

**DETERMINANTES DA INOVAÇÃO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE EMPÍRICA SOBRE
A INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO DE MINAS GERAIS***

Maria Alice Ferreira

Doutora em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)
Departamento de Economia da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES)
E-mail: maria_alice16@hotmail.com

Maria Ivanilde Pereira Santos

Doutora em Ciências da Saúde pelo Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde (PPGCS/
UNIMONTES)
Departamento de Economia e Departamento de Saúde Mental e Saúde Coletiva da Universidade Estadual de
Montes Claros (UNIMONTES)
E-mail: ivanildps@yahoo.com.br

Emerson Costa dos Santos

Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)
Departamento de Economia da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES)
E-mail: emersoco@gmail.com

RESUMO: O tema inovação ambiental ou “ecoinovação” ganha destaque no Brasil a partir da Conferência Rio-92, passando a ser amplamente debatido no cenário contemporâneo, tanto em nível acadêmico quanto governamental. Entretanto, essa discussão se intensifica a partir da inclusão do termo inovação no sistema de ciência e tecnologia brasileiro a partir de 2011. Nessa perspectiva, o objetivo do trabalho foi identificar possíveis heterogeneidades dos determinantes em relação à decisão das firmas da indústria de transformação de Minas Gerais em realizar inovações convencionais e/ou inovações ambientais. Para tanto, utilizou-se um modelo *probit* bivariado para captar o grau de relevância de cada determinante da adoção desses dois tipos de inovação na indústria mineira. A base de dados utilizada foi proveniente da Pesquisa de Inovação Tecnológica para o período de 1998 a 2011. Como principais resultados, o estudo aponta que a regulação ambiental, a cooperação, o apoio do Governo e as técnicas de gestão ambiental impactam de forma mais expressiva sobre a probabilidade de as firmas em adotarem inovação ambiental. Destaca-se que o resultado deste estudo, além de identificar fatores motivadores de investimentos em inovações convencionais e ambientais, pode subsidiar políticas públicas no sentido de ampliar ações inovativas e estratégias sustentáveis na indústria mineira.

Palavras-chave: Inovação ambiental; Indústria; Minas Gerais.

Classificação JEL: O31; Q55; C23.

DETERMINANTS OF ENVIRONMENTAL INNOVATION: AN EMPIRICAL ANALYSIS ON THE TRANSFORMATION INDUSTRY OF MINAS GERAIS

ABSTRACT: The environmental innovation or “eco-innovation” theme has been highlighted in Brazil since the Rio-92 Conference, being widely debated in the contemporary scenario, both at the academic and governmental levels. However, this discussion intensifies from the inclusion of the term innovation in the Brazilian science and technology system from 2011. From this perspective, the objective of the work was to identify possible determinant heterogeneities in relation to the decision of Minas Gerais manufacturing industry firms to carry out conventional and/or environmental innovations. Therefore, a bivariate probit model was used to capture the degree of relevance of each determinant of the adoption of these two types of innovation in the mineira industry. The database used came from the Technological Innovation Survey for the period from 1998 to 2011. As main results, the study points out that environmental regulation, cooperation, government support and environmental management techniques have a more significant impact on the likelihood of firms adopting environmental innovation. It is noteworthy that the result of this study, besides identifying motivating factors for investments in conventional and environmental innovations, can subsidize public policies in order to expand innovative actions and sustainable strategies in the mineira industry.

Keywords: Environmental innovation; Industry; Minas Gerais.

JEL Codes: O31; Q55; C23.

1. Introdução

A questão da mudança dos padrões insustentáveis de produção e de consumo que geram grandes impactos sobre a utilização dos recursos naturais disponíveis no mundo é foco de intenso debate atual. Para uma melhor atuação do ser humano para minimizar os efeitos ambientais desses padrões, novas perspectivas socioeconômicas, tecnológicas, políticas e ambientais devem estar em consonância com as discussões desenvolvidas para melhorar a qualidade de vida da sociedade. Assim, a busca por alternativas que reduzam as pressões ambientais e atendam às necessidades básicas da humanidade é objetivo a ser atingido por todos que estão comprometidos com a questão ambiental.

A partir do final da década de 1980 e na década de 1990, a questão ambiental ganhou espaço no debate acadêmico, governamental e também nas preocupações sociais das empresas brasileiras ao se perceber o crescente interesse e preocupação da sociedade em relação ao meio ambiente. Metas ambientais passaram a ser definidas em convenções globais como as de Montreal (1987), Rio de Janeiro (1992) e Kyoto (1997). A meta do desenvolvimento sustentável ganhou comprometimento global, vinte anos após a reunião em Estocolmo, na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), que foi convocada a partir do reconhecimento de que os padrões de produção e de consumo, principalmente nos países desenvolvidos, haviam alcançado níveis insustentáveis, colocando em risco a estabilidade de diversos bens e serviços ambientais que garantem tanto a continuidade das atividades produtivas como a própria qualidade de vida (PNUMA, 2005).

Na conferência Rio-92, estabeleceu-se a Agenda 21, uma ação global para o século XXI, com uma visão de longo prazo para equilibrar necessidades econômicas e sociais com os recursos naturais do planeta. Desde então, setores da sociedade iniciaram um processo de adoção de políticas impondo requisitos ambientais a inúmeras atividades econômicas e a demanda por produtos ambientalmente menos agressivos cresceu em paralelo. Os padrões internacionais de eficiência ambiental se elevaram gradativamente e algumas instituições passaram a atrelar financiamentos de projetos aos resultados de avaliações ambientais (UNITED NATIONS, 1992). Desse modo, crescentes exigências do mercado, pressões dos consumidores e competitividade entre as empresas

fazem com que a adoção de princípios ambientais torne-se condição necessária à sobrevivência das empresas.

Nesse período, surge o conceito de inovação ambiental ou *eco-innovation* que segundo Kemp e Pearson (2008) é resultante da inovação com base no Manual de Oslo com a adição do fator ambiental. Assim, a “ecoinovação” é a produção, assimilação e exploração de um produto e/ou processo, serviços ou gestão, método que é novo para a organização e que resulta, ao longo de seu ciclo de vida, na redução de poluição e de outros efeitos negativos decorrentes da utilização dos recursos, em comparação com alternativas relevantes. Portanto, a inovação ambiental é basicamente uma inovação que reduz ou elimina impactos ambientais causados pela firma, sendo esses em âmbito local ou global e a inovação pode ser desenvolvida de maneira intencional e premeditada pela empresa ou acidental.

Dentre as diferentes organizações envolvidas com a questão ambiental, as empresas desempenham um papel importante, uma vez que seu produto alcança diretamente a população influenciando no seu consumo. Entretanto, o setor industrial é um dos que mais provoca danos ao meio ambiente, seja por seus processos produtivos, seja pela fabricação de produtos poluentes e/ou que tenham problemas de disposição final após sua utilização (PORTER; LINDE, 1995). Por esse motivo, a adequação dos padrões de produção para a minimização de impactos ambientais se torna de fundamental importância – por pressões externas da população, dos investidores, das organizações não governamentais que passaram a exigir das empresas soluções para o controle da poluição, do desmatamento e da degradação, e responsabilidade pelos seus processos de produção; ou internas, quando ocorre a percepção por parte dos agentes de que essas tecnologias favorecem os lucros.

O estado de Minas Gerais, em particular, especializou-se, desde a década de 1970, em atrair indústrias sujas e mais intensivas no uso de recursos naturais. O crescimento de tais indústrias na região estava ligado ao tipo de inserção brasileira na nova divisão internacional do trabalho, em que os países periféricos tornaram-se atraentes para a instalação de indústrias que exercem fortes impactos no meio ambiente, com consequências para a qualidade do meio ambiente e de vida local. Nesse contexto, em 1977, foi criada a Comissão de Política Ambiental do estado de Minas Gerais (COPAM), com competência para definir a política de meio ambiente no estado e o consequente repasse de recursos, no orçamento estadual, para as atividades de qualidade e de controle ambiental e sua implementação com evoluções na organização administrativa e orçamentária. A criação da COPAM, renomeada em 1988, como Conselho Estadual de Política Ambiental, constituiu-se um marco para início da implantação de políticas de meio ambiente no estado (RIBEIRO, 2006).

Assim, Minas Gerais foi um dos estados pioneiros na implantação da legislação ambiental e a preocupação governamental com questões ambientais tornou-se mais evidente. Organizações públicas estaduais que se concentram na temática do meio ambiente se tornaram muito mais frequentes, podendo ser citada como exemplo a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) que é um dos órgãos seccionais de apoio do COPAM e atua vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) (SERRANO; BARBIERI, 2008).

Por apresentar muitas características peculiares, tanto em termos locais e infraestruturais bem como fisiográficos, com grande disponibilidade de recursos naturais e matérias-primas, o estado de Minas Gerais concentra muitas empresas importantes para o desenvolvimento econômico e regional. Poucos estudos na literatura têm analisado, de forma específica, os efeitos da adoção de inovações ambientais por parte dessas empresas. Nesse sentido, o presente trabalho buscou identificar possíveis heterogeneidades entre os determinantes em relação à decisão da firma de realizar inovações convencionais¹ e inovações ambientais das firmas da indústria de transformação de Minas Gerais no período de 1998 a 2011.

A motivação do trabalho é contribuir de alguma maneira para o debate sobre a inovação ambiental e convencional das empresas mineiras, no que se refere à necessidade de identificar o que

¹ Para distinguir os conceitos, o presente estudo define a inovação tecnológica como inovação “convencional” e essa terminologia será utilizada ao longo do trabalho.

motiva as empresas de Minas Gerais a realizarem inovação que permita reduzir o impacto ambiental, de modo a possibilitar o desenvolvimento de políticas e estratégias mais sustentáveis. Para tanto, utilizou-se o método de estimativa *probit* bivariado, em que são incluídas no modelo duas variáveis dependentes binárias e considera-se a possibilidade de existência de um fator endógeno que relaciona essas variáveis, de maneira que a escolha por uma determinada decisão pode afetar, de forma direta, a probabilidade de a firma decidir pela outra opção. A hipótese sustentada pelo trabalho é de que a regulação é um importante determinante para a adoção tanto de inovação ambiental quanto de inovação convencional.

