



V ENEI

Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação

FACE-UFMG

Inovação, Sustentabilidade e Pandemia

10 a 14 de maio de 2021

PRODUTIVIDADE E INOVAÇÃO AMBIENTAL: uma análise da indústria de transformação de Minas Gerais

Maria Alice Ferreira dos Santos (Universidade Estadual
de Montes Claros - UNIMONTES);

Emerson Costa dos Santos (Universidade Estadual de
Montes Claros - UNIMONTES);

Maria de Fátima Rocha Maia (Universidade Estadual
de Montes Claros - UNIMONTES).

resumo:

O mundo atual busca utilizar cada vez menos materiais para produzir a mesma unidade de riqueza. Entretanto, a pressão sobre os recursos naturais continua crescendo devido à magnitude do crescimento da produção. Nesse cenário, a substituição ou adaptação de padrões tecnológicos atuais, visando as inovações ambientais, tornou-se uma alternativa para o crescimento sustentável. As exigências do mercado e a competitividade entre as empresas fazem com que a adoção de princípios ambientais torne-se condição necessária à sobrevivência das empresas. O trabalho teve como objetivo analisar a produtividade das empresas, que realizaram inovações ambientais, da indústria de transformação de Minas Gerais no período de 2000 a 2017. Os resultados apontaram que as empresas da indústria de transformação de Minas Gerais que realizarem inovação com enfoque ambiental garantiram aumento de produtividade, sendo a regulação ambiental um dos fatores que também contribuíram para esse aumento ao analisar os níveis de intensidade tecnológica.

palavras-chave:

Inovação Ambiental; produtividade; Indústria.

Código JEL:

O; O30; Q55

Área Temática:

7 Tecnologias Sociais e Ambientais
7.3 Inovação, desenvolvimento e sustentabilidade

1. Introdução

A sociedade atual tem buscado utilizar cada vez menos materiais para produzir a mesma unidade de riqueza. Entretanto, a pressão sobre os recursos continua crescendo em termos absolutos devido à magnitude do crescimento da produção, relacionado principalmente ao excesso de consumo e uso dos recursos naturais. As sociedades modernas ainda não conseguiram generalizar a inovação voltada para a sustentabilidade capaz de compatibilizar o tamanho do sistema econômico e os limites dos ecossistemas. Neste cenário, a substituição ou adaptação de padrões tecnológicos atuais, visando as inovações ambientais, tornou-se uma alternativa para promover o crescimento sustentável. É necessário estabelecer políticas que considerem os limites dos ecossistemas e a redução das desigualdades como fatores centrais das decisões econômicas públicas e privadas (ABRAMOVAY, 2012).

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 perceber o crescente interesse e preocupação da sociedade com o 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 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 “eco-inovação” 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 outros efeitos negativos 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 esse 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 ou pela fabricação de produtos poluentes e/ou que tenham problemas de disposição final após sua utilização (PORTER e LINDE, 1995). Por esse motivo, a adequação dos padrões de produção para a minimização de impactos ambientais se torna de fundamental importância – seja por pressões externas da população, dos investidores, organizações não governamentais que passaram a exigir das empresas soluções para o controle da poluição, desmatamento e 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.

A produtividade, particularmente da indústria de transformação brasileira, transformou-se em uma questão de grande interesse nos anos de 1990, dadas as modificações pelas quais passou a economia brasileira. De acordo com Salm *et al.* (1997) existem, na abordagem tradicional, duas formas para se medir a produtividade – a da produtividade total dos fatores de produção e a da produtividade parcial. A segunda, que se refere a um fator de produção ou insumo, é a mais utilizada, pois exige menos informações estatísticas. Neste caso, o mais comum é utilizar-se a produtividade do trabalho, que é a relação entre o valor agregado e o número de horas trabalhadas ou de pessoas ocupadas. Cavalcante e

De Negri (2014) apontam que a produtividade do trabalho manteve, nas décadas de 1990 e 2000, uma trajetória de crescimento estável, porém reduzido. Ainda que os diferentes métodos utilizados para ajustar as séries de pessoal ocupado (PO) possam levar a resultados um pouco diferentes, a ordem de grandeza da taxa de crescimento da produtividade do trabalho medida com base no valor agregado no Brasil é de 1%, ao longo das duas últimas décadas. Desse modo, os investimentos em inovação são fatores correlacionados com a produtividade do trabalho e podem contribuir para sua melhoria no futuro.

Na década de 1990, iniciou-se também a discussão sobre a maneira pela qual a imposição de normas ambientais afetava a produtividade das empresas e setores industriais. Nessa década houve uma polarização do debate em torno das normas ambientais e os desdobramentos posteriores foram elaborados ao final da década. O argumento central da discussão é que a imposição de regulamentações ambientais adequadas pode induzir inovações que irão, em parte ou mais do que totalmente, compensar os custos de adequar-se a tais regulamentações, o que ficou conhecido como a Hipótese de Porter (HP). Assim, a preservação ambiental está associada ao aumento da produtividade dos recursos utilizados na produção e, conseqüentemente, ao aumento da competitividade da empresa (PODCAMENI, 2007).

Em relação à evolução e ao perfil da indústria brasileira, pesquisas apontam que, em geral, as empresas industriais têm demonstrado maior preocupação com o impacto ambiental de suas atividades, o que se reflete em investimentos e inovações ambientais. Esse processo pode ser considerado resultante tanto dos incentivos criados para o controle ambiental e das exigências de cumprimento de normas ambientais, quanto de outros fatores no nível das firmas (FONTES, 2012).

O Estado de Minas Gerais, em particular, se especializou, desde a década de 1970, em atrair indústrias 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 onde os países periféricos tornaram-se atraentes para a instalação de indústrias que exercem fortes impactos no meio ambiente, com conseqüências para a qualidade ambiental 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 conseqüente 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 no 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 e BARBIERI, 2008).

Por apresentar muitas características peculiares, tanto tem termos locais e infra-estruturais, 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 tem analisado, de forma específica, os efeitos da adoção de inovações ambientais por parte dessas empresas da indústria de transformação sobre a produtividade das mesmas.

Nesse sentido, o presente trabalho buscou analisar os efeitos das inovações ambientais sobre a produtividade das empresas da indústria de transformação do Estado de Minas Gerais no período de 2000 a 2017. A motivação do estudo foi contribuir com o debate sobre a relação entre produtividade e inovação ambiental da indústria mineira, no que se refere à necessidade de identificar se as empresas de Minas Gerais que realizaram inovação com enfoque ambiental garantiram aumento de produtividade. Para tanto, utilizou-se o modelo de dados em painel para estimar uma função de produção, com o objetivo de analisar a produtividade das empresas mineiras, modelada por meio de uma função do tipo Cobb-Douglas com retornos constantes de escala e sua relação com a adoção de inovações com redução de impacto ambiental. A hipótese sustentada pelo trabalho é a de que as firmas da indústria de transformação mineira que adotam inovações ambientais tendem a melhorar a sua produtividade.

Esse estudo está dividido em três seções, além dessa 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. A Relação Entre Inovação e Produtividade

A discussão sobre a relevância da inovação e do progresso técnico no desempenho das empresas e da economia ainda é motivo de debate teórico e de constantes aplicações empíricas. Essa preocupação se torna ainda maior quando se busca o nível ótimo de investimento em inovação e o seu efeito sobre a produtividade. Os primeiros trabalhos que buscaram prever as fontes do crescimento da produtividade revelaram que menos da metade desse crescimento era representado pelo aumento dos insumos capital e trabalho. Na maioria das vezes, o resíduo foi atribuído ao progresso técnico, influenciando uma vasta literatura na busca por medidas para quantificar essas mudanças tecnológicas na tentativa de explicar o crescimento residual da produtividade (GRILICHES, 1996).

Griliches (1979) identificou que as firmas, pelo menos no início, continuam exógenas ao processo de produção de conhecimento, mas têm suas atividades gradativamente transformadas ao fornecer conhecimento como *input* para as iniciativas de inovação. Nessas condições, como fator determinante, o conhecimento passou a ser função-chave do que foi genericamente chamado de *new knowledge economy* (a nova economia do conhecimento).

A análise da relação entre inovação e produtividade ganhou destaque com os trabalhos de Griliches, principalmente na concepção do autor em definir o investimento em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), dado pelo somatório de fluxos de investimento, como um estoque de conhecimento da firma (GRILICHES, 1979). Dessa forma, numa função de produção do tipo Cobb-Douglas, o estoque de conhecimento seria alocado como um insumo, assim como acontece comumente com o capital e o trabalho.

