No entanto, quando a introdução dessas inovações ambientais são induzidas pela regulação, muitas ainda são as divergências em relação às conseqüências da performance competitiva das firmas.

Assim, a seção III busca verificar empiricamente se a introdução das questões ambientais nas estratégias inovativas das firmas realmente pode ser vista como um fator de diferenciação das empresas através do fortalecimento da competitividade, questionando se as firmas que geram inovações ambientais têm um desempenho de mercado melhor do que outras empresas inovadoras. A seção IV, por sua vez, analisa se as empresas que introduziram inovações ambientais

como resposta às regulamentações do mercado externo e interno também apresentaram uma melhor performance econômica.

### **III. Inovação Ambiental e Competitividade: evidências empíricas**

#### **III.1 Metodologia**

Diante do debate descrito na seção anterior, a presente seção realiza uma análise empírica sobre performance competitiva das firmas que introduziram inovações que geraram redução dos impactos ambientais. Para tal, utiliza-se a base de microdados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) 2003, que possui questões específicas sobre o processo inovativo das empresas brasileiras.

As firmas não inovadoras foram excluídas da amostra, uma vez que o objetivo é comparar as empresas que realizaram inovações com significativa redução dos impactos ambientais com as que realizaram inovações que não diminuíram a degradação ambiental.

Algumas variáveis foram definidas como *proxies* de inovação ambiental. Primeiramente, foi definida a variável binária ‘*Environment*’ (EN) pela combinação das perguntas abaixo (do questionário da PINTEC 2003):

- Reduziu o consumo de matéria prima
- Reduziu o consumo de energia
- Reduziu o consumo de água
- Permitiu reduzir o impacto sobre o meio ambiente e controlar aspectos ligados à saúde e segurança

Essa variável possui valor um caso a firma tenha declarado que sua inovação de produto ou processo teve impacto alto ou médio em alguma das perguntas citadas. Caso a firma tenha declarado impacto baixo ou não relevante para os itens descritos, a variável se torna zero.

Para criar as outras *proxies* de inovação ambiental, a variável ‘*Environment*’ foi separada em ‘*Recursos Naturais*’ (RN) e ‘*Meio Ambiente, saúde e segurança*’ (MSS). A variável ‘*Recursos Naturais*’ é definida pelo

impacto da inovação na redução de água, matéria-prima e energia, enquanto a variável ‘*Meio Ambiente, saúde e segurança*’ é definida pelas inovações que geraram significativa redução do impacto ambiental e controle dos aspectos relacionadas à saúde e segurança.

Outras três variáveis foram criadas de maneira semelhante: ‘Competitividade’, ‘Custo’ e ‘Qualidade’. A ‘Competitividade’ busca verificar o efeito da inovação na performance competitiva da firma. Caso a empresa tenha declarado que sua inovação gerou um efeito de alta ou média importância para alguma das perguntas abaixo, a variável se torna um. Caso contrário, zero.

- Permitiu manter a participação da empresa no mercado
- Ampliou a participação da empresa no mercado
- Permitiu abrir novos mercados

A variável ‘Custo’ tem como objetivo capturar o efeito da inovação na redução do custo ou aumento da capacidade produtiva da empresa. Essa variável é baseada nas seguintes perguntas e segue a mesma metodologia de definição das variáveis binárias anteriores.

- Aumentou a capacidade produtiva
- Aumentou a flexibilidade da produção
- Reduziu custos de produção
- Reduziu custos de trabalho

A variável ‘Qualidade’ busca verificar efeito da inovação no aumento da qualidade de produtos ofertados. Se a firma declarou alto ou médio impacto para as perguntas abaixo, a variável se torna um. Caso contrário, ela se torna zero.

- Melhorou a qualidade dos produtos
- Ampliou a gama de produtos ofertados

### **III.2. Resultados**

A tabela 1 apresenta as porcentagens das empresas inovadoras que realizaram inovações ambientais (EN) e inovações de maneira geral junto com a melhora na competitividade, redução de custo e aumento da qualidade dos

produtos e serviços. Vale ressaltar que a amostra é composta por 4533 empresas inovadoras, sendo que 1985 realizaram inovações ambientais (EN).