Este estudo está dividido em três seções, além desta introdução e das conclusões. A seção 2 compreende a abordagem teórica e da literatura empírica sobre a conceituação de inovação ambiental. A seção 3 apresenta a metodologia e a fonte das variáveis utilizadas e a seção 4 analisa os resultados encontrados por meio de estatísticas descritivas e estimação econométrica.

2. Teoria da inovação e inovação ambiental

O enfoque neoclássico sobre a inovação se inicia pela função de produção, em que insumos como trabalho e capital ou outros recursos são transformados em produtos. Assim, várias combinações de fatores são tecnicamente viáveis e os agentes econômicos são movidos pela racionalidade substantiva, para os quais o comportamento das empresas é pré-determinado pelo princípio da maximização e supõe-se um perfeito conhecimento do mercado pelos agentes econômicos. Metodologicamente, o argumento centra-se em dois aspectos fundamentais: equilíbrio e análise estática. A análise de equilíbrio significa que o sistema econômico apenas ajusta-se às mudanças geradas externamente, sem alterar os seus parâmetros estruturais. Alcançar o equilíbrio significa que as forças econômicas que anteriormente causaram sua perturbação cessaram de produzir seus efeitos, não havendo tendência a mudanças; se estas ocorrem, não se devem a movimentos endógenos, mas a eventos estranhos a ela (WALRAS, 1983).

Em contraponto, o enfoque evolucionário da firma vem sendo desenvolvido com grande vigor ao longo das décadas de 1970 e 1980, a partir de trabalhos pioneiros de Nelson e Winter (1977) e Dosi (1988) e surge de uma preocupação em se estabelecer um marco teórico alternativo à economia neoclássica, capaz de tratar de forma mais ampla o problema da mudança tecnológica. Trata-se, portanto, do que se pode chamar de “economia da mudança tecnológica” (DOSI, 1988) e que coloca a firma como elemento central na dinâmica capitalista.

O ponto inicial da teoria evolucionária está no abandono das premissas da teoria neoclássica de “racionalidade maximizadora”, “tendência de equilíbrio dos mercados” e “mecanismo de preço” como instrumento principal da concorrência entre firmas. Os evolucionários destacam o papel da inovação como determinante fundamental dos saltos de produtividade do sistema econômico e atribuem à ação da empresa privada, em busca do lucro, a função de agente propulsora da inovação. A teoria evolucionária insiste na necessidade de analisar a empresa como organização constituída por indivíduos distintos e com características cognitivas próprias. A diversidade leva à ideia de racionalidade limitada dos agentes econômicos que possuem características diferenciadas, resultado de um processo de aprendizado acumulado ao longo do tempo (TIGRE, 2005). A conceituação de inovação convencional e inovação ambiental pelas duas vertentes está apresentada no Quadro 1.

O que se pode observar por meio do Quadro 1 é que a teoria neoclássica se mostra limitada quando se busca estudar fenômenos complexos e, dadas as premissas da teoria evolucionária apresentadas, essa teoria apresenta-se como um referencial teórico consistente para abordar as questões que envolvem tecnologia e meio ambiente, pois trata o sistema econômico como inerentemente dinâmico e evolutivo baseado em um processo constante de inovação tecnológica, organizacional e institucional. Entretanto, cabe ressaltar que os pressupostos dos modelos neoclássicos são mais complacentes com os dados geralmente disponíveis, de modo que eles se mostram adequados para uma introdução ao tema, embora apresentem limitações para tratar de estudos de fenômenos complexos.

Quadro 1 – Conceituação Inovação Convencional e Inovação Ambiental

| Visão Neoclássica | Visão Evolucionária |
|---|--|
| A firma é vista como uma “caixa preta” que combina fatores de produção disponíveis no mercado para produzir produtos comercializáveis. A análise interna da firma não constitui uma questão relevante, pois, em situação de concorrência perfeita e na ausência de progresso técnico, a firma teria pouca escolha a fazer | A firma realiza esforços inovativos para a introdução de novos produtos e/ou processos com a finalidade de buscar vantagens competitivas. Em caso de sucesso da inovação, a firma pode dispor de um lucro de monopólio, mesmo que temporário. O processo de difusão tecnológica tende a reduzir os lucros extraordinários advindos da inovação. As firmas inovadoras reagem à perda de lucros ou à ameaça buscando outras inovações. |
| A inovação é vista sob a perspectiva das falhas de mercado, particularmente em relação à produção de conhecimento, que se caracteriza por ser incerta, indivisível, assumir aspectos de bem público, apresentar externalidades e ausência de garantias de apropriabilidade, não havendo incentivos para que as firmas desenvolvam inovação. | O processo inovativo é como busca, descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos produtos, processos produtivos e formas organizacionais; e ele é caracterizado por um elevado grau de incerteza, associada à impossibilidade de prever <i>ex ante</i> o resultado do esforço inovativo e os desdobramentos da inovação. |
| As inovações ambientais fornecem, além do efeito de <i>spillover</i> inerente às inovações, mais uma externalidade, ou seja, reduzem a carga ambiental beneficiando a sociedade a custos elevados. | As inovações ambientais podem gerar uma mudança tecnológica que seja voltada à sustentabilidade. Caso sejam incorporadas de forma significativa no processo de desenvolvimento econômico, o meio ambiente pode se tornar um elemento importante na reconfiguração de um novo paradigma tecnoeconômico “verde”. |
| Não há preocupação em relação às especificidades setoriais ou das firmas, ao tratar a firma como agente individual, sem reconhecê-la como entidade coletiva, dotada de objetivos e regras diferenciadas. | A existência de um grande número de tecnologias e suas respectivas lógicas internas e trajetórias evolutivas, em determinados setores, indústrias ou firmas, dá-se em meio a incentivos e oportunidades diferentes, devido aos distintos graus de complexidade e especificidade de cada conhecimento tecnológico base. |

Fonte: Elaboração própria com base em Tigre (2005), Dosi (1988) e Freeman (1996).

2.1. Evidências empíricas: determinantes da inovação ambiental

A literatura empírica sobre os determinantes de inovações ambientais teve sua sustentação no fato de que essas inovações diferem de outras inovações como externalidades e impulsores da sua introdução, destacando, principalmente, a importância da regulação para acioná-los. Alguns autores viam apenas nas regulações 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 regulações ambientais, mas deve ser vista como resultado de um processo complexo e interativo (OLTRA, 2008). Assim, desde os anos de 1990, vários estudos empíricos tentam identificar outros determinantes desse tipo de inovação. Entretanto, essas pesquisas são muito heterogêneas em termos de metodologias e resultados, uma vez que uma das principais dificuldades é encontrar dados e indicadores adequados sobre inovações ambientais.

Nos estudos empíricos, verificaram-se algumas formas de mensurar a inovação ambiental. A discussão clássica aponta que a inovação ambiental pode ser medida pelo investimento direto em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) ou pelas patentes. Desse modo, enquanto alguns trabalhos consideram modelos de contagem em que a inovação ambiental é medida por variáveis contínuas, como, por exemplo, o investimento em P&D ou o número de patentes concedidas pela firma; outros estudos consideram modelos binomiais em que a inovação ambiental é representada por uma variável binária, que assume valor igual a 1 (um) se as firmas adotam inovação ambiental e 0 (zero) caso contrário.

Horbach e Rennings (2012) testaram se a inovação ambiental é movida por diferentes determinantes. Com base na Pesquisa de Inovação da Comunidade Alemã em 2009, com 7.061

empresas dos setores de mineração e pedreiras, manufatura, fornecimento de energia e água e de serviços, os autores estimaram um modelo *probit* e concluíram que, exceto para as inovações ambientais que têm impacto sobre a redução de material e consumo de energia, a regulação ambiental apresenta correlação positiva e significativa com a adoção dos outros tipos diferentes de inovação ambiental.

Del Rio et al. (2011) utilizaram um modelo de dados em painel das Indústrias de transformação espanholas no período 2000-2006 e confirmaram a relevância da regulação ambiental e da intensidade de capital físico para explicar o investimento em tecnologias ambientais. Os autores verificaram que os determinantes de inovação ambiental podem ser diferentes entre a adoção de tecnologias limpas e *end-of-pipe*. Nesse estudo, inovação ambiental é medida como um investimento em tecnologias ambientais e a regulação ambiental é representada pela intensidade de gastos com proteção ambiental. Ademais, a intensidade de exportação apresentou uma correlação negativa com inovação ambiental, indicando, de acordo com os autores, que a proteção ambiental é sempre feita nos setores que são protegidos e altamente regulados, como, por exemplo, o de energia.

Brunnermeier e Cohen (2003) realizaram um estudo dos determinantes da inovação ambiental nas indústrias de transformação dos Estados Unidos entre 1983 e 1992. Os autores utilizaram o número de patentes ambientais de sucesso concedidas à indústria como uma *proxy* para a inovação ambiental. Os autores estavam interessados em entender como a adoção de inovação ambiental responderia em caso de mudanças nos gastos de redução de poluição e em caso de mudanças nas atividades de monitoramento do Governo, *proxies* para a política ambiental. Eles estimaram quatro modelos diferentes (efeitos fixos, Poisson, binomial negativo de efeitos fixos e efeitos aleatórios) e obtiveram resultados robustos concluindo que há uma relação positiva e significativa entre gastos de redução de poluição e número de patentes “verdes” concedidas pela firma. Não houve efeito de monitoramento das atividades sobre a inovação ambiental. Além disso, os autores encontraram uma correlação positiva entre as atividades inovativas e a intensidade de exportação. Eles interpretaram a intensidade da exportação como indicador da demanda externa por produtos mais ecológicos.

Wagner (2009) utilizou dados combinados e de patentes da pesquisa das empresas da indústria alemã para explorar a ligação entre a inovação ambiental, as patentes e as medidas de gestão ambiental. Ele encontrou que o nível de implementação de sistemas de gestão ambiental tem um efeito positivo exclusivamente sobre a inovação de processos ambientais, considerando que é negativamente associado com o nível geral de atividade de patentes de uma empresa. Em sua análise, uma combinação de pesquisas e dados de patentes ajudam a evitar o problema da autopercepção das atividades ambientais.