Tradicionalmente, a importância da P&D é avaliada pela relação entre P&D e produção (ou de custo, ou de lucro), em que se estima a elasticidade do produto ou taxa de retorno de P&D por meio de uma função de produção Cobb-Douglas, em que um estoque de conhecimento em P&D é inserido na equação de forma separada (MANSFIELD, 1996). Outra forma de avaliar P&D pode ser através da estimativa do valor relacionado ao investimento em P&D pelos mercados de capitais. Desse modo, ao invés de relacionar P&D com as medidas de desempenho econômico, o investimento em P&D também pode estar relacionado com os indicadores de inovação através de algum tipo de função de produção de conhecimento. Os retornos de P&D têm sido geralmente analisados em termos de patentes ou a análise das firmas que realizam algum tipo de inovação (por exemplo, JAFFE, 1989 e ACS, AUDRETSCH e FEDLMAN, 2002).

Uma abordagem tradicional para modelar a relação entre produtividade e P&D é proposta por Griliches (1979) em que o autor assume uma função de produção padrão de valor agregado do tipo Cobb Douglas que inclui o estoque de conhecimento como um fator separado da produção. O modelo pode ser expresso pela seguinte equação:

$$Y_t = AD_t^\beta K_t^{\alpha_1} L_t^{\alpha_2} e^{\mu t} \quad (1)$$

em que Y_t é igual ao produto (valor agregado), D_t é o estoque de conhecimento em P&D, L_t é o insumo trabalho, K_t é o insumo capital, A é uma constante, e μ é uma tendência temporal que capta influências de outros fatores. Uma medida da produtividade total dos fatores (PTF) é dada por:

$$PTF_t = Y_t / (K_t^{\alpha_1} L_t^{\alpha_2}) \quad (2)$$

e assume-se retornos constantes de escala em relação aos insumos capital e trabalho, o que implica que $\sum \alpha_i = 1$. Em geral, os estudos têm considerado que α_i são as ações reais do trabalho e do capital nos custos totais, assumindo que o produto e os mercados de fatores são competitivos. Combinando as equações (1) e (2), tem-se:

$$PTF_t = AD_t^\beta e^{\mu t} \quad (3)$$

Linearizando a expressão (3), tem-se:

$$\log PTF_t = \log A + \beta \log D_t + \mu t \quad (4)$$

Diferenciando a equação acima com relação ao tempo e considerando $[d\log PTF_t]/dt = \dot{T}/T$:

$$\frac{\dot{T}}{T} = \beta \frac{\dot{D}}{D} + \mu \quad (5)$$

da equação (1) é possível interpretar β como sendo a elasticidade do produto com relação ao conhecimento de capital, isto é:

$$\beta = \frac{\partial \log Y}{\partial \log D} = \frac{\partial Y}{\partial D} \cdot \frac{D}{Y} \quad (6)$$

A expressão (6) pode ser escrita como:

$$\frac{\dot{T}}{T} = \frac{\partial Y}{\partial D} \cdot \frac{D}{Y} \frac{\dot{D}}{D} + \mu = \rho \frac{R}{Y} + \mu \quad (7)$$

em que $\rho = \partial Y / \partial D$ e $R = \partial D$ (ou seja, investimento líquido em conhecimento).

Essa modelagem, portanto, aponta que as firmas que inovam tendem a possuir níveis consideráveis de investimento em P&D e novo conhecimento econômico. Consequentemente, firmas com muito insumo de P&D possuem um grau alto de produto da inovação (GRILICHES, 1979).

Assim, a produtividade total dos fatores (PTF) do setor i é afetada não somente por seu P&D, mas também pelos avanços de produtividade do setor j à medida que adquire produtos dele e que os progressos não foram totalmente apropriados por j . Ou seja, o conhecimento de um setor dependerá do investimento direto em P&D e do P&D incorporado adquirido de outros setores (GRILICHES, 1979).

O entendimento da inovação evoluiu e incorporou diversos fatores de mensuração da atividade tecnológica na empresa. Estes fatores determinantes da inovação (denominados de insumos ou fatores da inovação) é que conduzem ao aumento final da produtividade como consequência do processo de inovação. Os fatores são usualmente medidos na P&D, patentes e mão de obra qualificada, bem como o entendimento dos fatores externos, como a mudança organizacional, a cooperação ou financiamento da P&D.

Kleinknecht e Verspagen (1989) e Kleinknecht *et al.* (1991) enfatizaram que, em geral, as métricas com foco em P&D conseguiam capturar somente as atividades inovadoras provenientes dos orçamentos formais das empresas, e que as práticas informais de P&D, usuais nas pequenas e médias empresas, passavam ao largo desses levantamentos. No mesmo sentido, realçaram que as atividades de P&D voltadas para a cópia, a imitação e a absorção de tecnologias, mesmo quando inscritas nos orçamentos de P&D das empresas, não eram tratadas como produtoras de conhecimento novo nem de inovações.

Desse modo, as firmas, tomam como base um conhecimento que está disponível, ou seja, o conhecimento tecnológico é de domínio público e, portanto, é um bem público (ARROW, 1962; NELSON, 1959); e, que é compartilhado por todos os agentes envolvidos. Mas, as firmas também procuram, a partir de novas buscas, melhorar e diferenciar seus procedimentos e estratégias, apresentando com isso diferentes formas de utilização dessas tecnologias no seu interior, fator que as distingue dos seus concorrentes e gera variações e evolução no sistema. Arrow (1962) dentro do contexto de que conhecimento tecnológico é um bem público, não nega a existência de custos de transferência de conhecimento, aqueles identificados como os custos de processamento de informações imediatas ou imitações, mas, argumenta que eles são tipicamente pequenos em relação ao custo da criação de novos conhecimentos.

Nelson e Winter (1982), em relação à importância do conhecimento tácito, apontam que a “transferência tecnológica” pode ser tão cara e consumir tanto tempo quanto uma P&D independente. A tecnologia, vista como um bem público pela teoria neoclássica, está associada ao conhecimento genérico e ao seu processo de codificação. Na medida em que ela também está associada à capacidade de utilização em uma organização específica, o conhecimento tácito torna-se fundamenta, pela forma como a tecnologia relaciona seus processos produtivos e organizacionais aos produtos gerados.

Na visão neoclássica, a difusão tecnológica seria um resultado cumulativo ou agregado de uma série de indivíduos racionais que contrastam o benefício adicional de adotar uma nova tecnologia e os custos da mudança, em um ambiente de incerteza e de informação limitada. Apesar de a decisão ser tomada pela demanda, os custos e benefícios são influenciados pelas decisões dos fornecedores da nova

tecnologia (HALL, 2004). Nesse sentido, a literatura empírica dos efeitos produtivos das atividades de P&D destaca a existência dos transbordamentos tecnológicos (LOS e VERSPAGEN, 2000). Esses surgem quando os investimentos em tecnologia criam benefícios que não são exclusivamente para os inventores, e quando, com o uso conjunto da tecnologia, o lucro das firmas é maior (SHIH e CHANG, 2009).

De forma geral, o investimento em P&D é considerado como uma fonte positiva de externalidade devido ao caráter não rival do conhecimento por ele gerado (DIETZENBACHER e LOS, 2002). Além disso, é amplamente reconhecido que o efeito dos investimentos em P&D realizados por um setor em particular afetam muito mais a produtividade de outros setores do que a sua própria.

Através da retroalimentação gerada pelas externalidades positivas em P&D, uma inovação criada em determinado setor industrial poderá beneficiar vários outros setores (DE LA POTTERIE, 1997). Não obstante, os gastos com P&D podem ser considerados externalidades negativas à medida que os setores podem financiar seu P&D estabelecendo preços maiores. Tal fenômeno encareceria o processo de compra de insumos pelos setores usuários, gerando assim essa externalidade para o consumidor (DIETZENBACHER e LOS, 2002). A difusão de conhecimento, por sua vez, surge à medida que o conhecimento gerado por uma região ou empresa contribui para o processo de inovação de outras, através dos denominados fluxos de conhecimento (BASCAVUSOGLU, 2004). Tradicionalmente, a difusão aliada à invenção de uma nova ideia e a sua comercialização, formam os três pilares nos quais a introdução de um novo produto, processo ou prática se sustenta (HALL, 2004). Adicionalmente, os padrões da mudança técnica são determinados, em grande parte, pela difusão tecnológica (BASCAVUSOGLU, 2004).

Devido ao baixo poder de proteção de propriedade intelectual e da inability de manter as ideias intra-firma, uma fração do conhecimento adquirido a partir das atividades de P&D esvai-se. Contudo, tal fenômeno não representa exclusivamente uma difusão de conhecimento uma vez que ideias geram novas ideias, e descobertas de uma área científica específica podem ser ampliadas para outros campos (MOHNEN, 1997). Assim, o transbordamento de conhecimento surge devido ao caráter imperfeito da apropriabilidade do conhecimento associado à inovação (BASCAVUSOGLU, 2004).