**Tabela 1: Porcentagem das firmas que realizaram inovações de maneira geral e inovações com significativa redução de impacto ambiental ('EN') e a relação com as variáveis especificadas**

	<b>Competitividade</b>	<b>Custo</b>	<b>Qualidade</b>
Firmas que não realizaram 'EN'	59.31%	37.63%	62.47%
Firmas que realizaram 'EN'	85.42%	84.80%	90.01%

Fonte: Elaboração própria com base na PINTEC 2003

De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que 85,42% das firmas que realizaram inovações ambientais também obtiveram melhora na performance competitiva. Para as firmas que realizaram inovações sem redução do impacto ambiental, o percentual das empresas que também obtiveram melhora na competitividade se reduz para 59,31%. Essa mesma tendência se repete para as outras variáveis. 84,8% das firmas que realizaram inovações ambientais também relataram redução nos seus custos. Para o caso das empresas inovadoras, mas que não incluem questões ambientais nas suas estratégias, esse percentual se reduz para 37,63%. Por fim, 90% das empresas que realizaram inovações com significativa redução do impacto ambiental também apresentaram melhora na qualidade dos produtos. Já para as firmas que realizaram inovações sem redução dos danos ambientais, apenas 62,47% apresentaram melhora na qualidade.

Os dados acima sugerem que pode existir uma relação entre inovações ambientais e redução de custos, aumento da qualidade dos produtos e serviços e melhora da performance competitiva da firma. Diante dessa evidência, surge uma questão: é possível afirmar que firmas que conectam suas estratégias inovadoras às questões ambientais têm maiores chances de apresentar redução de custos, melhora na qualidade e na competitividade? Ou seja, é possível estender os resultados e afirmar que existe uma tendência das inovações ambientais serem mais relacionadas a uma melhor performance no mercado?

Para verificar essas questões, uma análise empírica mais abrangente foi realizada, por meio de controles econométricos. O modelo Probit foi utilizado para verificar se as inovações ambientais são realmente mais relacionadas a uma melhor performance econômica que as inovações que não reduziram os impactos ambientais. A idéia era criar dois grupos homogêneos<sup>2</sup> de empresas, onde a diferença relevante seria o aspecto ambiental das inovações. O objetivo era obter dois grupos com características similares para que fosse possível testar a hipótese que as diferenças relacionadas à performance competitiva poderiam ser associadas ao fato da firma ligar sua estratégia inovadora às questões ambientais.

Inicialmente, o modelo foi definido de acordo com a equação abaixo:

$$(1) \text{ Competitividade} = \alpha_0 + \alpha_1 * \text{EN} + \alpha_2 * \text{Custo} + \alpha_3 * \text{Qualidade} + \text{II} + \epsilon;$$

A equação (1) sugere que a melhora na competitividade da firma é explicada pela redução de custos, aumento da qualidade e pela introdução das inovações ambientais. É importante ressaltar que as firmas não inovadoras foram excluídas da amostra. Desse modo, a variável ‘*Environment*’ representa o fator diferencial das inovações ambientais em relação às inovações que não estão relacionadas à questão ambiental. Ou seja, caso o coeficiente da variável ‘*Environment*’ seja positivo e significativo, isso reflete que as empresas que introduziram inovações ambientais têm mais chances de apresentar uma melhor performance competitiva que as demais empresas inovadoras.

O vetor II representa o conjunto de variáveis de controle e  $\epsilon$  é o distúrbio estocástico com distribuição normal. As variáveis de controle são as características das firmas: origem do capital controlador<sup>3</sup>, estado<sup>4</sup>, importância atribuída às atividades de P&D (alta, média, baixa ou não relevante), logaritmo da receita,

---

<sup>2</sup> Homogêneos no sentido que as empresas do mesmo grupo pertencem ao mesmo setor, têm tamanhos parecidos, produzem para mercados similares, atribuem a mesma importância à P&D, têm a mesma origem do capital controlador e estão localizadas no mesmo estado. Também é observado se a inovação foi motivada ou não pela regulação.

<sup>3</sup> Origem 1 se refere a empresas com capital nacional; origem 2 a empresas com capital misto e origem 3 a empresas com capital estrangeiro. No modelo, o capital nacional foi escolhido como a variável base. Assim, os coeficientes da origem 2 e 3 são apresentadas em relação ao capital nacional.