De Marchi (2012) explora a relação entre as estratégias de cooperação em P&D das empresas e sua propensão a introduzir inovações ambientais. Com base em dados do *Community Innovation Survey* das firmas espanholas (PITEC), a autora investigou especificidades que afetam mais como as inovações são desenvolvidas e, em particular, a maior importância da cooperação em P&D com parceiros externos. As estimativas econométricas, controlando o viés de seleção, sugerem que as empresas inovadoras ambientais cooperam em inovação com parceiros externos em maior escala do que com outras empresas inovadoras. Ademais, a cooperação com fornecedores e universidades é mais relevante do que para outros inovadores e conclui que há um efeito de substituição entre as atividades de cooperação e o esforço interno de P&D.

Especificamente relatando estudos sobre as firmas da indústria brasileira, Lucchesi et al. (2014), utilizando dados em painel entre 1998 e 2008 para o Brasil, apontam alguns determinantes da adoção de inovações ambientais. As variáveis utilizadas foram: regulação ambiental, tamanho, exportação, capital nacional e estrangeiro, *dummies* para os setores e para os estados. A hipótese de viés ambiental é verificada, o que indica que a regulação ambiental apresenta um papel importante para influenciar as firmas brasileiras a adotar tanto inovações ambientais tecnológicas quanto inovações ambientais organizacionais. Em relação especificamente ao processo inovativo em países em desenvolvimento, os resultados confirmam que empresas de capital estrangeiro têm maior probabilidade de adotar inovações “verdes”, geralmente através de transferência tecnológica e

acordos de licenciamento. O tamanho da firma, o fator da empresa ser exportadora e a intensidade de capital físico também são importantes determinantes da inovação ambiental nas indústrias de transformação brasileiras.

Oliveira et al. (2012) analisaram uma pesquisa inédita realizada com 2.400 empresas atuando no mercado brasileiro em diversos setores da indústria de serviços no período de 2009-2011. Alguns dos resultados obtidos foram: a maioria das empresas utiliza recursos próprios como a principal fonte financiadora da atividade inovativa e a pouca utilização de financiamentos e subsídios governamentais para a realização da inovação ambiental contrasta com a evidência de que os elevados custos para inovar são a maior barreira enfrentada pelas empresas. Os autores concluem que um maior conhecimento das fontes de financiamento e subvenção governamentais pode estimular a ocorrência de inovação ambiental no contexto das empresas brasileiras.

Gonçalves e Simões (2005) aplicaram técnicas de análise estatística multivariada a variáveis da PINTEC, referentes aos esforços de aprendizagem e incorporação tecnológica, com o objetivo de compreender as características dos esforços setoriais de inovação. Entre outras particularidades nacionais, os autores destacaram que o nível de gastos em atividades inovadoras é maior em setores que foram objetos da política industrial nas décadas de 1960 e 1970 – aeronáutica e siderurgia. Além disso, verificaram que setores com maiores oportunidades tecnológicas apresentam esforços reduzidos em P&D, o que revela a característica do sistema nacional de passividade e dependência de canais internacionais de transferência tecnológica.

De modo geral, os estudos apontaram ainda a importância do tamanho da firma, a intensidade de exportações, as forças internas (imagem e pressão corporativa) e a heterogeneidade setorial como características que influenciam a realização de inovação ambiental. Ademais, verificou-se uma controvérsia sobre a influência das forças de mercado na adoção de inovação ambiental, de modo que, além da oferta, a demanda também pode influenciar a adoção de inovações ambientais.

2.2. Conceituação da inovação ambiental

A inovação tecnológica tem sido definida como “a introdução de novos produtos, processos ou serviços para o mercado” (UNCTAD, 2006, p. 10). O Manual de Oslo apresentou uma definição mais ampla, segundo a qual a inovação é a implementação de um produto e/ou processo novo ou significativamente melhorado (bem ou serviço), um novo método de *marketing* ou organizacional nas práticas de negócios (OCDE, 2005). Essa definição incorpora a difusão de tecnologia ao realçar que uma inovação não precisa ser nova para o mercado para ser qualificada como tal, basta que seja nova para a empresa que a implementa (OZUSAGLAM, 2012).

A inovação convencional pode ser classificada de formas distintas com base em diferentes dimensões, sendo uma delas a distinção entre inovação incremental e radical. A inovação radical está relacionada ao desenvolvimento de um novo produto, processo ou forma de organização da produção inteiramente nova, ou seja, quando acontece um salto na tecnologia do produto e/ou processo. Já a inovação incremental associa-se à introdução de qualquer espécie de melhoria em produto, processo ou organização da produção sem qualquer mudança significativa na estrutura industrial, podendo resultar em aumento da produtividade e da qualidade, redução de custos e maior abrangência das aplicações de um produto ou processo (CASSIOLATO; LASTRES, 2005).

Outra dimensão é a inovação ambiental ou a “ecoinovação”, que muitas vezes é apresentada como uma forma específica de inovação. Esse conceito é recente na literatura, com conceito inicial apresentado por Fussler e James (1996), que definiram as “ecoinovações” como novos produtos e processos que proporcionam valor ao consumidor e aos negócios, mas que significativamente reduzem os impactos ambientais. Assim, uma vez que esse termo foi posto em debate, várias definições têm sido propostas na literatura. No entanto, a literatura apresenta uma divisão fundamental nos critérios que definem a inovação ambiental, de modo que, enquanto alguns estudos consideram uma definição ampla de inovação ambiental focada no desempenho e, portanto, um

possível subproduto da inovação convencional, outros estudos consideram a definição mais restrita com base em um objetivo *a priori* de redução de impactos ambientais.

A inovação ambiental pode ser definida como a introdução de novos procedimentos técnicos e organizacionais, no âmbito da produção industrial, que levam à maior proteção do meio ambiente. Por sua vez, diversos autores (por exemplo, Arundel et al. (2007), Kemp e Pearson (2008) e Oltra (2008)) reiteram que grande parte das inovações têm impactos positivos no meio ambiente, independentemente das suas motivações *a priori*. Assim, os autores definem inovação ambiental de forma ampla: qualquer inovação que reduz os danos ambientais, que pode ser desenvolvida de maneira intencional e premeditada pela empresa ou mesmo acidental. Para a OCDE (2010), o âmbito da inovação ambiental pode ir além dos limites convencionais das empresas em inovar e envolver um regime social mais amplo que provoca alterações das normas socioculturais e estruturas institucionais.

O conceito de inovação ambiental apresentado inclui não apenas a inovação que visa reduzir os impactos ambientais, mas também casos em que a inovação convencional conduz à redução de impactos sem que isso seja um objetivo explícito. Nesse sentido, as inovações convencionais que têm efeito ambiental positivo também são consideradas como “ecoinovações”. Como mencionado pela OCDE (2010), a “ecoinovação” pode ser motivada ambientalmente, mas também pode ocorrer como resultado de outros objetivos, tais como o cumprimento dos regulamentos e normas, o aumento da produtividade e a redução dos custos de entrada. De acordo com essa definição, uma inovação convencional deve também ser considerada como uma potencial “ecoinovação” (OZUSAGLAM, 2012).

A definição do “*Measuring Eco-Innovation*” Project (Projeto MEI, 2002-2006) adota a ideia de desempenho ambiental, ao invés de apontá-lo como o critério de definição fundamental. Assim, as “ecoinovações” não precisam ter um objetivo ambiental em qualquer fase de desenvolvimento ou utilização do produto/processo (SPEIRS et al., 2008). Conforme o projeto MEI, o conceito de “ecoinovação” não deve ser limitado a novas ou melhores tecnologias ambientais, o que resulta na contabilização de cada produto ou serviço ambientalmente melhorado como uma “ecoinovação”. A justificativa para isso é que levar em conta apenas o objetivo de inovação limitaria muito o termo.

Os contribuintes para o projeto MEI reconhecem que a “ecoinovação” está suscetível a ocorrer de diversas maneiras em toda a economia (KEMP; PEARSON, 2008). Diante disso, é necessário fazer a distinção entre as inovações que terão um grande impacto positivo sobre o meio ambiente e aquelas que terão apenas um impacto limitado. Assim, embora o projeto MEI afirme que “uma empresa que adote bem, serviço, gestão de processos de produção ou método de negócio com benefício ambiental é uma ‘ecoinovação’” (KEMP; PEARSON, 2008, p. 17), também reconhece a necessidade de distinguir quatro tipos deecoinovadores: i) Ecoinovadores estratégicos são ativos em setores de ecoequipamentos e serviços, e/ou desenvolvimento de “ecoinovações” para venda para outras empresas; ii) Ecoinovadores estratégicos implementam intencionalmente “ecoinovações”, sejam elas desenvolvidas dentro da empresa, adquiridas de outras empresas, ou ambos; iii) Ecoinovadores passivos não têm nenhuma estratégia específica para a “ecoinovação”, embora possam implementar acidentalmente inovações que resultam em benefícios ambientais; iv) Empresas que não são ecoinovadores e não desenvolvem nem tipo de inovação com benefícios ambientais.

Devido à natureza abrangente da definição da “ecoinovação” pelo projeto MEI, a distinção entre quatro tipos de eco-inovadores não é suficiente para captar a diversidade do conceito. É importante classificar as “ecoinovações” de acordo com a natureza das inovações envolvidas. Outra classificação é proposta por Kemp e Foxon (2007) que distinguem as “ecoinovações” entre: as tecnologias ambientais, inovações organizacionais para o meio ambiente, as inovações em produtos e processos que oferecem benefícios ambientais, o sistema de inovações verde e as tecnologias de propósito geral.