Nos últimos anos, reconheceu-se na literatura que os *spillovers* de conhecimento provenientes de fontes externas podem ter um impacto significativo nos processos de inovação, mudança técnica e desenvolvimento econômico (FRITSCH e FRANKE, 2004, VERSPAGEN, 1997; CERULLI e POTI, 2009). Tal fato se dá por apenas algumas organizações conseguirem gerar internamente todo o conhecimento de que necessitam para manter um contínuo desenvolvimento tecnológico. Na medida em que produtos e processos mais eficientes surgiriam, o conhecimento próprio começaria a perder sua especificidade, vazando para outras firmas do setor (GRILICHES, 1979).

É importante ressaltar ainda, a existência de *spillovers* indiretos, uma vez que pode existir um efeito cascata de mudança técnica entre os setores, devido à interdependência tecnológica entre as indústrias fornecedoras e consumidoras (SILVA, GONÇALVES e PEROBELLI, 2010). Por outro lado, a habilidade de implementação e apropriação de novas tecnologias é alcançada a partir da transferência de conhecimento dentro das empresas (Gilbert e Cordey-Hayes, 1996) e está necessariamente relacionada ao uso que a firma confere à pesquisa da inovação (FABRIZIO, 2009). A receita líquida obtida pela firma reflete suas atividades atuais e passadas de P&D, contudo, através da difusão do conhecimento adquirido, os custos das atividades acumuladas de P&D da firma podem ser transferidos para outras empresas. Neste caso, o retorno privado destas atividades excederia o social (GRILICHES, 1979).

Desse modo, como o investimento em P&D de um setor aumenta a produtividade dos outros setores, os *spillovers* têm efeito positivo na produtividade, de modo que sua magnitude varia entre empresas de alta, média e baixa tecnologias (LOS e VERSPAGEN, 2000). Muitos estudos a respeito da transferência tecnológica apontam para a importância de se considerar a capacidade social, criação de conhecimento, experiência prévia e capacidade de acesso e absorção de conhecimento externo (ALMEIDA e KOGUT, 1999). Griliches (1979) destaca dois tipos de *spillovers*, como sendo os de renda (*rent spillover*) e os de conhecimento (*knowledge spillover*). Enquanto o primeiro estaria relacionado a transações econômicas, o segundo não estaria ligado ao produto, e sim, ao conhecimento criado em alguns setores que pode ser usado em outros. Ademais, os *spillovers* de conhecimento, como aponta Verspagen (1997), estão relacionados mais diretamente ao conhecimento incorporado nas inovações do que nas transações econômicas.

2.1 A produtividade e o meio ambiente

Um dos primeiros estudos que observou a relação entre as inovações ambientais, as regulações e o desempenho econômico das empresas foi o desenvolvido por Porter e Linde (1995). Estes autores apresentaram uma perspectiva de que a regulação pode caracterizar uma situação “win-win”, pois ela é capaz de gerar benefícios econômicos e ambientais ao mesmo tempo.

A visão clássica tradicional preconizada por Friedman (1970), sobre a responsabilidade social das firmas, aponta que a única responsabilidade social das empresas é a de maximizar a criação do valor econômico. Logo, tudo o que se faz na empresa e nos negócios tem por objetivo o cumprimento desta responsabilidade (LE MENESTREL, 2007). Friedman concebe a função social da empresa pelo aspecto econômico-financeiro/Jurídico-legal, centrada na lucratividade, prosperidade, no cumprimento das “regras de mercado e leis estabelecidas” (COSTA e DOMINGUES, 2012, p. 31). Deste modo, para que a empresa possa alcançar a sua função social, a gestão deve agir de forma eficaz e eficiente. A preocupação com os empregados, com a qualidade, com o bem-estar da comunidade, enfim, tudo o que se faz pelos outros, justifica-se apenas se a ação resultar na maximização dos resultados econômicos da empresa (FRIEDMAN, 1970).

Não obstante, Porter e Linde (1995) defenderam o princípio de que “normas ambientais adequadamente projetadas podem desencadear inovações que reduzem o custo total de um produto ou melhoram o seu valor” (PORTER e LINDE, 1995, p. 120) e que, portanto, compensariam os custos de submissão das firmas à inovação. O que se percebeu é que a relação antes dada como um trade-off entre preservação ambiental e lucratividade das empresas, parecia perder lugar diante das estratégias promissoras das empresas em ganhar mercado ao adotarem uma inovação ambiental dentro do processo produtivo.

Este argumento ficou conhecido como “Hipótese de Porter” (HP) que enfatiza a regulamentação ambiental como um canal indutor para adoção de inovações ambientais e, conseqüentemente, a obtenção de ganhos de competitividade por parte das firmas e está baseado na visão dinâmica de produção. Em uma visão estática, onde produção, tecnologia, processos e demanda dos consumidores são fixos, padrões ambientais mais rígidos certamente levariam ao aumento de custos e tenderiam a reduzir a parcela de mercado das empresas em um mercado globalizado (PORTER e LINDE, 1995). No entanto, os autores consideram essas variáveis como dinâmicas capazes de proporcionar soluções inovativas às pressões dos consumidores, competidores e, inclusive, das regulamentações. Estudos empíricos feitos pelos mesmos constataram que a imposição de regulamentações ambientais bem formuladas pode induzir à adoção de inovações capazes de aumentar a produtividade e a competitividade das empresas.

Entretanto, a HP é controversa, sendo criticada por vários autores. Primeiro, a evidência inicialmente usada em seu suporte é baseada em um pequeno número de estudos de caso de empresas, nos quais as empresas foram capazes de reduzir tanto as suas emissões de poluentes quanto os seus custos de produção. Como tal, dificilmente pode ser generalizado a todas as empresas. Em segundo, os economistas sugerem que, em uma economia perfeitamente competitiva, se há oportunidades para reduzir custos e ineficiências, as empresas poderiam identificá-los por si mesmos, sem a necessidade de indução via regulações (OATES *et al.*, 1993).

Desse modo, muitos autores têm tentado testar a HP empiricamente. Nesse contexto, três abordagens surgem desta literatura empírica. A primeira analisa a versão “fraca” da HP – a ligação entre a intensidade da regulação e a inovação ambiental. Porter e Linde (1995) apontam que a inovação não é somente mudanças tecnológicas e pode assumir várias formas, incluindo “o design de um produto ou serviço, os segmentos que atua, como ele é produzido, como ele é comercializado e seu suporte pós-vendas” (PORTER e LINDE, 1995, p.98).

A segunda abordagem empírica avalia a versão “forte” da HP – o impacto da regulamentação ambiental no desempenho competitivo da empresa. Esta hipótese é testada sem considerar a causa desta variação no desempenho (se está ligado à inovação ou a outra causa). O desempenho dos negócios da empresa é muitas vezes medido pela sua produtividade (AMBEC *et al.*, 2011). Esta segunda abordagem tem uma longa tradição na literatura econômica.

Uma terceira abordagem para avaliar a HP examina a concorrência entre as nações – a qual retorna para a HP original de que a regulamentação ambiental irá melhorar a competitividade do país. Os autores transformam essa questão e examinam a hipótese de “pollution haven” – em que a regulamentação ambiental rigorosa vai induzir as empresas a deixar o país por regulamentação menos

rigorosa, e, portanto, menos dispendiosa. De fato, existem outras razões pelas quais as empresas podem mudar suas instalações de um país para outro, tais como diferenças no custo de mão de obra, terra, custo de transporte e outros fatores de produção (e não apenas de poluição) (AMBEC *et al.*, 2011).

Conforme Porter e Linde (1999), as empresas operam no mundo real da competição dinâmica, não no mundo estático da teoria econômica, referindo-se à crença de que a regulamentação ambiental solapa a competitividade. Neste contexto, na visão destes autores, a inovação ambiental é a utilização de uma gama de insumos de maneira mais produtiva (matéria-prima, energia e mão de obra) compensando desta forma os custos para a redução do impacto ambiental e resolvendo o impasse da ecologia versus economia. Por conseguinte, os autores ressaltam que o aumento da produtividade dos recursos favorece, em vez de comprometer, a competitividade das empresas, de modo que a questão da produtividade dos recursos pode trazer diversas melhorias ao meio ambiente.

Grande parte da literatura sobre a inovação a nível de empresa, em particular no âmbito ambiental, concentra-se na identificação dos determinantes da inovação ambiental e utilizam, em sua maioria, a definição restrita de inovação ambiental, cujo objetivo a priori é a redução de impactos ambientais. A análise dos efeitos da inovação ambiental sobre a produtividade tem sido predominantemente desenvolvida, indiretamente, por estudos que tentam avaliar a validade da controversa HP (PORTER e LINDE, 1995).