<sup>4</sup> Foi considerado o estado da sede da empresa.

número de trabalhadores e principal mercado da firma<sup>5</sup>. O efeito da regulação e normas internas e externas na decisão das firmas de introduzir inovações ambientais também foi considerado<sup>6</sup>. A matriz de variância e covariância leva em consideração clusters de setores de acordo com a classificação da CNAE a três dígitos. Os resultados da equação 1 se encontram na tabela abaixo.

**Tabela 2 – Efeito das variáveis ‘Environment’, ‘Custo’ e ‘Qualidade’ sobre a ‘Competitividade’**

Modelo Probit:			
Variável dependente: ‘Competitividade’			
Variáveis explicativas	Efeito marginal		Desvio padrão
<i>Environment</i>	0,0301409		0,0226008
<b>Custo</b>	0,1205376	***	0,0232404
<b>Qualidade</b>	0,4883803	***	0,0342033
Regulação	0,1646868	***	0,0201363
<b>MacFadden Pseudo R2</b>		0,3240	
<b>Número de observações</b>		4495	
Nota: * Significante a 10%, ** Significante a 5%, *** Significante a 1%			
Logarítmo da renda, Mercado exportador (EUA, Europa, MERCOSUL e outros mercado), Importância do P&D, Capital controlador (estrangeiro e misto), Unidades da federação e setor foram incluídos como variáveis de controle, mas não são apresentados para simplificar a apresentação dos resultados <sup>7</sup>			

Fonte: Elaboração própria com base na PINTEC 2003

De acordo com o modelo acima, percebe-se que a variável ‘*Environment*’ não é significativa e, portanto, a performance competitiva é basicamente explicada pelos impactos da inovação na redução de custos e melhora na qualidade dos

<sup>5</sup> A empresa poderia responder sobre o seu principal mercado, optando por uma das seguintes opções: estadual, regional ou nacional, Mercosul, EUA ou Europa. As três primeiras opções foram agrupadas como ‘mercado interno’. Em seguida, três variáveis *dummies* foram criadas: mercado 4 (MERCOSUL), mercado 5 (EUA) e mercado (Europa). Os coeficientes de cada *dummy*, deve ser interpretado em relação ao mercado interno.

<sup>6</sup> Para efeitos de controle, foi inserida a variável “regulação” para captar a introdução da inovação ambiental como forma de adaptação às normas e padrões relativos ao mercado interno ou externo.

<sup>7</sup> Optou-se por não analisar os resultados das variáveis de controle. A variável de controle, por definição, é inserida no modelo como uma forma de conferir maior robustez à relação entre a variável dependente e as variáveis explicativas. Estender os resultados para as variáveis de controle exigiria um tratamento econométrico mais robusto.

produtos e serviços. Portanto, fica claro que as inovações ambientais não têm um efeito direto sobre a variável ‘Competitividade’. No entanto, esse resultado levanta outra questão: as inovações ambientais poderiam ter um efeito indireto sobre a performance competitiva das firmas através da redução de custos e melhora na qualidade? Para analisar essas hipóteses, foram utilizadas as variáveis ‘Recursos Naturais’ e ‘Meio Ambiente, saúde e segurança’ para melhor captar os efeitos das inovações ambientais sobre as variáveis dependentes, de acordo com as equações abaixo:

$$(2) \text{Qualidade} = \alpha_0 + \alpha_1 * \text{RN} + \alpha_2 * \text{MSS} + \text{[]} + \epsilon;$$

$$(3) \text{Custo} = \alpha_0 + \alpha_1 * \text{RN} + \alpha_2 * \text{MSS} + \text{[]} + \epsilon;$$

As tabelas 3 e 4 abaixo apresentam os resultados dos modelos Probit.