As tecnologias ambientais ou limpas se referem às mudanças que ocorrem nos processos de produção, a fim de reduzir a emissão de poluentes ou diminuir o uso de recursos ou o consumo de energia (OOSTERHUIS, 2006). As inovações organizacionais para o meio ambiente se referem à

introdução de métodos de organização e sistemas de gestão que tratam de questões ambientais encontradas no processo de produção. Teoricamente, a gestão ambiental deve garantir qualidade e preservação do meio ambiente nos limites intra e interorganizacionais, revelando técnicas e procedimentos com potencial suficiente para a mitigação dos problemas no setor industrial (OZUSAGLAM, 2012). As inovações em produtos e processos que oferecem benefícios ambientais incluem todos os produtos novos ou ambientalmente melhorados, bem como os serviços ambientalmente benéficos.

Kemp e Foxon (2007) definem o sistema de inovações verde como sistemas alternativos de produção e consumo que respeitam mais o ambiente do que os existentes. Esse sistema envolve um conjunto de mudanças em tecnologias de produção, conhecimento, organização, instituições e infraestruturas e, possivelmente, mudanças no comportamento do consumidor, como, por exemplo, agricultura biológica e energias renováveis. Já as tecnologias de propósito geral são parte importante do cenário tecnológico. Elas não são rotuladas como tecnologias completamente verdes, mas com certas configurações e tipos de usos ambientais, tais como a biotecnologia (KEMP; FOXON, 2007).

Em relação às inovações convencionais, a geração de inovação ambiental depende em grande medida dos benefícios recebidos pelo inovador. As inovações bem-sucedidas devem fornecer maior valor ou reduzir custos e, em última análise, aumentar as receitas dos clientes existentes ou atrair novos clientes (CARRILLO-HERMOSILLA et al., 2010). O inovador ambiental pode se beneficiar da sua atividade inovadora de forma direta ou indireta. Os benefícios diretos para uma “ecoinovação” consistem em vantagens operacionais, tais como redução de custos de uma maior produtividade dos recursos, melhor logística e vendas de comercialização. Benefícios indiretos incluem uma imagem melhor, melhores relações com fornecedores, clientes e autoridades, uma capacidade geral de inovação reforçada pelos contatos com os detentores de conhecimento, benefícios de saúde e segurança e maior satisfação do trabalhador. Assim, os benefícios indiretos que em sua maioria têm valor no longo prazo podem ser os condutores mais importantes para o comportamento verde proativo.

Nesse sentido, uma vez que os benefícios indiretos para a geração de inovação ambiental ocorrem no longo prazo e a mudança do padrão tecnológico é extremamente complexa, ela depende de muitas variáveis e, mesmo induzida por qualquer tipo de política, não se sabe *a priori* todas as consequências que irão decorrer delas. Desse modo, o estudo da mudança tecnológica envolve diversos aspectos, sendo um processo evolucionário. Ademais, a mudança tecnológica na direção da sustentabilidade ambiental depende de outros fatores não econômicos, como desenvolvimento de capacidades específicas da firma, infraestrutura e mudanças institucionais.

3. Metodologia

3.1. Base de dados e descrição de variáveis

Para a implementação do modelo proposto, utilizaram-se os dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC), que coleta informações relevantes sobre inovação das empresas. As informações da PINTEC são divulgadas a partir da Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE versão 2.0.² A PINTEC é conduzida a cada 3 (três) anos, seguindo o Manual de Oslo e a recomendação da *Community Innovation Survey* (CIS). A PINTEC é composta por empresas formais com dez ou mais pessoas ocupadas, pertencentes aos segmentos da indústria extrativa, manufatureira e de alguns serviços selecionados. No caso da indústria de transformação, a PINTEC é censitária para o grupo de empresas industriais com quinhentas ou mais pessoas ocupadas e aleatória para as demais. Para a composição do estrato aleatório, além da adoção de

² O acesso aos microdados ocorreu mediante aprovação de projeto encaminhado ao IBGE, sob o número de processo 03605.001848/2015-20 para as bases da PINTEC de 1998 a 2011 que estavam disponíveis para o processo. A manipulação dos dados e as estimações foram feitas diretamente na sala de sigilo do IBGE.

técnicas de amostragem estratificada proporcional ao tamanho, assume a premissa de que a inovação constitui um fenômeno raro, o que justifica atribuir maior probabilidade de seleção àquelas empresas que têm maior potencial inovador, sendo que isso é expresso por meio de algumas características observadas da firma, como ter lançado patente, recebido financiamento/subvenção para inovação, sido inovadora, conduzido P&D, entre outras. Essa maior probabilidade não causa viés nos resultados, uma vez que o peso de cada empresa na amostra é inversamente proporcional à sua probabilidade de seleção (CARVALHO; AVELAR, 2015).

Na construção dos dados em painel, utilizaram-se cinco edições³ da PINTEC: PINTEC 2000 (referente ao período entre 1998 e 2000), PINTEC 2003 (referente ao período entre 2001 e 2003), PINTEC 2005 (referente ao período entre 2003 e 2005), PINTEC 2008 (referente ao período entre 2006 e 2008) e PINTEC 2011 (referente ao período entre 2009 e 2011). Desse modo, foi possível criar um painel desbalanceado de 12 anos referente ao período de 1998 a 2011, com 6.637 observações. Os modelos de regressão com dados em painel são também chamados de dados combinados, por agregarem uma combinação de séries temporais e de observações em corte transversal multiplicadas por T períodos de tempo. Nesse caso, há muito mais informação para se estudar fenômeno e graus de liberdade adicionais. Podem-se destacar algumas vantagens dos dados em painel em relação ao uso específico do corte transversal ou das séries temporais (BALTAGI, 2001).

As variáveis extraídas dessas fontes podem ser vistas de forma sistemática no Quadro 2 e estão organizadas em três grupos. No primeiro grupo, estão os dados referentes à inovação ambiental e convencional, que são as variáveis dependentes e os gastos com atividades inovativas:

- A inovação ambiental está associada ao conceito amplo de inovação ambiental, ao considerar a inovação ambiental como um subproduto da inovação convencional. Essa variável é definida com base na questão v87 do questionário da PINTEC 2000 e v105 dos questionários das PINTECs 2003, 2005, 2008 e 2011. Essa questão diz respeito à importância dos resultados das inovações de produto e/ou processo, implementadas pelas empresas que permitiram reduzir o impacto sobre o meio ambiente, classificada por níveis: alta, média, baixa e não relevante. Para o modelo, a variável assumiu 1 (um) para importância alta e média e 0 (zero) para baixa e não relevante. Ademais, a variável inovação representa a inovação convencional.
- Os gastos com atividades inovativas é representado pelo cálculo dos gastos em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), do gasto em aquisição externa de P&D, aquisição de outros conhecimentos externos voltados para a inovação, aquisição de *software* voltado para a inovação, aquisição de máquinas e equipamentos voltados para a inovação e treinamento orientado ao desenvolvimento de produtos e processos novos diretamente ligados ao lançamento de um produto novo ou aperfeiçoado. A abrangência do investimento em atividades inovativas possui vantagem sobre o investimento em P&D usual, pois absorve um número maior de tipos de esforços inovativos por parte da empresa, uma vez que considera não somente as atividades inovadoras provenientes dos orçamentos formais das empresas, mas também uma variedade maior desses investimentos realizados pelas firmas. A definição proposta pelo estudo está fundamentada em Cohen e Levinthal (1989) que apresentam um conceito mais amplo de atividades inovativas que pode ser gerada por meio do investimento em P&D e também da capacidade de absorção tecnológica externa à firma.

No segundo grupo, estão as variáveis relacionadas ao ambiente concorrencial da firma, caracterizado por variáveis como:

³ Os microdados para o ano de 2014 não estavam disponíveis para o processo no momento da pesquisa, sendo possível utilizar apenas os dados disponibilizados no site da PINTEC para a análise descritiva das variáveis. Para maiores detalhes, ver: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pintec/2014/default.shtm>.

- Regulação ambiental, representada por uma variável binária, com valores unitários para as empresas que responderam que a inovação possibilitou o enquadramento em regulações e normas padrão relativas ao mercado interno ou externo com importância alta ou média; condição de gerenciamento da inovação por parte da firma é representada pela variável controle e gerenciamento, que abrange o gerenciamento formal (marcas) e informal (segredo industrial, complexidade do desenho do produto) visando atender normas de certificação; e técnicas de gestão que correspondem à informação de implementação de alguma técnica de gestão ambiental pela firma.

Quadro 2 – Variáveis utilizadas

| Códigos | Variáveis | Descrição |
|---|----------------------------------|---|
| Atividades Inovativas e Inovação | | |
| G | Gastos com Atividades Inovativas | Valor do investimento total em atividades inovativas (em Reais). |
| IA | Inovação Ambiental | Variável binária que assume 1 (um) caso a firma tenha realizado inovação com redução de impacto sobre o meio ambiente e 0 (zero) caso contrário. |
| IC | Inovação Convencional | Variável binária que assume 1 (um) caso a firma tenha realizado inovação e 0 (zero) caso contrário. |
| Ambiente Concorrencial | | |
| REG | Regulação Ambiental | Variável binária que assume 1 (um) caso a firma se enquadre em regulações e normas padrão relativas ao mercado interno ou externo e 0 (zero) caso contrário. |
| Controle | Controle e Gerenciamento | Variável binária que assume 1 (um) caso a firma realize gerenciamento formal e informal e 0 (zero) caso contrário. |
| TecGA | Técnicas de Gestão Ambiental | Variável binária que assume 1 (um) se a empresa implementou alguma técnica de gestão ambiental e 0 (zero) caso contrário. |
| Intec | Intensidade Tecnológica | 4 (quatro) variáveis binárias de intensidade tecnológica, que assumem 1 (um) caso a firma pertença à atividades econômicas com intensidade tecnológica baixa, média-baixa, média-alta e alta. |
| Cooperação, Capacitação e Apoio do Governo | | |
| Coop | Arranjo Cooperativo | Variável binária que assume 1 (um) caso a firma esteve envolvida em arranjos cooperativos com outra (s) organização (ões) e 0 (zero) caso contrário. |
| Quali | Qualidade da Mão de Obra | Variável binária que assume 1 (um) caso a firma possua mão de obra com nível de qualificação superior e 0 (zero) caso contrário. |
| Gov | Apoio do Governo | Variável binária que assume 1 (um) caso a firma utilize algum programa de apoio do Governo para as atividades inovativas e 0 (zero) caso contrário. |

Fonte: Elaboração própria.