Leeuwen e Mohnen (2013) investigaram até que ponto a eco-inovação são caracterizadas pela complementaridade ou substituição do seu efeito sobre a produtividade. A análise dos autores, com base em um painel de empresas holandesas, não encontrou nenhum efeito da eco-inovação sobre a produtividade. Já Ghisetti e Rennings (2014) mostram que para as empresas alemãs existe uma relação positiva entre a eco-inovação que visa a melhoria de recursos e eficiência energética e o desempenho financeiro (retorno sobre as vendas), enquanto uma relação negativa emerge para eco-inovações que visam a redução das externalidades ambientais (por exemplo, redução do impacto sobre o meio ambiente).

Soltmann *et al.* (2013) exploram dados em painel com 7.920 indústrias manufatureira de 12 países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em um período de 30 anos (1980-2009). Os autores utilizaram uma função de produção Cobb Douglas e efeitos fixos para regressar o estoque de patente verde sobre o valor adicionado total (proxy de produção). Em seu estudo, as patentes verdes seguiam a definição da OCDE, que compreende o controle da poluição, controle de poluição da água, gestão de resíduos sólidos e energia renovável. Os autores encontraram uma relação em formato de U entre a intensidade de patentes verdes e a produtividade, em outras palavras, para a maioria das indústrias, um nível intensidade de patentes verdes afeta a produtividade negativamente. O ponto de viragem é consideravelmente alto, o que implica que apenas algumas indústrias, com grande estoque de patentes verdes, são mais propensas a apresentar efeito positivo sobre a produtividade.

Cefis e Ciccarelli (2005) investigam empiricamente os efeitos das atividades inovadoras sobre a performance das empresas, utilizando um painel de empresas da indústria do Reino Unido. Levando em conta a heterogeneidade das firmas e dos setores, eles encontram um efeito positivo da inovação sobre os lucros; diferença na lucratividade entre os inovadores e os não-inovadores, bem como a persistência de longo prazo em diferenciais de lucro. No entanto, outros estudos empíricos (GEROSKI *et al.*, 1997), utilizando dados do nível de firmas dos EUA e do Reino Unido, encontraram que poucas empresas inovadoras são persistentemente inovadoras, e isto só acontece, geralmente, depois que um nível no desempenho inovativo é atingido.

Albrizio *et al.* (2014) analisaram o efeito das mudanças de política de regulação ambiental sobre o crescimento da produtividade nos países da OCDE. Os autores experimentaram um novo índice do rigor da política ambiental (Environmental Policy Stringency – EPS), e testaram uma forma reduzida do modelo do crescimento da produtividade multi-fatorial, que leva em conta que o efeito das medidas de política ambiental varia com a intensidade da poluição da indústria e o avanço tecnológico. Os resultados sugerem que o crescimento da produtividade é afetado negativamente pela mudança de política depois de um ano. Entretanto, o efeito negativo é compensado três anos após a realização da mudança de política ambiental.

Acemoglu *et al.* (2012) apontam que as mudanças no preço relativo da energia têm um efeito importante sobre os tipos de tecnologias que são desenvolvidas e adotadas. O uso intensivo de energia ou poluentes fazem com que as empresas tenham diferentes incentivos em relação a outras empresas, para desenvolver ou adotar eco-inovações. Ademais, os autores argumentam que, sem uma intervenção

do governo, a economia seria rapidamente levada a um desastre ambiental, pois a vantagem inicial da produtividade direcionaria a inovação e a produção para o setor de insumos “sujos”, contribuindo para a degradação ambiental. No entanto, uma regulação ambiental seria suficiente para redirecionar a mudança técnica e evitar um desastre ambiental.

Lanoie *et al.* (2011) combinaram duas versões da HP: a ligação entre a intensidade da regulação e a inovação ambiental e o impacto da regulação ambiental no desempenho dos negócios da empresa. Os autores utilizaram dados da OCDE realizada com mais de 4.200 empresas localizadas em sete países industrializados e aplicaram o método dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios. Os resultados do primeiro estágio mostraram uma ligação positiva e significativa entre o rigor das regulações ambientais e a inovação ambiental, o que é consistente com a versão “fraca” da HP. Além disso, a inovação ambiental tem um impacto positivo e significativo sobre o desempenho dos negócios. Isso evidencia a ligação de causalidade sugerida pela versão “forte” da HP. No entanto, Lanoie *et al.* (2011) também notam que a regulação ambiental tem um efeito negativo direto sobre o desempenho do negócio. Em suma, eles acham que o efeito líquido é negativo, isto é, o efeito positivo da inovação no desempenho dos negócios não compensa o efeito negativo do próprio regulamento.

Em relação aos estudos da indústria brasileira, Podcameni e Queiroz (2014) utilizaram um modelo probit para a PINTEC 2003 para estimar o impacto da inovação ambiental sobre a competitividade das firmas. Nesse estudo, a competitividade é uma variável binária que apresenta valor 1 (um) quando as firmas declaram que tem mantido ou expandido o seu market share e/ou conquistado novos mercados. Os resultados encontrados indicaram que a adoção de inovações ambientais não teve efeito direto sobre a competitividade das firmas inovadoras, mas se deu de forma indireta através da redução dos custos e aumento da qualidade dos produtos. As autoras concluem que, dentro do grupo das empresas inovadoras, as empresas que tiveram maiores chances de aumentar a competitividade foram as empresas que implementaram inovações com significativa redução do impacto ambiental.

De modo geral, os estudos apontaram que a produtividade é positivamente afetada pelas inovações ambientais. Empresas com grandes estoques de patentes verdes ou que adotaram inovação ambiental possuem níveis mais elevados de volume de negócios por empregado do que as empresas que introduzem apenas inovação convencional¹. Verificou-se ainda que, as inovações ambientais que melhoram a eficiência dos recursos têm um impacto positivo e significativo sobre a lucratividade das firmas e que a heterogeneidade das firmas e setores também afeta a produtividade das firmas. Entretanto, alguns dos estudos não encontraram nenhum efeito das inovações ambientais sobre a produtividade ou ainda que as inovações ambientais afetam a produtividade de forma negativa, principalmente, quando a adoção de inovação ambientais visavam a redução do impacto sobre o meio ambiente. Nesse perspectiva, ainda não há, na literatura empírica, um consenso sobre o efeito das inovações ambientais sobre a produtividade, bem como uma análise mais regional da relação entre produtividade e inovação ambiental e, por isso, o estudo se mostra importante ao buscar analisar a indústria de transformação de Minas Gerais.

3. Metodologia

3.1 Base de dados e descrição de variáveis

Para alcançar o objetivo do estudo serão utilizados dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) e da Pesquisa da Indústria Anual (PIA). A primeira coleta informações relevantes sobre inovação e a segunda fornece variáveis relevantes sobre o desempenho econômico-financeiro das empresas. As informações da PINTEC são divulgadas a partir da Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE versão 2.0². É importante notar que, enquanto a PIA é realizada todos os anos, a PINTEC é conduzida a cada 3 (três) anos, seguindo o Manual de Oslo e recomendação da *Community Innovation Survey* (CIS).

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

² O acesso aos dados ocorreu mediante aprovação de projeto encaminhado ao IBGE, sob o número de processo 03605.001848/2015-20. A manipulação dos dados e as estimações ocorreram diretamente na sala de sigilo do IBGE.

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 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 isto 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. Esta 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 E AVELAR, 2015).

Na construção dos dados em painel serão utilizadas as seis edições 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); PINTEC 2011 (referente ao período entre 2009 e 2011) e PINTEC 2014 (referente ao período de 2012 a 2014) combinadas com as PIAs de 2000 a 2014. Os modelos de regressão com dados em painel, são também chamados de dados combinados, por agregar 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 o fenômeno e graus de liberdade adicionais. Pode-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 1, as quais estão organizadas em três grupos. No primeiro grupo estão os dados referentes à produtividade do trabalho, variável dependente do modelo, e variáveis referentes aos dados da empresa sobre os fatores de produção:

- Número de pessoal ocupado, que serve como proxy para medir o tamanho da firma; intensidade de capital (valor do capital por trabalhador); e, o consumo de matérias primas por trabalhador.
- Produtividade do trabalho, construída com base no cálculo da razão entre o valor da transformação industrial e do número de pessoal ocupado. Cavalcante e De Negri (2014) apontam que mesmo sendo um indicador parcial é o que mais se relaciona com os padrões de vida da sociedade, permitindo a desagregação das análises.