**Tabela 3 – Efeito das variáveis ‘RN’ e ‘MSS’ sobre a ‘Qualidade’**

<b>Modelo Probit</b>			
<b>Variável dependente: Qualidade</b>			
<b>Variáveis explicativas</b>	<b>Efeito Marginal</b>		<b>Desvio Padrão</b>
Meio ambiente, saúde e segurança (MSS)	0.1532825	***	0.0195868
Recursos naturais (RN)	0.1650937	***	0.0220836
Regulação	0.1358334	***	0.0205056
<b>MacFadden Pseudo R2</b>			
	0.1497		
<b>Número de observações</b>			
	4495		
Nota: * Significante a 10%, ** Significante a 5%, *** Significante a 1%			
Logarítmo da renda, Mercado exportador (EUA, Europa, MERCOSUL e outros mercado), Importância do P&D, Capital controlador (estrangeiro e misto), Unidades da federação e setor foram incluídos como variáveis de controle, mas não são apresentados para simplificar a apresentação dos resultados			

Fonte: Elaboração própria com base na PINTEC 2003

**Tabela 4 – Efeito das variáveis ‘RN’ e ‘MSS’ sobre o ‘Custo’**

<b>Modelo Probit</b>			
<b>Variável dependente: custo</b>			
<b>Variáveis explicativas</b>	<b>Efeito marginal</b>		<b>Desvio Padrão</b>

Meio ambiente, saúde e segurança (MSS)	0.321624	***	0.0263656
Recursos naturais (RN)	0.4054833	***	0.0265016
Regulação	0.0635705	***	0.0245771
<b>MacFadden Pseudo R2</b>			
	0.2194		
<b>Número de observações</b>			
	4495		
Nota: * Significante a 10%, ** Significante a 5%, *** Significante a 1%			
Logaritmo da renda, Mercado exportador (EUA, Europa, MERCOSUL e outros mercado), Importância do P&D, Capital controlador (estrangeiro e misto), Unidades da federação e setor foram incluídos como variáveis de controle, mas não são apresentados para simplificar a apresentação dos resultados			

Fonte: Elaboração própria com base na PINTEC 2003

Os resultados apresentados revelam que as variáveis *proxies* de inovação ambiental ‘RN’ e ‘MSS’ são significantes a 1% tanto para explicar seu efeito na melhora da qualidade dos produtos quanto na redução dos custos de produção das firmas. Isso significa que as firmas que introduziram inovações que levam em consideração a questão ambiental têm maiores chances de obter melhora na qualidade que as firmas que inovaram, mas que não introduziram inovações ambientais. A mesma tendência é apontada pelos resultados da tabela 4: dentro do grupo das empresas inovadoras, as que introduziram inovações ambientais têm uma maior probabilidade de reduzir os custos.

Juntando os resultados descritos pela seção, pode-se verificar como os aspectos relacionados ao meio ambiente estão relacionados à performance econômica das firmas. Os dados apresentados sugerem que os aspectos ambientais não são um fator determinante direto para explicar uma melhora na competitividade das empresas. No entanto, eles têm um importante efeito indireto através da redução de custos e melhora na qualidade dos produtos e serviços ofertados. Assim, firmas que incluem aspectos relacionados à sustentabilidade ambiental nas suas estratégias inovativas têm maiores chances de obter uma melhor performance competitiva que as demais firmas inovadoras.

#### **IV. Regulação, Inovação Ambiental e Competitividade: evidências empíricas**

A presente seção busca verificar empiricamente as relação entre a introdução de inovações ambientais de maneira geral e a geração dessas inovações como resposta a normas e regulamentações e o conseqüente desempenho competitivo das empresas.

#### IV.1. Metodologia

Para realizar uma análise mais profunda no que tange à questão da regulação e sua relação com a introdução de inovações ambientais, além das variáveis descritas na seção III e foram criadas mais algumas outras.

Para definir melhor a regulação, foram criadas variáveis com base nas perguntas do questionário da PINTEC 2003 sobre o enquadramento das inovações em normas do mercado interno (*internal\_reg*) e externo (*external\_reg*). Elas se tornam um caso a firma tenha declarado importância alta ou média para essas perguntas. Caso contrário, as variáveis se tornam zero.

Além disso, foi definida a variável ‘MSS\_ *internal\_reg*’ (*MSS\*internal\_reg*) que busca verificar como a geração de inovação relativa ao Meio Ambiente, Saúde e Segurança (*MSS*) como uma resposta para se adaptar às regulamentações e normas relativas ao mercado interno pode impactar na competitividade. A variável ‘MSS\_ *external\_reg*’ (*MSS\*external\_reg*) segue a mesma metodologia, mas está relacionada às regulamentações referentes ao mercado externo<sup>8</sup>.