No terceiro grupo, estão as variáveis que representam características mais voltadas para o processo inovativo em si e de capacitação:

- Arranjo cooperativo refere-se à firma que cooperou com outras empresas para o desenvolvimento de alguma inovação. A variável qualidade da mão de obra está relacionada ao fato da empresa possuir trabalhadores de nível superior nas atividades de P&D. A variável apoio do governo está relacionada à participação das empresas em algum programa governamental para desenvolver suas atividades inovativas. Esses programas podem ser de incentivos fiscais, de financiamentos para projetos de P&D ou para aquisição de máquinas e equipamentos para inovar, e de subvenção econômica a atividades de P&D e à inserção de pesquisadores.

Cabe destacar ainda o recorte dado por nível de intensidade tecnológica e de atividade econômica a que a empresa pertence. Em geral, para definir os níveis de intensidade tecnológica, utiliza-se a classificação da OCDE que, essencialmente apoiada na relação entre os gastos em P&D e o valor agregado ou nos gastos em P&D e a Receita Líquida de Vendas, reúne os setores da indústria de transformação em quatro grupos principais de intensidade tecnológica: alta, média-alta, média-baixa e baixa (OCDE, 2010). Para os setores industriais brasileiros, a classificação da OCDE é pertinente, dado que a PINTEC apresenta um padrão semelhante ao mesmo (FURTADO, 1994). A definição em quatro níveis está representada pela variável “Intec” especificada no Quadro 2.

Já o recorte territorial (Minas Gerais) se faz importante neste trabalho, uma vez que cada estado brasileiro possui estruturas econômicas e de apoio às atividades inovativas distintas e, por isso, analisar, especificamente, o estado de Minas Gerais representa um avanço no sentido de explorar a dimensão temporal e regional, além de investigar a dinâmica de especialização e diversificação direcionada pelo conhecimento tecnológico estadual, sob o período em análise.

3.2. Modelo analítico

Para analisar os determinantes da inovação ambiental, buscou-se analisar possíveis heterogeneidades entre os determinantes em relação à decisão da firma em realizar inovações convencionais e inovações ambientais, uma vez que alguns fatores que levam à adoção de inovação ambiental podem ser diferentes dos fatores relacionados à inovação convencional. Para tanto, foi utilizado o método do *probit* bivariado. Esse método de estimativa remove o viés de seleção da amostra e também apresenta parâmetros mais precisos através da inclusão de empresas não inovadoras (CHUN; MUN, 2012). Por exemplo, Heckman (1979) sugeriu o procedimento *Heckit* para variáveis dependentes contínuas. No entanto, nesse caso, as variáveis dependentes são discretas e a utilização da razão inversa Mills não é uma escolha apropriada. Assim, a melhor estratégia empírica seria utilizar o *probit* bivariado que apresenta a característica de não impor qualquer formato específico para a tomada de decisão, mas de supor que as duas opções se relacionam entre si de alguma maneira (MACHADO; OLIVEIRA, 2014).

Desse modo, entende-se que as decisões entre inovar e inovar ambientalmente fazem parte de um mesmo processo decisório da firma, mas podem apresentar determinantes distintos. Diante disso, verificaram-se os fatores que se associam à probabilidade de escolha pela inovação ambiental, considerando a possível simultaneidade das decisões entre inovar e inovar com redução de impacto ambiental. Portanto, têm-se duas variáveis dependentes binárias e considera-se a possibilidade de existência de um fator endógeno que relaciona essas variáveis, de maneira que a escolha por uma determinada decisão afeta, diretamente, a probabilidade da firma decidir-se pela outra opção (CAMERON; TRIVEDI, 2005).

O *probit* bivariado pode ser expresso da seguinte forma:

$$Y_{1it}^* = X_{it}\beta_i + \alpha_i + \mu_{1it} \quad (1)$$

$$Y_{1it} = 1 \text{ se } Y_{1it}^* > 0; Y_{1i} = 0 \text{ caso contrário}$$

$$Y_{2it}^* = X_{it}\beta_i + \alpha_i + \mu_{2it} \quad (2)$$

$$Y_{2it} = 1 \text{ se } Y_{2it}^* > 0; Y_{2it} = 0 \text{ caso contrário}$$

em que a primeira variável binária (Y_{1i}) indica se a firma adotou inovação ambiental ou não, enquanto a segunda variável binária (Y_{2i}) informa se a firma adotou inovação convencional ou não; Y_{1it}^* e Y_{2it}^* são variáveis latentes que determinam os dois resultados, de modo que as variáveis binárias resultantes dessas decisões (Y_{1it}^* e Y_{2it}^*) assumem valor igual a 1 caso a firma adote inovação ambiental ($Y = 1$ se $Y_{1it}^* > 0$) e valor 0 (zero) caso contrário; e assumem valor igual a 1 caso a firma adote inovação convencional ($Y = 1$ se $Y_{2it}^* > 0$) e valor 0 (zero) caso contrário; X_i

representa o vetor contendo as variáveis explicativas referentes aos determinantes das firmas que afetam ambas as decisões; μ_{1it} e μ_{2it} são os termos de erro, α_i é a heterogeneidade setorial não observada, $i = 1, 2, \dots, N$ – são unidades de firmas e $t = 1, 2, \dots, T$ – período de tempo (anos). A escolha simultânea dessas duas opções implica em quatro resultados diferentes e excludentes entre si:

(i) Não inova com redução de impacto ambiental e não inova de forma convencional:

$$[Y_{1i} = 0 \text{ e } Y_{2i} = 0] \quad (3)$$

(ii) Apenas inova com redução de impacto ambiental:

$$[Y_{1i} = 1 \text{ e } Y_{2i} = 0] \quad (4)$$

(iii) Inova com redução de impacto ambiental e inova de forma convencional:

$$[Y_{1i} = 1 \text{ e } Y_{2i} = 1] \quad (5)$$

(iv) Apenas inova de forma convencional:

$$[Y_{1i} = 0 \text{ e } Y_{2i} = 1] \quad (6)$$

As suposições sobre os erros aleatórios são:

$$E(\mu_1) = E(\mu_2) = 0 \quad (7)$$

Cameron e Trivedi (2005) apontam que, se as duas decisões são correlacionadas, os erros dos dois modelos não são independentes entre si ($\rho = Cov(\mu_1, \mu_2) \neq 0$) e a probabilidade de uma opção depende da probabilidade da outra, sendo determinadas conjuntamente, ou seja, a tomada de decisão em inovar ambientalmente é afetada pela decisão de inovar convencionalmente e vice-versa. As condições de exogeneidade estão condicionadas aos termos do coeficiente de correlação ρ , interpretado como a correlação entre as variáveis explicativas não observáveis das duas equações propostas. Caso $\rho = 0$, Y_{1it}^* e μ_{2it} não estão correlacionados e Y_{1it}^* é exógeno para a segunda equação do modelo (1). Quando $\rho \neq 0$, há evidência de que Y_{1it}^* está correlacionado com μ_{2it} , sendo endógeno. Portanto, a hipótese nula é de que as equações são exógenas e a alternativa é de que há evidências para a endogeneidade. Caso a hipótese nula seja rejeitada, a aplicação do *probit* bivariado busca corrigir a endogeneidade existente entre inovação convencional e inovação ambiental. Ademais, os erros seguem distribuição normal bivariada.

4. Apresentação e discussão dos resultados

4.1. Descrição analítica dos dados

Com base na PINTEC, é possível calcular a taxa de inovação⁴ da indústria de transformação de Minas Gerais. A Tabela 1 registra as taxas de inovação convencional e as taxas de inovação para as empresas que implementaram inovação ambiental.

⁴ A taxa de inovação corresponde ao quociente entre o número de empresas que declararam ter introduzido pelo menos uma inovação no período considerado e o número total de empresas nos setores pesquisados pela PINTEC. Assim, a taxa de inovação é uma medida de resultado dos esforços inovativos das empresas (CAVALCANTI; DE NEGRI, 2011).

Tabela 1 – Taxa de inovação na indústria de transformação de Minas Gerais – 1998-2014

| Período de referência | Total de empresas industriais | Total de empresas inovadoras | Taxa de inovação (%) | Total de empresas inovadoras ambientais | Taxa de inovação (%) |
|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------|---|----------------------|
| 1998-2000 | 8272 | 2303 | 27,84 | 1008 | 43,78 |
| 2001-2003 | 7944 | 3388 | 42,66 | 1185 | 34,98 |
| 2003-2005 | 10446 | 3111 | 29,78 | 814 | 26,18 |
| 2006-2008 | 12113 | 5111 | 42,19 | 1727 | 33,79 |
| 2009-2011 | 13923 | 5647 | 40,56 | 2372 | 42,01 |
| 2012-2014 | 13559 | 4624 | 34,10 | 1753 | 37,91 |

Fonte: Elaboração própria a partir das bases do IBGE (2018).

Conforme a Tabela 1, houve um crescimento sistemático da taxa de inovação em quatro pesquisas (de 27,84% para 42,66% e de 29,78% para 42,19%) e um decréscimo nas últimas pesquisas para 34,10%. No período 2006 e 2014, as taxas de inovação convencional diminuíram sistematicamente passando de 42,19% para 34,10%. As taxas de inovação ambiental foram maiores apenas na primeira edição da PINTEC, que abrangia o período 1998-2000. Segundo Cavalcanti e De Negri (2011), isso pode ser justificado pela novidade dos conceitos e, portanto, pela pouca familiaridade dos respondentes.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis binárias e da variável contínua para as empresas da indústria de transformação de Minas Gerais no período de 1998 a 2014. Analisando a amostra de empresas inovadoras pelos anos das PINTECs, verifica-se que 54% das empresas no período de 2012-2014 se enquadram em regulações e normas padrão relativas ao mercado interno ou externo. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que muitas firmas são reguladas ambientalmente em decorrência do setor de atuação e do porte, além de abrangerem o mercado externo que já é significativamente regulado na esfera ambiental, o que pode induzi-las a melhorar a qualidade ambiental de seus produtos e processos.