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

- A inovação ambiental é definida com base na questão v87 do questionário da PINTEC 2000 e v105 dos questionários das PINTECs 2003, 2005, 2008, 2011 e 2014. Essa questão diz respeito à importância dos impactos das inovações de produto e/ou processo, implementadas pelas empresas que permitiram reduzir o impacto sobre o meio ambiente, classificada por níveis de importância: 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.
- 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; participação da firma no mercado (market share).

O terceiro grupo relaciona características que demonstram a inserção internacional da firma como:

- Capital estrangeiro e exportação. As firmas que estão inseridas em um ambiente concorrencial precisam levar em conta as mudanças nos padrões de consumo dos consumidores que se tornaram mais exigentes em relação à preservação ambiental. De modo similar, as firmas de capital estrangeiro estão sujeitas às ordens de sua matriz que exige que as regras e padrões mundiais sejam seguidos de forma mais rigorosa. Ademais, as firmas exportadoras estão mais expostas às regulações e normas ambientais mundiais e, portanto, precisam se adequar aos padrões ambientais externos para permanecerem no mercado internacional.

Quadro 1 – Variáveis utilizadas

Códigos	Variáveis	Descrição	Fontes
Fatores de Produção e Variáveis de Resultado			
PO	Pessoal Ocupado	Número de Trabalhadores. Capta o tamanho da empresa.	PIA
K	Valor do Estoque de Capital por trabalhador	Valor do estoque de capital físico por trabalhador (em Reais)	PIA
MP	Consumo de matérias-primas por trabalhador	Valor do consumo de matérias-primas por trabalhador (em Reais)	PIA
VTI	Valor da Transformação Industrial	Valor da Transformação Industrial (em Reais)	PIA
PT	Produtividade do Trabalho	Razão entre o valor da transformação industrial (VTI) e o número de pessoal ocupado (PO) (em Reais)	PIA
Inovação e Ambiente Concorrencial			
IA	Inovação Ambiental	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado inovação com redução de impacto sobre o meio ambiente	PINTEC
REG	Regulação Ambiental	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma se enquadre em regulações e normas padrão relativas ao mercado interno ou externo	PINTEC
Mkt	<i>Market share</i>	Participação da receita líquida de vendas (RLV) da firma sobre a receita líquida de vendas total do setor de atividade econômica à qual ela pertence, definido a partir de dois dígitos da Classificação Nacional de Atividade Econômica 2.0 (CNAE 2.0)	PINTEC
Intec	Intensidade Tecnológica	Conjunto de 4 (quatro) variáveis binárias de intensidade tecnológica, que recebem valores unitários caso a firma faça parte de uma atividade econômica com intensidade tecnológica baixa, média-baixa, média-alta e alta, definido a partir de dois dígitos da classificação elaborada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (HIGH-TECNOLOGY, 2009)	PINTEC
Inserção Internacional			
Capcontr	Capital controlador	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a origem do capital controlador da firma seja nacional e zero caso seja estrangeiro ou misto	PINTEC
Exp	Exportação	Valor percentual das exportações	PINTEC

Fonte: Elaboração própria.

Cabe destacar ainda o recorte dado por nível de intensidade tecnológica e de atividade econômica 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 *et al.*, 1994). A definição em quatro níveis está representada pela variável “Intec” especificada no Quadro 1.

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 efeitos da inovação ambiental sobre a produtividade das empresas da indústria de transformação de Minas Gerais, a função de produção para calcular produtividade será modelada por meio de uma função do tipo Cobb-Douglas com retornos constantes de escala e a variável inovação ambiental como *input*:

$$PT_{it} = IA_{it}\delta + X_{1it}\beta_1 + \alpha_i + u_{it} \quad (8)$$

Em que PT_{it} é produtividade do trabalho, IA_{it} é a variável de inovação e δ seu parâmetro, X_{1it} é o vetor de outras variáveis explicativas e β_1 seus respectivos coeficientes, u_{it} é o termo de erro, α_i é a heterogeneidade setorial não-observada, $i = 1, 2, \dots, N$ – unidades de firmas e $t = 1, 2, \dots, T$ – período de tempo (anos).

O modelo apresentado será estimado por efeitos fixos ou aleatórios. Wooldridge (2002) aponta que o principal determinante para decidir entre o modelo de efeitos fixos e o modelo de efeitos aleatórios é o efeito não observado α_i . Em situações em que α_i é correlacionado com as variáveis explicativas, o modelo de efeitos fixos é o mais indicado. Caso contrário, se α_i não é correlacionado com as variáveis explicativas, o modelo de efeitos aleatórios deve ser utilizado.

O modelo de efeitos fixos busca controlar os efeitos das variáveis omitidas que variam entre indivíduos e permanecem constantes ao longo do tempo. Para isto, supõe que o intercepto varia de um indivíduo para o outro, respeitando a heterogeneidade entre indivíduos, mas é constante ao longo do tempo. Cameron e Trivedi (2009) mostram que os estimadores de β_4 de um modelo de efeitos fixos para a equação (30) eliminam os efeitos fixos α_i , isto é, é elaborada uma transformação *within* pela diferenciação de médias. Dessa forma, uma estimação *within* elabora uma modelagem com os dados diferenciados em torno da média, e não se pode estimar um coeficiente de um regressor sem variação ao longo do tempo, de modo que os efeitos fixos α_i na equação (30) podem ser eliminados pela subtração das médias de cada indivíduo, resultando o modelo *within*. Pelo fato de α_i ter sido eliminado, o estimador de MQO oferece estimativas consistentes de β_4 , mesmo se α_i , for correlacionado com X_{4it} como é o caso do modelo de efeitos fixos.

O modelo de efeitos aleatórios possui as mesmas suposições do modelo de efeitos fixos, isto é, o intercepto varia de um indivíduo para o outro, mas não ao longo do tempo. A diferença entre os dois modelos refere-se ao tratamento do intercepto, de modo que o modelo de efeitos aleatórios trata os interceptos como variáveis aleatórias, considerando que os indivíduos sobre os quais dispõe-se de dados são amostras aleatórias de uma população maior de indivíduos. No modelo de efeitos aleatórios, assume-se que α_i é puramente aleatório, ou seja, não é correlacionado com os regressores (CAMERON E TRIVEDI, 2009).

Desse modo, para a escolher entre um modelo de dados em painel com efeitos fixos ou efeitos aleatórios e, portanto, verificar se existe correlação entre α_i e as variáveis explicativas, Greene (2003) sugere o teste de Hausman e formula as hipóteses nula e alternativas para o teste: H_0 : α_i não é correlacionado com as variáveis explicativas e H_1 : α_i é correlacionado com as variáveis explicativas. Caso a hipótese nula seja aceita, não há evidências que α_i seja correlacionado com as variáveis explicativas, de modo que o modelo de efeitos aleatórios deve ser utilizado. Por outro lado, se a hipótese alternativa for aceita, deve-se utilizar o modelo de efeitos fixos.

Com base na equação (8), o modelo empírico a ser estimado pode ser apresentado da seguinte forma:

$$\ln PT_{it} = \beta_0 + \beta_1 IA_{it} + \beta_2 REG_{it} + \beta_3 \ln Mkt_{it} + \beta_4 \ln K_{it} + \beta_5 \ln MP_{it} + \beta_6 Capcontr_{it} + \beta_7 Exp_{it} + \beta_8 Intec_{it} + u_{it} \quad (9)$$

Em que PT_{it} é a produtividade do trabalhador, IA_{it} é a inovação ambiental, β_i são os parâmetros a serem estimados e u_{it} é o termo de erro. As demais variáveis estão representadas no Quadro 1, no qual os valores contínuos estão em logaritmo na equação.

Dentre as variáveis explicativas estão os insumos usuais da função de produção: valor do capital por trabalhador e o consumo de matérias primas por trabalhador, todos em logaritmo. Outras

características do ambiente concorrencial e da inserção internacional também são representadas: regulação com enfoque ambiental, market share, capital controlador e exportação. A variável regulação ambiental entra nessa etapa afim de verificar se a imposição de regulações ambientais bem formuladas possam induzir à adoção de inovações capazes de aumentar a produtividade das empresas. Há também a variável de intensidade tecnológica para medir se os setores mais intensivos em tecnologias são mais produtivos do que os menos intensivos.

4 Apresentação e Discussão dos Resultados

4.1 Descrição analítica dos dados

Analisando a PINTEC, é possível calcular a taxa de inovação, medida do resultado dos esforços inovativos das empresas, isto é, 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 (CAVALCANTI e DE NEGRI, 2014). A Tabela 1 apresenta as taxas de inovação convencional e as taxas de inovação ambiental para as empresas da indústria de transformação de Minas Gerais.