As equações abaixo evidenciam a tentativa de captar os efeitos indiretos das inovações ambientais e da regulação sobre a competitividade das empresas através do aumento da qualidade dos produtos e da redução de custos.

$$(4) \text{Qualidade} = \alpha_0 + \alpha_1 * \text{RN} + \alpha_2 * \text{MSS} + \alpha_3 * \text{MSS} * \text{internal\_reg} + \alpha_4 * \text{MSS} * \text{external\_reg} + \alpha_5 * \text{external\_reg} + \alpha_6 * \text{internal\_reg} + \text{II} + \epsilon;$$

$$(5) \text{Custo} = \alpha_0 + \alpha_1 * \text{RN} + \alpha_2 * \text{MSS} + \alpha_3 * \text{MSS} * \text{internal\_reg} + \alpha_4 * \text{MSS} * \text{external\_reg} + \alpha_5 * \text{external\_reg} + \alpha_6 * \text{internal\_reg} + \text{II} + \epsilon;$$

---

<sup>8</sup> A variável RN não foi relacionada às questões acerca da regulamentação interna e externa pelo fato dessa variável estar muito relacionada à estratégia de otimização das firmas e, por isso, poderia criar uma viés na análises da questão ambiental.

## IV.2. Resultados

As tabelas abaixo apresentam os resultados dos modelos (4) e (5).

**Tabela 5 – Efeito da regulação interna e externa sobre a variável ‘Qualidade’**

<b>Modelo Probit</b>			
<b>Variável dependente: qualidade</b>	<b>Efeito marginal</b>		<b>Desvio padrão</b>
RN	0,1644605	***	0,021986
MSS	0,1974962	***	0,0224997
MSS*External_reg	-0,2817809	**	0,108933
MSS*Internal_reg	-0,2940206	**	0,0857716
External_reg	0,1803109	***	0,027492
Internal_reg	0,1778783	***	0,0269365
<b>MacFadden Pseudo R2</b>			
	0,1571		
<b>Número de observações</b>			
	4495		
Nota: * Significante a 10%, ** Significante a 5%, *** Significante a 1%			
Logarítmo da renda, Mercado exportador (EUA, Europa, MERCOSUL e outros mercado), Importância do P&D, Capital controlador (estrangeiro e misto), Unidades da federação e setor foram incluídos como variáveis de controle, mas não são apresentados para simplificar a apresentação dos resultados			

Fonte: Elaboração própria com base na PINTEC 2003

**Tabela 6 – Efeito da regulação interna e externa sobre a variável ‘Custo’**

<b>Modelo Probit</b>			
<b>Variáveis explicativas</b>	<b>Efeito marginal</b>		<b>Desvio padrão</b>
RN	0,4053914	***	0,0264461
MSS	0,3630898	***	0,0318955
MSS *External_reg	-0,3311089	***	0,0814704
MSS *Internal_reg	-0,2811502		0,0695429
External_reg	0,134842	**	0,0591426
Internal_reg	0,0978228	**	0,0410259
<b>MacFadden Pseudo R2</b>			
	0,2245		
<b>Número de observações</b>			
	4495		

Nota: * Significante a 10%, ** Significante a 5%, *** Significante a 1%
Logarítmo da renda, Mercado exportador (EUA, Europa, MERCOSUL e outros mercado), Importância do P&D, Capital controlador (estrangeiro e misto), Unidades da federação e setor foram incluídos como variáveis de controle, mas não são apresentados para simplificar a apresentação dos resultados

Fonte: Elaboração própria com base na PINTEC 2003

Pelas tabelas acima, é possível verificar que as quando as firmas realizam inovações ambientais como uma resposta à regulação externa ou interna, a probabilidade de aumentar a competitividade dos seus produtos diminui (esse resultado é verificado pelo coeficiente negativo da variável  $MSS*external\_reg$  e  $MSS*internal\_reg$ ). Já quando as empresas introduzem inovações ambientais (sem filtrar pela regulamentação), aumenta a probabilidade de melhora na competitividade (esse resultado é verificado pelo coeficiente positivo da variável  $MSS$ ).