Tabela 2 – Descrição das variáveis binárias e da variável contínua para as empresas inovadoras de Minas Gerais no período de 1998 a 2014

| Variáveis Binárias | 1998-2000 (%) | 2001-2003 (%) | 2003-2005 (%) | 2006-2008 (%) | 2009-2011 (%) | 2012-2014 (%) |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Inovação Ambiental | 43,8 | 42,7 | 29,8 | 42,2 | 40,6 | 37,9 |
| Inovação Convencional | 27,8 | 34,9 | 26,2 | 33,8 | 42,0 | 34,1 |
| Regulação Ambiental | 33,7 | 26,4 | 23,0 | 38,2 | 43,3 | 54,0 |
| Controle | 19,8 | 9,59 | 7,7 | 5,7 | 0,8 | 19,1 |
| Técnicas de Gestão Ambiental | 33,9 | 1,4 | 17,6 | 36,4 | 35,1 | 45,1 |
| Cooperação | 4,26 | 3,90 | 3,5 | 11,5 | 9,1 | 18,4 |
| Qualidade da Mão de Obra | 47,28 | 29,6 | 40,4 | 37,6 | 138,4 | 102,5 |
| Apoio do Governo | 25,8 | 24,3 | 18,6 | 27,4 | 33,4 | 41,0 |
| Variável Contínua (Média) | 1998-2000 | 2001-2003 | 2003-2005 | 2006-2008 | 2009-2011 | 2012-2014 |
| Gasto com Atividades Inovativas - Valor (1000 R\$) | 374.960 | 323.131 | 149.689 | 434.177 | 1.568.181 | 1.397.333 |

Fonte: Elaboração própria a partir das bases do IBGE (2018).

Quanto à variável controle, nota-se que, do total de empresas inovadoras, 19,8% realizaram algum tipo de controle e gerenciamento no período 1998-2000 e 19,1% no período de 2012-2014, seja formal (marcas) ou informal (segredo industrial, complexidade do desenho do produto) visando atender normas de certificação.

A variável técnicas de gestão ambiental também apresentou maior percentual para o período de 2012-2014 (45,1%), seguido do período de 2009-2011 (35,1%). A justificativa para esse resultado é de que o aumento da conscientização dos consumidores por produtos verdes tem forçado as empresas a se adequarem a esse novo mercado. Ademais, a gestão visa respeitar as leis ambientais, desenvolver formas de preservação do local em que a indústria está inserida, reestruturar a empresa, de modo que diminua o desperdício e promova a reutilização e a preservação dos recursos naturais ligados a essa conscientização, ao desenvolvimento de processos e ao aprimoramento da produção e da qualidade do produto ofertado (CAMPOS, 2006).

Quanto à variável cooperação, que representa o arranjo cooperativo formado pelas firmas da indústria mineira, verifica-se que, dentre as empresas que realizaram inovação, aproximadamente 4% em 1998-2000, 3,9% em 2001-2003, 3,5% em 2003-2005, 11,5% em 2006-2008, 9,1% em 2009-2011 e 18,4% em 2012-2014, declararam ter realizado atividades de cooperação. Diante disso, percebe-se que a estratégia de cooperação entre agentes, por mais importante que seja para o processo inovativo, está sendo inserida aos poucos na prática da maioria das empresas. Esse resultado levanta a hipótese de que as firmas podem não buscar estabelecer cooperação pelo fato de essa ação ser vista como algo bastante complexo, pois envolve conflitos de interesse, capacidade de governança, risco, definição de modalidades de apropriação de conhecimento, etc. (MACULAN, 2010).

Um dado interessante diz respeito à variável qualidade de mão de obra. Observa-se que o percentual de empresas inovadoras com mão de obra com um nível de qualificação superior exercendo as atividades internas de P&D cresceu significativamente durante o período analisado. Esse fato pode ser favorável ao desenvolvimento ou aperfeiçoamento de inovações, sejam convencionais ou ambientais, ao se considerar uma melhor qualificação dos empregados das firmas envolvidos nessas atividades.

Considerando o apoio do Governo, verifica-se que o percentual de firmas que utilizou algum programa de apoio do Governo para as atividades inovativas aumentou durante o período analisado. Esse resultado evidencia que as empresas que realizam tanto inovação convencional quanto ambiental utilizam, em média, um maior percentual de fontes de financiamento público, ainda que baixo, que pode ser justificado pelo fato de que realizar inovação pode ser caro, pois, muitas vezes, depende de tecnologias de ponta e, por isso, as firmas recorrem às fontes governamentais.

4.2. Resultados das estimações

Com o objetivo de analisar os determinantes dos dois tipos de inovação, estimou-se o modelo *biprobit*. A Tabela 3 apresenta a estimação dos efeitos marginais do modelo com as variáveis inovação ambiental e inovação convencional como dependentes. Verifica-se que a correlação $\rho = 0,299$ entre as duas equações é estatisticamente significativa, indicando que o modelo *probit* bivariado pode ser aplicado para a estimação.

Pela Tabela 3, verifica-se que os efeitos marginais das variáveis incluídas apresentam, em geral, os sinais esperados e foram estatisticamente significativos para as firmas que adotaram inovação ambiental ou adotaram inovação convencional separadamente. As firmas que investiram em gastos com atividades inovativas aumentam em 5,5 p.p. a probabilidade de adotar inovação ambiental, enquanto esse coeficiente não foi significativo para as firmas que investiram em inovações convencionais. Observa-se ainda que um aumento em gastos com atividades inovativas aumenta a probabilidade de adotar inovação ambiental e inovação convencional em 1,9 p.p.

De forma bastante expressiva, a regulação se mostra como importante indutora de inovação ambiental, de modo que as firmas que se enquadram em regulamentos ambientais aumentam em 75,3 p.p. a probabilidade de realizar inovação ambiental, enquanto reduzem em 55,1 p.p. a probabilidade de realizar inovação convencional. Analisando os efeitos marginais individuais, o impacto da regulação ambiental sobre a probabilidade de adotar apenas inovação ambiental (0,6 p.p) foi expressivamente maior do que o impacto (negativo) sobre adoção de apenas inovação

convencional (-27,6 p.p). Portanto, a variável regulação ambiental se configura como o determinante mais importante em relação às demais variáveis devido à magnitude apresentada por esses coeficientes. Esse resultado confirma a importância da regulação ambiental em influenciar a probabilidade das empresas em realizar inovação ambiental e corresponde aos resultados apresentados por Horbach e Rennings (2012), Del Rio et al. (2011) e Brunnermeier e Cohen (2003).

Tabela 3 – Estimações: Inovação Ambiental (IA) e Inovação Convencional (IC) – Probit Bivariado – Efeitos Marginais

| Variáveis | y = Pr[IA =1] | y = Pr[IC=1] | y = Pr[IA=1 IC=1] | y=Pr[Apenas IA =1 e IC=0] | y=Pr[Apenas IC=1 e IA=0] | y=Pr[Não IA=0 e IC=0] |
|-------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|
| <i>lnG</i> | 0,055*** (0,021) | -0,018 (0,055) | 0,019*** (0,007) | -0,0003 (0,0003) | 0,019** (0,007) | 0,0004 (0,0009) |
| REG | 0,753** (0,034) | -0,551*** (0,101) | 0,263*** (0,011) | 0,006*** (0,0015) | -0,276*** (0,011) | 0,007*** (0,002) |
| Coop | 0,218*** (0,046) | 0,026 (0,150) | 0,077*** (0,016) | 0,0004 (0,001) | -0,076*** (0,016) | -0,001 (0,002) |
| Gov | 0,321*** (0,069) | 0,221* (0,129) | 0,142*** (0,025) | 0,027*** (0,005) | -0,039 (0,026) | -0,074*** (0,010) |
| Controle | 0,171*** (0,054) | 0,198*** (0,089) | 0,088*** (0,019) | -0,028*** (0,005) | 0,013 (0,021) | -0,073*** (0,009) |
| TecGA | 0,383*** (0,033) | 0,201** (0,095) | 0,137*** (0,012) | -0,0002 (0,0006) | -0,132*** (0,011) | -0,004*** (0,002) |
| Quali | 0,248** (0,103) | 0,698*** (0,265) | 0,092** (0,036) | -0,004** (0,002) | -0,076** (0,036) | -0,013** (0,005) |
| Média-baixa | 0,0752* (0,040) | 0,243* (0,127) | - | - | - | - |
| Média-alta | 0,115** (0,047) | -0,0339 (0,138) | - | - | - | - |
| Alta | 0,031*** (0,014) | 0,410 (0,271) | - | - | - | - |
| <i>Athp</i> | 0,309*** | | | | | |
| <i>ρ</i> | 0,299*** | | | | | |
| Nº de Obs. | 6.637 | | | | | |

Nota: *** significativo a 1%, ** significativo a 5% e * significativo a 10%. Os erros-padrão são robustos, encontram-se entre parênteses e foram estimados por *bootstrap* com mil replicações. As constantes foram incluídas nas equações e não estão reportadas.

Fonte: Elaboração própria a partir das bases citadas no Quadro 2.

Pela variável arranjo cooperativo, verifica-se que as firmas que participam de alguma rede de cooperação aumentam em 21,8 p.p. a probabilidade em adotar inovação ambiental. O efeito é bem menor sobre a probabilidade de adotar inovação convencional (2,6 p.p.). Esse resultado confirma os argumentos de autores, como De Marchi (2012), os quais afirmam que o pertencimento a algum tipo de rede aparece como um indutor positivo da inovação ambiental, ressaltando a importância de “economias horizontais de escala” e de estratégias cooperativas para esse tipo de inovação. A formação de arranjos cooperativos também lida com o fator incerteza, que pode ser ainda maior para as inovações ambientais e, portanto, envolve maiores riscos, principalmente quando essas são radicais ou com elevado grau de novidade (BARBIERI et al., 2010) e, portanto, podem ser atenuados através de parcerias para realizar inovação.