Tabela 1 – Taxa de inovação na indústria de transformação de Minas Gerais – 1998-2017

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
2015-2017	11784	3807	32,30	1427	37,49

Fonte: Elaboração própria a partir das bases do IBGE (2021).

De acordo com a Tabela 1, houve um crescimento sistemático da taxa de inovação em quatro pesquisas (de 1998 a 2003, de 27,84% para 42,66% e de 2003 a 2008 de 29,78% para 42,19%) e um decréscimo gradual nas últimas pesquisas, de 2008 a 2017 de 42,19% para 40,56%, de 40,56% para 34,10% e de 34,10% para 32,30%. As taxas de inovação ambiental foram maiores apenas na primeira edição da PINTEC, que abrangia o período 1998-2000. Conforme Cavalcanti e De Negri (2014), isso pode ser justificado pela novidade dos conceitos e, portanto, pouca familiaridade dos respondentes.

Entretanto, verifica-se que a taxa de inovação ambiental volta a crescer a partir de 2009 e se mantém relativamente estável no período de 2012 a 2017. Esse resultado pode ser justificado pela atuais exigências dos consumidores diante de acidentes ambientais e fatores como a globalização dos negócios, a internacionalização dos padrões de qualidade ambiental descritos na série ISO 14000 e o fortalecimento dos Partidos Verdes em países europeus, que estão fazendo com que ocorram mudanças nas empresas. A responsabilidade ambiental passou a ser vista como uma questão de sobrevivência pelas empresas.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas de variáveis binárias e contínuas para as empresas da indústria de transformação de Minas Gerais no período de 1998 a 2017.

Tabela 2 – Descrição de variáveis binárias e contínuas para as empresas inovadoras de Minas Gerais no período de 1998 a 2017

Variáveis Binárias	1998-2000 (%)	2001-2003 (%)	2003-2005 (%)	2006-2008 (%)	2009-2011 (%)	2012-2014 (%)	2015-2017 (%)
Inovação Ambiental	43,8	42,7	29,8	42,2	40,6	37,9	37,5
Regulação Ambiental	33,7	26,4	23,0	38,2	43,3	53,6	49,6
Variável Contínua (Média)	1998-2000	2001-2003	2003-2005	2006-2008	2009-2011	2012-2014	2015-2017
Pessoal Ocupado	450282	506372	547299	653825	740838	779425	670725
Produtividade do Trabalho (em <i>log</i>)	2,32	2,33	2,18	2,10	2,17	2,20	2,29

Fonte: Elaboração própria a partir das bases do IBGE (2021).

De acordo com a Tabela 2, analisando a amostra de empresas inovadoras pelos anos das PINTECs, verifica-se que 49,6% das empresas no período de 2015-2017 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 abranger 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. Ademais, em relação a variável produtividade do trabalho, que é a razão entre o valor da transformação industrial e o número de pessoal ocupado, houve uma relativa estabilidade dessa variável para as empresas inovadoras mineiras no período analisado.

4.2 Resultados das estimações

Para atingir o objetivo de analisar os efeitos das inovações ambientais sobre a produtividade das empresas da indústria de transformação do Estado de Minas Gerais, estimou-se o modelo com efeitos fixos, resultado do teste de Hausman, com a produtividade do trabalho (*PT*) em logaritmo como variável dependente. Os resultados das estimações estão reportados na Tabela 3.

Tabela 3 – Estimações: Produtividade – Efeitos fixos

Variável Dependente: lnPT	(1) Geral	(2) Baixa	(3) Média-baixa	(4) Média-alta	(5) Alta
IA	0,536*** (0,150)	0,403*** (0,088)	0,291** (0,094)	0,102 (0,079)	0,273* (0,106)
REG	0,125*** (0,060)	0,0529* (0,032)	0,101*** (0,034)	0,094*** (0,028)	0,025 (0,039)
lnMkt	0,618*** (0,224)	0,704*** (0,323)	0,698*** (0,283)	0,575*** (0,344)	0,640*** (0,279)
lnK	0,193*** (0,015)	0,170*** (0,009)	0,203*** (0,009)	0,206*** (0,009)	0,207*** (0,012)
lnMP	0,282*** (0,016)	0,298*** (0,009)	0,241*** (0,010)	0,311*** (0,009)	0,283*** (0,012)
Capcontr	0,162*** (0,042)	0,183*** (0,029)	0,204*** (0,028)	0,199*** (0,023)	0,169*** (0,029)

Tabela 3 – Estimativas: Produtividade – Efeitos fixos

	(Continuação)				
Exp	-0,001** (0,0004)	-0,0002 (0,0002)	-0,0006** (0,0003)	-0,0005** (0,0002)	0,0002 (0,0002)
Média-baixa	0,309*** (0,054)	-	-	-	-
Média-alta	0,421*** (0,063)	-	-	-	-
Alta	0,306*** (0,066)	-	-	-	-
R ² (<i>within</i>)	0,103	0,071	0,108	0,170	0,117
R ² (<i>between</i>)	0,417	0,339	0,396	0,448	0,437
R ² (<i>overall</i>)	0,438	0,337	0,405	0,457	0,454
Nº de Obs.	44262	15669	9866	10998	7729

Fonte: Elaboração própria a partir das bases citadas no Quadro 1.

Nota: *** significativo a 1%, ** significativo a 5% e * significativo a 10%. Os erros-padrão são robustos e se encontram entre parênteses e foram estimados por *bootstrap* com mil replicações. Aplicou-se o teste de Hausman, com o objetivo de comparar os modelos de efeitos fixos e aleatórios, de modo que o resultado ($\chi^2 = 253,70$ com um $p_valor = 0,0001$) foi favorável ao primeiro, aceitando a hipótese de que o modelo de painel com efeito fixo é melhor do que o aleatório. As *dummies* de localização das regiões geográficas foram incluídas nas equações e não estão reportadas, uma vez que os demais modelos não apresentam um intercepto global.

Com base na Tabela 3, percebe-se que a adoção de inovação ambiental (*IA*) tem um impacto geral positivo e significativo sobre a produtividade. Isso sugere que a introdução de inovação ambiental influencia diretamente e de forma significativa sobre a melhora na produtividade das firmas e conseqüentemente, uma melhor performance competitiva em relação às demais empresas inovadoras. Esse resultado pode ser verificado também para as empresas por setores de intensidade tecnológica, exceto para as firmas com intensidade tecnológica média-alta em relação à inovação ambiental, com maior magnitude para as firmas com intensidade tecnológica baixa (40,3%), média-baixa (29,1%) e alta (27,3%). Assim, na média, a inovação ambiental parece exercer um efeito maior sobre o desempenho produtivo dessas firmas. Esses resultados são consistentes com os apresentados por Marin (2014), Doran e Ryan (2012) e Lanoie *et al.* (2011).

Por meio da análise da regulação ambiental (*REG*), observa-se que a mesma se mostrou positiva e estatisticamente significativa para todos os modelos apresentados, com exceção das firmas mais intensivas em tecnologia como mostra a Tabela 3. Esses resultados sugerem que ao levar em conta a regulações ambientais vigentes as firmas apresentaram melhora na sua produtividade e, portanto, no seu desempenho competitivo. Esse resultado também é relevante para o estudo, uma vez que corrobora com a literatura e as evidências empíricas de que as regulações são um fator crucial na dinâmica entre as inovações e o desempenho econômico e competitivo das firmas. Ademais, esse resultado é consistente com a versão “forte” da Hipótese de Porter que aponta que a proteção do meio ambiente, com base em regulações ambientais, pode funcionar como um estímulo para o desempenho dos negócios, e, portanto, afetar positivamente o desempenho competitivo das firmas.

A estrutura de mercado, representada pela variável *market share* aparece com um fator importante para a produtividade das firmas. Shepherd (1972) considera que o *market share*, ou seja, a parcela de mercado é um elemento-chave da relação entre estrutura do mercado e performance produtiva. Pelos resultados apresentados nas Tabela 3, verifica-se um efeito relevante positivo e estatisticamente significativo do *market share* sobre a produtividade. O mesmo resultado pode ser verificado para as amostras conforme a intensidade tecnológica, observando que as firmas menos intensivas em tecnologia apresentaram um coeficiente um pouco mais expressivo que as firmas mais intensivas em tecnologia. Esse resultado é consistente com os encontrados por Rexhäuser e Rammer (2011).