Portanto, pela análise das tabelas 5 e 6, pode-se afirmar que as empresas que adotam inovações ambientais como resposta às normas e regulamentações internas e externas são menos propensas a reduzirem seus custos de produção e aumentar a qualidade de seus produtos em comparação com as firmas que introduzem esse tipo de inovação de maneira geral. Uma hipótese para esse resultado é que as inovações ambientais realizadas pelas empresas com o objetivo de se ajustar às regulamentações são do tipo *end-of-pipe*, enquanto as inovações ambientais introduzidas sem esse objetivo são eco-eficientes. Mais uma vez, isso sugere que as inovações do tipo *end-of-pipe* não são eficientes no longo prazo, como já havia apontado Young e Lustosa (2001). Além disso, esses resultados corroboram a argumentação de Arundel *et al.* (2007), que afirmam que as inovações *end-of-pipe* não geram soluções tecnológicas e organizacionais integradas, pois não tornam a estrutura do processo produtivo mais limpa.

Por outro lado, pode-se afirmar que esses resultados podem ser consequência de uma inadequação das políticas ambientais que, ao utilizarem instrumentos que não se encaixam nas especificidades locais, acabam por inibir a geração e difusão de tecnologias ambientais mais eficientes. Por exemplo, como foi dito, caso a regulação seja direcionada à uma determinada tecnologia e não ao nível de emissão, ela pode inibir processos inovativos mais eficientes ambientalmente. Além disso, a falta de incentivos financeiros para redução de

poluição pode não gerar estímulos suficientes para as firmas adotarem estratégias inovativas que tenham como objetivo reduzir a degradação ambiental.

## **V. Conclusões**

Com base no debate acerca da inserção das questões ambientais nas estratégias inovativas das firmas, o presente artigo buscou verificar empiricamente se a introdução de inovações que tenham como conseqüência a redução dos impactos ambientais podem ser consideradas um custo ou uma oportunidade para as empresas. Além disso, o artigo também analisou as questões referentes à introdução de inovações ambientais como resposta às normas e regulamentações internas e externas para verificar de que forma uma imposição de política pode impactar a competitividade das firmas que inovam ambientalmente.

No que tange à relação das inovações ambientais com a competitividade das firmas, os resultados das análises evidenciaram que as empresas que introduziram inovações ambientais têm maior probabilidade de obter uma redução nos custos de produção e melhora na qualidade dos produtos ofertados em comparação com as demais firmas inovadoras. Ou seja, as empresas que incluíram as questões ambientais nas estratégias inovativas têm, em média, uma melhor performance competitiva que as empresas que introduziram inovações sem redução dos impactos ambientais. Vale ressaltar que essa relação das inovações ambientais com a melhora na competitividade não é direta, mas se dá através da redução dos custos e aumento da qualidade. Esse resultado pode ser considerado robusto, pois como as firmas não inovadoras foram excluídas da amostra, as análises sugerem que, dentro do grupo das empresas inovadoras, as que têm maiores chances de aumentar a competitividade são as empresas que implementaram inovações com significativa redução do impacto ambiental.

Esse resultado é interessante, pois sinaliza que as inovações ambientais têm sido utilizadas pelas empresas brasileiras como uma maneira de diferenciação frente aos concorrentes, através da geração de vantagens competitivas. Nesse caso, como a inserção da questão ambiental nas estratégias empresariais é de fato um fator de diferenciação, significa que existe um amplo canal para que as firmas

busquem trajetórias tecnológicas que sejam compatíveis com a sustentabilidade ambiental. Assim, como já apontavam diversos autores (Romeiro & Salles Filho, 1997; Corazza, 1996; Porter & Van der Linde, 1995), é necessário que as firmas superem cada vez mais a visão unilateral da conservação do meio ambiente como um custo e passem a considerar como uma real fonte de oportunidades.

O trabalho também evidencia que quando as firmas adotam inovações ambientais como uma maneira de adaptação às normas internas e externas, existe uma menor probabilidade de melhorar a qualidade dos produtos e reduzir os custos de produção em comparação com as empresas que introduzem essas inovações de maneira geral. Mais uma vez, pode-se afirmar que as inovações ambientais não podem ser consideradas como respostas diretas à regulação, pois não existe um incentivo único e unidirecional para estimulá-las (Oltra & Saint Jean, 2007).