As estimativas demonstram que a variável apoio do Governo foi positiva e significativa, de modo geral, confirmando a relevância do papel exercido pelo contexto institucional representado

pela espera pública na promoção de iniciativas de investimento em inovações ambientais nas indústrias. Verifica-se ainda que o apoio do Governo aumenta a probabilidade de adotar inovação ambiental em 32,1 p.p. para as firmas que adotam esse tipo de inovação e em 22,1 p.p. a probabilidade de a firma adotar inovação convencional. Os resultados também sugerem que as empresas que utilizam apoio do Governo têm obrigação maior de mostrar resultados, a ele e à sociedade em geral, o que aumentaria sua preocupação com resultados ambientais.

Em termos da variável controle, observa-se que a probabilidade de uma firma adotar inovação ambiental aumenta em 17,1 p.p. pelo fato de a firma ter realizado algum tipo de gerenciamento formal (marcas) e/ou informal (segredo industrial, complexidade do desenho do produto) visando atender normas de certificação e em 19,8 p.p. a probabilidade de a firma adotar inovação convencional. Em relação à variável de técnicas de gestão ambiental, observa-se que a probabilidade em adotar inovação ambiental é aumentada em 38,3 p.p. e a probabilidade de adotar inovação convencional é aumentada em 20,1 p.p. com o uso dessas técnicas. Para a variável qualidade de mão de obra, verifica-se que a probabilidade em adotar inovação ambiental é aumentada em 24,8 p.p. e a probabilidade em adotar inovação convencional é aumentada em 69,8 p.p. Esse resultado aponta a importância das firmas empregarem mão de obra altamente qualificada em atividades inovativas.

Os efeitos marginais sobre a probabilidade de inovação conjunta também estão apresentados na Tabela 3 oferecendo *insights* interessantes sobre como uma escolha de adoção dos dois tipos de inovação conjuntamente é feita pelas empresas. Verifica-se que a probabilidade de uma firma adotar inovação ambiental dado que ela também adotou inovação convencional é positiva e significativa em relação aos gastos com as atividades inovativas (1,9 p.p.). Esse resultado mostra que, em geral, as empresas que combinam inovações ambientais e convencionais são tipicamente mais dotadas de capacidades de inovação do que as empresas que introduzem exclusivamente inovações ambientais.

Em relação à regulação ambiental, a probabilidade de adoção de inovação ambiental conjuntamente com a inovação convencional tem sido expressivamente impulsionada por forças reguladoras (26,3 p.p.). Assim, a regulação se mostra um importante determinante quando a firma adota conjuntamente inovação ambiental e inovação convencional. Essa variável gera um sinal para as firmas de possíveis ineficiências de recursos criando uma possibilidade de melhora tecnológica. Através da geração de pressão nas firmas e setores, a regulação pode auxiliar a superar a inércia e romper o *lock-in* de determinadas trajetórias tecnológicas. Ademais, a regulação pode gerar informação que ajude a reduzir as incertezas inerentes aos processos inovativos que são ainda maiores quando se trata das inovações ambientais. E a regulação também pode gerar vantagens competitivas para as firmas que tenham se adaptado mais rápido às regras, pois a geração de uma resposta inovativa anterior às demais concorrentes acarreta vantagens de ser um *first-mover*, tais como o incremento da capacidade de *learning-by-doing* pela firma.

Por meio da variável arranjo cooperativo, verifica-se que as firmas que participam de alguma rede de cooperação aumentam em 7,7 p.p. a probabilidade em adotar inovação ambiental e inovação convencional de forma conjunta, de modo que, à medida que as firmas trocam experiências pela participação em arranjos cooperativos, elas podem melhorar suas capacidades de absorção ou implementação tanto de inovação ambiental quanto de inovação convencional. Por meio da variável apoio do Governo, percebe-se que as firmas que recebem algum tipo de incentivo do Governo aumentam em 14,2 p.p. a probabilidade de realizarem conjuntamente inovação ambiental e inovação convencional.

Ao observar a variável controle, verifica-se que a probabilidade em adotar inovação ambiental e inovação convencional aumenta em 8,8 p.p. dado que a firma realizou algum tipo de controle e gerenciamento internamente à firma. Em relação à implementação de técnicas de gestão ambiental, observa-se que a probabilidade em adotar inovação ambiental e inovação convencional, de forma conjunta, aumenta em 13,7 p.p. com o uso de técnicas de gestão ambiental, correspondendo aos resultados apresentados por Horbach (2008) e Wagner (2009). Para a variável qualidade de mão de obra, verifica-se que a probabilidade em adotar inovação ambiental e inovação convencional é

aumentada em 9,2 p.p. pelo fato de a mão de obra empregada em atividades internas de P&D possuir um nível de qualificação superior, fato que se mostra favorável ao desenvolvimento ou aperfeiçoamento desse tipo de inovação ao se considerar uma melhor qualificação dos empregados das firmas envolvidos nessas atividades.

Em relação à variável de intensidade tecnológica, verifica-se que a participação em setores de alta tecnologia aumenta a probabilidade de a firma adotar inovação ambiental de forma mais expressiva do que em relação à inovação convencional. Esse resultado sugere que empresas que pertencem a setores mais intensivos em tecnologia têm maior propensão a adotar inovação ambiental do que empresas de setores menos intensivos em tecnologia demonstrando a força das atividades econômicas mais intensivas em tecnologia para esse tipo de inovação.

De modo geral, os efeitos marginais conjuntos da adoção de inovação ambiental e inovação convencional se mostraram significativos e maiores para todos os determinantes apresentados. Em particular, a regulação impacta de forma expressiva quando a empresa adota apenas inovação ambiental. Assim, esse modelo permitiu verificar as heterogeneidades existentes entre os dois tipos de inovação, de modo que foi possível perceber algumas especificidades dos determinantes da inovação ambiental em relação à inovação convencional. Verificou-se que a regulação ambiental, a cooperação, o apoio do Governo e as técnicas de gestão ambiental impactam de maneira mais expressiva sobre a probabilidade de as firmas adotarem inovação ambiental. Já os gastos com atividades inovativas, o controle e gerenciamento e a qualidade de mão de obra impactam mais sobre a probabilidade de adotar inovação convencional. Cabe ressaltar que, quando se analisou a probabilidade conjunta em realizar inovação ambiental e inovação convencional, todas as variáveis apresentaram resultados bastante significativos, evidenciando que esses fatores podem beneficiar positivamente a adoção combinada desses dois tipos de inovação.

5. Conclusões

A combinação de diversos fatores tem se tornado um desafio para as empresas realizarem mudanças em suas práticas no sentido de equacionar os impasses econômicos, ambientais e sociais na direção do desenvolvimento sustentável. De um lado, as empresas enfrentam o aumento da concorrência e a escassez de recursos, e de outro as empresas se encontram diante da maior reação social e política frente aos problemas das externalidades ambientais causadas pelos impactos ambientais das suas atividades. Por essas questões, evidenciou-se o debate sobre a necessidade das empresas em mudar o seu comportamento para uma produção mais sustentável.

Nesse sentido, o estudo buscou identificar possíveis heterogeneidades entre os determinantes em relação à decisão da firma em realizar inovações convencionais e inovações ambientais. O principal objetivo dessa análise foi verificar a existência de especificidades em relação aos determinantes dos dois tipos de inovação, uma vez que alguns fatores que levam à adoção de inovação ambiental podem ser diferentes dos fatores relacionados à inovação convencional. Para tanto, utilizou-se o método do *probit* bivariado, levando-se em conta que as decisões entre inovar e inovar com redução de impacto ambiental fazem parte de um mesmo processo decisório da firma, mas podem apresentar determinantes distintos.

Os resultados apontaram que a regulação, a cooperação e o apoio do Governo influenciaram de forma mais expressiva a adoção de inovação ambiental em comparação com a inovação convencional, indicando, portanto, especificidades da inovação ambiental em relação à inovação convencional. Os resultados mostraram ainda que os determinantes são mais expressivos quando há a combinação de inovação ambiental e inovação convencional, evidenciando que esses determinantes podem ser importantes quando há a adoção combinada desses dois tipos de inovação.

De modo geral, concluiu-se que a regulação ambiental, o apoio do Governo, os arranjos cooperativos, os controles de gerenciamento e as técnicas de gestão ambiental são importantes determinantes para a adoção de inovação ambiental das firmas da indústria de transformação de Minas Gerais. Dentre todos os determinantes, a regulação ambiental se destaca como um fator expressivo e importante para impulsionar a inovação ambiental, de modo a influenciar em uma

produção mais limpa e apresentar instrumentos mais específicos de iniciativas empresariais que possam induzir as firmas a introduzirem produtos e/ou processos menos danosos ao meio ambiente, confirmando parcialmente a hipótese levantada por este estudo de que a regulação é um importante determinante para a adoção tanto de inovação ambiental quanto de inovação convencional.

Ao analisar o impacto da regulação ambiental apenas sobre a inovação convencional, verificou-se que esse impacto foi negativo para a realização desse tipo de inovação. Uma justificativa para esse resultado pode ser analisada pelo fato de que a inovação é vista sob a perspectiva das falhas de mercado, particularmente em relação à produção de conhecimento que se caracteriza por ser incerto, indivisível, com aspectos de bem público e ausência de garantias de apropriabilidade, não havendo, assim, incentivos para que as firmas desenvolvam qualquer tipo de inovação. E, embora a necessidade por parte da firma em se enquadrar em normas e regulamentos que levem em conta a questão ambiental seja um critério cada vez mais importante para a sua permanência no mercado, os benefícios dessa inclusão são, em sua maioria, percebidos no longo prazo e, portanto, podem ser negligenciados pelas empresas à procura de lucros de curto prazo.