Pela Tabela 3, as variáveis capital por trabalhador (*K*) e consumo de matérias primas por trabalhador (*MP*) que compõem a função de produção tradicional apresentaram sinais positivos e são estatisticamente significativos em todos os modelos. Desse modo, fica evidente que a função de produção tradicional de insumos se ajusta bem ao modelo. O coeficiente estimado para o estoque de capital é significativo para todos grupos de firmas baseados em seus níveis de intensidade tecnológica

e apresenta um padrão monotônico em relação aos níveis de intensidade tecnológica, de modo que quanto mais intensivo em tecnologia for a firma maior é o seu estoque de capital. O consumo de matérias primas, por sua vez, também apresenta um impacto sobre a produtividade positivo e ascendente quando se passa de setores de mais baixa para os setores de mais alta intensidade tecnológica. De modo geral, nos setores de maior intensidade tecnológica, existe uma associação maior entre produtividade do trabalho e consumo de matérias primas do que entre produtividade do trabalho e estoque de capital.

Destacam-se também o capital controlador (*Capcontr*) que se relaciona com a produtividade e que impacta positivamente sobre a mesma considerando a análise geral e para cada um dos níveis de intensidade tecnológica. Nota-se que a magnitude dessa relação entre a origem do capital ser nacional e a produtividade se mantém quando se analisa os setores com baixa e também os setores com alta intensidade tecnológica, apresentando resultados bem próximos.

Ademais, observa-se ainda, pela Tabela 3, que a variável exportação (*Exp*) apresenta um coeficiente com o sinal negativo e significativo estatisticamente para todas as amostras, exceto para as firmas menos intensivas e mais intensivas em termos de tecnologia. Esse resultado pode ser justificado pelo fato de que firmas de capital estrangeiro, por serem multinacionais, devem seguir as regras impostas pela matriz de modo que elas tendem a ter maiores gastos para investir em atividades inovativas e, como consequência não terem aumento significativo na sua produtividade.

A dinâmica setorial inerente a cada setor de intensidade tecnológica determina a forma de transformação industrial e assim a relação com os distintos aspectos que a tornam mais ou menos produtivos. Pela Tabela 3, verifica-se que as *dummies* de intensidade tecnológica se relacionaram positivamente com a produtividade no modelo apresentado na coluna (2). Ademais, percebe-se que nos modelos por nível de intensidade tecnológica, as variáveis explicativas, em sua maioria, se relacionam positivamente com a produtividade, de modo que em alguns setores o efeito é mais forte que em outros setores. Esta especificidade da dinâmica setorial se configura no efeito fixo captado pelo modelo e ratifica a importância da dinâmica setorial nas relações intrínsecas da produtividade.

De modo geral, pode-se concluir que os modelos apresentaram resultados significativos e expressivos sobre a produtividade, de modo que foi possível confirmar a versão “forte” da hipótese de Porter de que existe influência da regulação ambiental sobre a produtividade das firmas. Em relação à análise da função Cobb-Douglas, verificou-se um efeito significativo e positivo das variáveis capital por trabalhador e insumo por trabalhador sobre a produtividade. Esse resultado corrobora com os estudos de Griliches (1979), de que a inovação passou por um processo de evolução e incorporou diversos fatores de mensuração da atividade tecnológica na empresa. Estes fatores determinantes da inovação (denominados de insumos ou fatores da inovação) são os que conduzem ao aumento final da produtividade como consequência do processo de inovação.

5 Conclusões

O processo concorrencial das empresas nas economias capitalistas gera uma necessidade de diferenciação permanente em relação aos seus concorrentes. A busca desta diferenciação passa pelo processo de inovação – ao ter o domínio de uma nova técnica de produção ou de um novo produto, a empresa passa a auferir vantagens econômicas, sejam lucros extraordinários ou manutenção de sua parcela de mercado. Assim, na medida em que a preservação do meio ambiente tornou-se um fator de diferenciação para as empresas, caracterizando-se como uma oportunidade de negócios, surgiu a possibilidade de incluir preocupações ambientais em suas estratégias empresariais, por meio de práticas ecologicamente mais adequadas – adoção de tecnologias ambientais, implantação de sistema de gestão ambiental, racionalização do uso dos recursos naturais, entre outros. Ademais, as firmas passaram a perceber que quanto menor a quantidade de resíduos gerados, melhor seria a utilização dos insumos, isto é, uma melhoria da produtividade dos recursos representaria redução dos custos e do risco, bem como influenciaria na lucratividade.

Nesse sentido, o estudo buscou analisar os efeitos das inovações ambientais sobre a produtividade das empresas da indústria de transformação do Estado de Minas Gerais. O principal objetivo dessa análise foi verificar se as empresas que adotam algum tipo de inovação ambiental, bem como as que são influenciadas por regulações ambientais têm verificado ganhos de produtividade por introduzirem práticas e tecnologias que tornam a sua produção mais sustentável. Para tanto, utilizou-se

o modelo de dados em painel para estimar uma função de produção, para calcular a produtividade das empresas mineiras, modelada por meio de uma função do tipo Cobb-Douglas com retornos constantes de escala e sua relação com a adoção de inovações com redução de impacto ambiental.

Em relação ao efeito da inovação ambiental sobre a produtividade, os resultados mostraram que a inovação ambiental influenciou positivamente a produtividade das firmas. Dentre as variáveis analisadas, a regulação ambiental se mostrou um importante fator de influência na melhora da produtividade e, portanto, no seu desempenho competitivo das firmas. Esse resultado também é relevante para o estudo, uma vez que corrobora com a literatura empírica de que as regulações são um fator crucial na dinâmica entre as inovações e o desempenho econômico e competitivo das firmas. Ademais, esse resultado confirma a versão “forte” da Hipótese de Porter, que aponta que a proteção do meio ambiente com base em regulações ambientais pode funcionar como um estímulo para o desempenho dos negócios, e, portanto, afetar positivamente o desempenho competitivo das firmas, ou seja, sua produtividade.

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

PRODUCTIVITY AND ENVIRONMENTAL INNOVATION: an analysis of the transformation industry in Minas Gerais

Abstract: Today's world seeks to use less and less materials to produce the same unit of wealth. However, the pressure on natural resources continues to increase due to the magnitude of production growth. In this scenario, the replacement or adaptation of current technological standards, aiming at environmental innovations, has become an alternative for sustainable growth. Market requirements and competitiveness among companies make the adoption of environmental principles a necessary condition for the survival of companies. The objective of the work was to analyze the productivity of the companies, which carried out environmental innovations, of the transformation industry of Minas Gerais in the period from 2000 to 2017. The results showed that companies in the manufacturing industry in Minas Gerais that carry out innovation with an environmental focus guaranteed increased productivity, with environmental regulation being one of the factors that also contributed to this increase when analyzing the levels of technological intensity.

Keywords: Environmental Innovation; productivity; Industry.

Referências bibliográficas

ABRAMOVAY, R. Desigualdades e limites deveriam estar no centro da Rio+20. **Estudos Avançados**, v. 26, n.74, p. 21-34, 2012.

ACEMOGLU, D.; AGHION, P.; BURZSTYN, L.; HEMOUS, D. The environment and directed technical change. **American Economic Review**, v. 102, n. 1, pp. 131-166, 2012.

ACS, Z. A.; AUDRESTSHC, D. B.; FELDMAN, M. P. Real effects of academic research, **American Economic Review**, v. 82, pp. 363-367, 2002.

ALBRIZIO, S.; BOTTA, E.; KOZLUK, T.; ZIPPERER, V. Do Environmental Policies Matter for Productivity Growth? Insights from New Cross-Country Measures of Environmental Policies, **OECD Economics Department Working Paper**, N. 1176, OECD Publishing, Paris: 2014.