Portanto, as políticas de preservação ambiental e de estímulo às inovações não devem mais ser analisadas de forma separadas. Se essas políticas atuarem em conjunto, elas podem gerar incentivos para redução de emissão de por parte das firmas, pois estas passariam a buscar caminhos tecnológicos alternativos para reduzir os danos ambientais. Além disso, as políticas tecnológicas podem ter um menor custo caso sejam utilizadas como complementares e não como substitutas às políticas ambientais. Na ausência da aplicação dessas políticas de maneira sincronizada, as empresas têm pouco incentivo para mudar para uma trajetória tecnológica mais sustentável. Ou seja, essas intervenções de política que tenham como objetivo internalizar o custo do dano ambiental podem induzir mudanças tecnológicas estimulando a criação de tecnologias ambientais (*technology forcing*) por parte das firmas. (Jaffe *et al.*, 2004).

Por fim, deve-se ressaltar que ainda são muitas as limitações do estudo. Os resultados referem-se às inovações ocorridas no período de 2000-2003 e, por isso, faz-se necessário que sejam realizadas outras pesquisas similares para outros anos para que seja possível verificar se os resultados encontrados não são relativos a um período específico de tempo. Além disso, a opção de utilizar um modelo econométrico com uma base de dados nacional tem a vantagem de gerar uma ampla visão sobre as inovações ambientais. No entanto, seria interessante que esse

esforço fosse complementado com estudos de caso que analisassem detalhadamente o impacto das inovações ambientais na competitividade das firmas, pois eles podem evidenciar quais são as vantagens competitivas específicas que geram esses efeitos. Recomenda-se também a realização de estudos mais profundos no que tange às políticas ambientais e a maneira como elas podem incentivar as firmas a adotarem inovações ambientais de maneira eficiente, reduzindo os impactos ambientais e gerando benefícios econômicos para as empresas.

## **BIBLIOGRAFIA**

ARUNDEL, A., KEMP, R. & PARTO, S. (2007). *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, pp 324 – 339.

FORAY, D.; GRÜBLER, A. Technology and the Environment: an Overview. *Technological Change and Economic Forecasting*. v. 53, n.1, p. 3-13, 1996.

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

JAFFE, A.; NEWELL, R. e STAVINS, R. (2000). *Technological Change and the Environment*. NBER Working Paper Series. Working paper no. 7970. Cambridge.

JAFFE, A.; NEWELL, R. e STAVINS, R. (2004). *A tale of two market failures: Technology and environmental policy*. RFF Discussion Paper-04-38.

LUSTOSA, M.C. *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.

LUSTOSA, M.C. *Inovação e Meio Ambiente no enfoque evolucionista: o caso das empresas paulistas*. XXVII Encontro Nacional da Anpec, Dezembro 2002.

OLTRA, V. *Environmental Innovation and Industrial Economics: the Contribution of Evolutionary Economics*. DIME Working Papers on Environmental Innovation, no. 7, 2008.

OLTRA, V. e SAINT JEAN, M. (2007). *Incrementalism of Environmental Innovations versus Paradigmatic Change: a comparative study of the automotive*

*and chemical industries*. 5<sup>th</sup> European Meeting on Applied Evolutionary Economics (EMAEE), 17-19 Maio, Manchester, UK.

PODCAMENI, M. G. B. (2007). *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.

PORTER, M., VAN DER LINDE, C. *Verde e Competitivo – Acabando com o Impasse*. In: *Competição*, capítulo 10. 1995.

ROMEIRO, A. R. ; SALLES FILHO, S. L. MONTEIRO . *Dinâmica de Inovações sob restrição ambiental*. In: Ademar Ribeiro Romeiro; Bastiaa Philip. (Org.). *Economia do Meio Ambiente: teoria políticas e a gestão de espaços regionais - 1º Edição*. Campinas: UNICAMP, 1997, v. 1, p. 85-124.

TAHIM, E.F. *Meio Ambiente, Inovação e Competitividade*. RedeSist, Texto para Discussão, maio 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.

YOUNG, C. E. F. ; ANDRADE PEREIRA, A. . *Controle Ambiental, Competitividade e Inserção Internacional: uma Análise da Indústria Brasileira*. In: XVIII Encontro Nacional de Economia - ANPEC, 2000.

YOUNG, C.E. F. *Environmental Innovation in the Brazilian Industry*. Nota técnica do projeto BRICS. 2006.