Ademais, constatou-se, ainda, em relação a hipótese do estudo, que, quando as empresas adotam, conjuntamente, a inovação ambiental e a inovação convencional, a regulação ambiental se mostra novamente como importante determinante, gerando um sinal para as firmas de possíveis ineficiências de recursos com a possibilidade de melhora tecnológica. Assim, concluiu-se que a adoção de inovação ambiental e inovação convencional depende tanto da indução dessas inovações pela regulação quanto da capacidade de resposta de cada firma da indústria de transformação mineira, evidenciando o caráter amplo e sistêmico do processo inovativo.

O tema abordado neste estudo tem relevância para o contexto atual no nível das firmas como unidade de análise da pesquisa, visto que proporciona um debate pautado em evidências empíricas e um modelo alternativo capaz de diferenciar detalhes importantes para as conclusões da análise proposta. Assim, o estudo contribui para o debate no sentido de apresentar um panorama capaz de dotar gestores privados de dados e informações sistematizadas sobre indústrias inovadoras pautadas na redução de danos ambientais, permitindo a minimização das externalidades negativas dos negócios e ainda possíveis ganhos de competitividade ao adotar esse tipo de inovação.

Por fim, é necessária uma constante mobilização das empresas e do Estado em relação às questões ambientais por meio da implementação e do aprimoramento de discussões sobre o assunto, a fim de que exista uma regulação e um incentivo efetivos por parte do Estado para as empresas na adoção de inovação ambiental. Nesse sentido, o fortalecimento das agências de proteção ambiental é essencial, mas os instrumentos regulatórios devem ser capazes de fazer com que as firmas se adaptem às normas de maneira mais eficiente. Assim, seria possível concretizar a participação de empresas mineiras ambientalmente sustentáveis e ratificar o compromisso do Estado em promover políticas públicas que garantam a adoção de inovação ambiental.

Referências

- ARUNDEL, A.; KEMP, R.; PARTO, S. Indicators for environmental innovation: what and how to measure. In: MARINOVA, D.; ANNANDALE, D. E.; PHILIMORE, J.; ELGAR, E. (Eds.) *International Handbook on Environment and Technology Management*. Cheltenham, 2007.
- BALTAGI, B. H. *Econometrics analysis of panel data*. 2 ed. Chichester, UK: Wiley & Sons, 2001.
- BARBIERI, J. C.; VASCONCELOS, I. F.; ANDREASSI, T. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. *Revista de Administração de Empresas*, v. 50, n. 2, p. 146-154, 2010.
- BRUNNERMEIER, S. B.; COHEN, M. A. Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries, *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 45, n. 2, p. 278-293, 2003.

- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. *Microeconometrics: methods and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- CAMPOS, L. M. S. Sistemas de Gestão Ambiental para Pequenas Empresas: uma comparação entre as visões das grandes empresas certificadas, dos implementadores e das pequenas empresas. In: Encontro de Estudos Organizacionais, 4, 2006. *Anais...* Porto Alegre: EnEO, 2006.
- CARRILO-HERMOSILLA, J.; GONZÁLEZ, P. del R.; KÖNNÖLÄ, T. *Eco-innovation: when sustainability and competitiveness shake hands*. New York: Palgrave Macmillan, 2010. p.28-50.
- CARVALHO, L.; AVELLAR, A. P. M. Inovação e Capacidade Exportadora: Evidências para Empresas Brasileiras, 2015. In: Encontro Nacional de Economia, 40, 2015. *Anais...* Florianópolis: ANPEC, 2015.
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistema de inovação e desenvolvimento: as implicações políticas. *São Paulo em Perspectiva*, v. 19, n. 1, p. 34-45, 2005.
- CAVALCANTE, L. R.; DE NEGRI, F. *Trajatória recente dos indicadores de inovação no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA, 2011 (Texto para Discussão, n. 1659).
- CHUN, H.; MUN, S. Determinants of R&D cooperation in small and medium-sized enterprises, *Small Business Economics*, v. 39, n. 2, p. 419-436, 2012.
- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Innovation and learning: two faces of R&D. *Economic Journal*, v. 99, n. 397, p. 569-596, 1989.
- DE MARCHI, V. Environmental innovation and R&D cooperation: empirical evidence from Spanish manufacturing firms. *Research Policy*, v.41, n. 3, p. 614-623, 2012.
- DEL RIO, P.; MORÁN, M.A. T.; ALBIÑANA, F. C. Analysing the determinants of environmental technology investments. a panel-data study of spanish industrial sectors. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, p. 1170-1179, 2011.
- DOSI, G. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, v. 26, n. 3, p. 1120-1171, 1988.
- FREEMAN, C. The greening of technology and models of innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 53, n. 1, p. 27-39, 1996.
- FURTADO, A. *Capacitação tecnológica, competitividade e política industrial: uma abordagem setorial e por empresas líderes*. Brasília: IPEA, 1994. (Texto para Discussão, n. 348).
- FUSSLER, C.; JAMES, P. *Driving eco-innovation: a breakthrough discipline for innovation and sustainability*. London: Pitman Publishing, 1996.
- GONÇALVES, E.; SIMÕES, R. Padrões de esforço tecnológico da indústria brasileira: uma análise setorial a partir de técnicas multivariadas. *Revista Economia*, v. 6, n. 2, p. 391-433, 2005.
- HECKMAN, J. J. Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*, v. 47, n. 1, p. 153-161, 1979.
- HORBACH, J., Determinants of environmental innovation - new evidence from German panel data sources, *Research Policy*, v. 37, n. 1, p. 163-173. 2008.
- HORBACH, J.; RENNINGS, K. Environmental innovation and employment dynamics in different technology fields – an analysis based on the German Community Innovation Survey 2009. *Centre for European Economic Research*, Mannheim, Germany, 2012. (ZEW Discussion Paper, n. 12-006).

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pia/atividades/conceitos>> Acessado em: março de 2018.
- KEMP, R.; FOXON, T. *Typology of eco-innovation*. Maastricht, MEI (Measuring Eco-Innovation), 2007.
- KEMP, R.; PEARSON, P. Final report MEI project about measuring eco-innovation: Deliverable 15 of MEI project (D15). *Project Report*. 2008.
- LUCCHESI, A.; COLE, M. A.; ELLIOT, J. R. R.; MENEZES-FILHO, N. A. Determinants of environmental innovation in Brazilian manufacturing industries. In: Encontro Nacional de Economia, 39, 2014. *Anais...* Natal: ANPEC, 2014.
- MACHADO, G. C.; OLIVEIRA, C. A. Programas de transferência de renda e trabalho infantil no Rio Grande do Sul. *Economic Analysis of Law Review*, v. 5, n. 1, p. 99-117, 2014.
- MACULAN, A. M. A importância das interações para a inovação e a busca por indicadores. In: CGEE (Orgs.). *Bases conceituais em pesquisa, desenvolvimento e inovação: implicações políticas no Brasil*. 1ª ed. Brasília: Centro de Gestões e Estudos Estratégicos, 2010. p. 165-186.
- NELSON, R.; WINTER, S. In search of a useful theory of innovations. *Research Policy*, v. 6, n. 1, p. 36-76, 1977.
- OLIVEIRA, C. A.; CARVALHO, F. P.; DUTRA, H. D. Eco-inovações em empresas brasileiras: determinantes e resultados. In: Simpósio de Gestão da Inovação tecnológica, 27, 2012. *Anais...* Salvador, 2012.
- OLTRA, V. *Environmental innovation and industrial dynamics: the contributions of evolutionary economics*. Groupe de Recherche en Economie Théorique et Appliquée (GREThA). 2008. (Cahiers du GREThA, n. 2008-28).
- OOSTERHUIS, F. Innovation dynamics induced by environmental policy: Final report. *Institute of Environmental Studies Vrije Universiteit*. Amsterdã, 2006.
- OCDE – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico. *OECD Science, Technology and Industry Outlook*. Paris: OECD Publishing, 2010.
- OCDE – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico. *OSLO Manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data*. 3. ed. Paris: Statistical Office of the European Communities – Eurostat, p. 163, 2005.
- OZUSAGLAM, S. Environmental innovation: a concise review of the literature. *Vie & Sciences de l'entreprise*, n. 191-192, p. 15-38, 2012.
- PINTEC – *Pesquisa de Inovação Tecnológica 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2017.
- PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. *A Produção mais Limpa e o Consumo Sustentável na América Latina e Caribe*. São Paulo: Governo do Estado de São, 2005.
- PORTER, M. E.; LINDE, C. V. D. Toward a new conception of the environment – competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, v. 9, n. 4, p. 97-118, 1995.
- RIBEIRO, J. C. J. *Desafios do licenciamento ambiental*. In: Seminário Estadual sobre Licenciamento Ambiental. *Anais...* Belo Horizonte: Amda/Semad, 2006.


- SERRANO, L. M.; BARBIERI, A. F. Meio ambiente e desenvolvimento sustentável no Brasil: uma descrição de indicadores de sustentabilidade ambiental aplicáveis à realidade brasileira. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 16, 2008. *Anais...* Caxambu: ABEP, 2008.
- SPEIRS, J.; PEARSON, P.; FOXON, T. *Adapting innovation systems indicators to assess eco-innovation*. DIME International Conference “Innovation, sustainability and policy”, GREThA, University Montesquieu Bordeaux IV, France, p. 11-13, 2008.
- TIGRE, P. B. Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 4, n. 1, p. 35-60, 2005.
- UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development. *World investment report 2006*. FDI from developing and transition economies: implications for development. New York; Geneva: United Nations, 2006.
- UNITED NATIONS. *Earth Summit Agenda 21*. United Conference on Environment and Development – UNCED. Rio de Janeiro, 1992.
- WAGNER, M. Empirical influence of environmental management on innovation: evidence from Europe. *Ecological Economics*, v. 66, n. 2, p. 392-402, 2009.
- WALRAS, L. *Compêndio dos elementos de economia política pura*. Tradução: João Guilherme Vargas Netto. Série: Os Economistas. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

ORCID

Maria Alice Ferreira  <https://orcid.org/0000-0001-5296-642X>

Maria Ivanilde Pereira Santos  <https://orcid.org/0000-0002-4828-7931>

Emerson Costa dos Santos  <https://orcid.org/0000-0002-6493-7236>

 Este artigo está licenciado com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.