- ALMEIDA, P.; KOGUT, B. Localization of knowledge and the mobility of engineers in regional networks. **Management Science**, v. 45, n. 7, 1999.
- AMBEC, S.; COHEN, M. A.; ELGIE, S.; LANOIE, P. The Porter Hypothesis at 20. Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness? In: **Resources for the Future Discussion Paper**, p. 28, 2011.
- ARROW, K. J. Economic welfare and the allocation of resources for invention. **National Bureau of Economic Research**. The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors. Princeton: Princeton University Press, 1962.
- BALTAGI, B. H. **Econometrics analysis of panel data**. 2 ed. Chichester, UK: Wiley & Sons, 2001.
- BASCAVUSOGLU, E. **Patterns of technology transfer to the developing countries: differentiating between embodied and disembodied knowledge**, TEAM e CNRS, Working Papers, 2004.
- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. Microeconometrics Using Stata. Texas: Stata Press, 2009.
- CARVALHO, L.; AVELLAR, A. P. M. Inovação e Capacidade Exportadora: Evidências para Empresas Brasileiras, 2015. In: **43° ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA (ANPEC)**, Florianópolis (SC): 2015.
- CAVALCANTI, L. R.; DE NEGRI, F. Evolução recente dos indicadores de produtividade no Brasil. In: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. **Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes**. Brasília: ABDI / IPEA, 2014.
- CEFIS, E.; CICCARELLI, M. Profit Differentials and Innovation. **Economics of Innovation and New Technology**, v. 14, n. 1–2, pp. 43–61, 2005.
- CERULLI, G.; POTI, B. Measuring intersectoral knowledge spillovers: an application of sensitivity analysis to Italy. **Economic Systems Research**, v. 21, n. 4, pp. 409-436, 2009.
- COSTA, M S.; DOMINGUES, I. A razão ética e a razão econômica na RSO – o reencontro subordinado. In: **Responsabilidade Social Organizacional: desenvolvimento e sustentabilidade**. Edições Humus, 2012.
- DE LA POTTERIE, B. V. P. Issues in Assessing the Effect of Interindustry R&D Spillovers. **Economic Systems Research**, v. 9, n. 4, 1997.
- DIETZENBACHER, E.; LOS, B. Externalities of R&D Expenditures. **Economic Systems Research**, v. 14, n. 4, 2002.
- DORAN, J.; RYAN, G. **Regulation na firm perception, Eco Innovation and firm performance**. MPRA Paper n. 44578. 2012.
- FABRIZIO, K. R. Absorptive capacity and the search for innovation. **Research Policy**, v. 38, pp. 255–267, 2009.
- FONTES, J. C. **Desempenho Ambiental e Competitivo: analisando o trade-off**. Dissertação de Mestrado. Instituto de economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 113, 2012.
- FRIEDMAN, M. The social responsibility of business is to increase its profits. **New York Times Magazine**, 1970.
- FRITSCH, M.; FRANKE, G. Innovation, regional knowledge spillovers and R&D cooperation. **Research Policy**, v. 33, pp 245–255, 2004.
- FURTADO, A. et. al. **Capacitação tecnológica, competitividade e política industrial: uma abordagem setorial e por empresas líderes**. (Texto para discussão, n. 348). Brasília, IPEA, 1994.

GEROSKI, P.; GILBERT, R. J; JACQUEMIN, A. **Barriers to entry and strategic competition**. 1 ed. Harwood Academic Publishers, Nova Iorque: 1997.

GHISETTI, C.; RENNINGS, K. Environmental innovations and profitability: how does it pay to be green? An empirical analysis on the German innovation survey, **Journal of Cleaner Production**, v. 75, pp. 106-117, 2014.

GILBERT, M.; CORDEY-HAYES, M. Understanding the process of knowledge transfer to achieve successful technological innovation. **Technovation**, v. 16, n. 6, pp 301-312, 1996.

GREENE, W. **Econometric Analysis**. New York, NY: Macmillan Publishing Co. 6th Ed. New Jersey: Practice Hall, 2003.

GRILICHES, Z. Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth. **Bell Journal of Economics**, v. 10, n. 1, pp. 92-116, 1979.

GRILICHES, Z. The discovery of the residual: A historical note. **Journal of Economic Literature**, v. 34, n. 3, pp. 1324-1330, 1996.

HALL, B. H. **Innovation and diffusion**. NBER, Working Paper, 10.212, 2004.

JAFFE, A. B. Real effects of academic research. **The American Economic Review**, v. 79, n.5, pp. 957-970. 1989.

KEMP, R.; PEARSON, P. Final report MEI project about measuring eco-innovation: Deliverable 15 of MEI project (D15). **Project Report**. 2008.

KLEINKNECHT, A.; VERSPAGEN, B. R&D and market structure: the impact of measurement and aggregation problems. **Small Business Economics**, v. 1, n. 4, 1989.

KLEINKNECHT, A., POOT, T. E.; REILJNEN, J. O. N. Technical performance and firm size: survey results from the Netherlands. In: ACS, Z. J. & AUDRETSCH, D. B. (eds.), **Innovation and technological change: an international comparison**. Ann Arbor, MI, University of Michigan Press. 1991.

LANOIE, P.; LAURENT-LUCCHETTI, J.; JOHNSTONE, N.; AMBER, S. Environmental Policy, innovation and performance: New insights on Porter hypothesis. **Journal of Economics and Management Strategy**, v. 20, n. 3, pp. 803-842, 2011.

LEEUWEN, G.; MOHNEN, P. **Revisiting the porter hypothesis: An empirical analysis of green innovation for the Netherlands**, MERIT Working Papers 002, United Nations University - Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (MERIT). 2013.

LE MENESTREL, M. Comment concilier responsabilité et compétitivité à l'heure de la mondialisation? La responsabilité sociale des entreprises ou les infortunes de la vertu? L'éthique et le développement durable à l'épreuve de la mondialisation. **Les Cahiers de l'AFCAP N° 3 Actes du colloque organisé**, l'Institut de l'Entreprise et Les Echos. 2007.

LOS, B.; VERSPAGEN, B. R&D spillovers and productivity: evidence from the US manufacturing microdata. **Empirical Economics**, v. 25, pp. 127-148, 2000.

MARIN, G. **Do Eco-innovations harm productivity growth through crowding out? Results on an extended CDM model for Italy**. IMT Lucca EIC working paper series 03, 2014.

MOHNEN, P. Introduction: Input-Output Analysis of Interindustry R&D Spillovers, **Economic Systems Research**, v. 9, n. 1, 1997.

NELSON, R. R. The single economics of basic scientific research, **Journal of Political Economy**, v. 67, n. 3, pp. 297-306. 1959.

NELSON, R.; WINTER, S. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Cambridge: Harvard University, 1982.

OATES, W.E.; PALMER, K.; PORTNEY, P.R. Environmental regulation and international competitiveness: thinking about the Porter hypothesis. **Resources for the Future**, Washington, 1993.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **OECD Science, Technology and Industry Outlook**. Paris: OECD Publishing, 2010.

PIA. Pesquisa da Indústria Anual. 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro: 2021.

PINTEC. Pesquisa de Inovação Tecnológica 2000, 2003, 2005, 2008, 2011, 2014 e 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro: 2021.

PODCAMENI, M. G. B. **Meio ambiente, inovação e competitividade: uma análise da indústria de transformação brasileira com ênfase no setor de combustível**. Dissertação de mestrado, Instituto de economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 130, 2007.

PODCAMENI, M. G.; QUEIROZ, J. M. Estratégia inovativa das firmas brasileiras: convergência ou divergência com as questões ambientais? **Revista Brasileira de Inovação**, v. 13, n. 1, p. 187-224, Campinas (SP): 2014.

PORTER, M. E.; LINDE, C. V. Der. Toward a New Conception of the Environment - Competitiveness Relationship. **Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 4, pp. 97- 118, 1995.

PORTER, M.; LINDE, C. V. Der. Verde e competitivo: acabando com o impasse. In: PORTER, M. Competição. **Estratégias Competitivas Essenciais**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999.

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.

REXHÄUSER, S.; RAMMER, C. **Unmasking the Porter hypothesis: Environmental innovations and firm-profitability**. ZEW Discussion Paper n. 11- 036. ZEW (Centre for European Economic Research), Mannheim, Germany: 2011.

RIBEIRO, J. C. J. **Desafios do licenciamento ambiental**, in: Seminário estadual sobre licenciamento ambiental. Amda/Semad, p.15, Belo Horizonte (MG): 2006.

SALM, C., SABÓIA, J., CARVALHO, P. G. M. de. Produtividade na indústria brasileira: questões metodológicas e novas evidências empíricas. **Pesquisa Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro-RJ, v. 27, n. 2, pp. 377-396, 1997.

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: **XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, Caxambu- MG, 2008, p. 21.

SHEPHERD, W. G. The Elements of market structure. **The Review of Economics and Statistics**, 1972.

SHIH, H.; CHANG, T. S. International diffusion of embodied and disembodied technology: A network analysis approach. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 76, pp. 821-834, 2009.

SILVA, A. R. A.; GONÇALVES, E.; PEROBELLI, F. S. Transbordamentos, P&D e produtividade total dos fatores no Brasil: uma avaliação do período 1990-2005. In: **38º Encontro Nacional de Economia (ANPEC)**, Salvador (BA): 2010.

SOLTMANN, C.; STUCKI, T.; WOERTER, M. **The performance effect of environmental innovations**. KOF Working Papers, n. 330, KOF Swiss Economic Institute, ETH Zurich. 2013.

UNITED NATIONS. **Earth Summit Agenda 21**. United Conference on Environment and Development – UNCED. Rio de Janeiro, 1992.

VERSPAGEN, B. Measuring intersectoral technology spillovers: estimates from the European and US patent office databases. **Economic Systems Research**, v. 9, pp 47–62, 1997.

WOOLDRIDGE, J. **Econometric analysis of cross section and panel data**. Cambridge: MIT Press, 2002.