

A EFICIENCIA DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO BRASIL: UMA ANÁLISE SOBRE A INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

The efficiency of technological innovation in Brazil: an analysis about manufacturing industry

Phelipe André Matos Cruz

Mestrando em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Pará. E-mails: phelipe@ufpa.br; phelipeamc@gmail.com.

Márcia Jucá Teixeira Diniz

Estágio Pós-Doutoral (Research Scholar) in Center Latin American Studies at University of Florida/EUA. Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. Prof.^a do Programa de Pós-Graduação em Economia e da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Pará/Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. E-mail: marciadz2012@hotmail.com.

André Luiz Ferreira e Silva

Doutorando e mestre em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia/PPGE/UFPA. Prof. da Faculdade de Administração do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Pará. E-mail: andreluiz@ufpa.br.

Marcelo Bentes Diniz

Estágio Pós-Doutoral (Research Scholar) in Center Latin American Studies at University of Florida/EUA. Doutor em Economia pelo CAEN (Universidade Federal do Ceará). Prof. do Programa de Pós-Graduação em Economia e da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Pará/Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. E-mail: mbdiniz2007@hotmail.com.

Resumo: Este artigo avalia os impactos de investimentos em inovação sobre a eficiência econômica da indústria de transformação no Brasil. Para tal análise, a taxa de participação, em termos da receita líquida, é a variável-chave das empresas que inovam em 23 setores selecionados. Os dados advêm da Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE (PINTEC), de 1998 a 2011. Utiliza-se o Modelo de Fronteira Estocástica, que estima a eficiência produtiva das empresas, controlando a introdução de inovações. Os resultados apontaram *Fabricação de produtos alimentícios; Fabricação de bebidas e Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis* como setores mais eficientes, pois estimularam sua receita líquida através da inovação. *Fabricação de produtos diversos; Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos; Fabricação de outros equipamentos de transporte* foram classificados como menos eficientes. Sinteticamente, a eficiência econômica dos setores melhor ranqueados se deveu ao relativo imediatismo do retorno financeiro das inovações incrementais.

Palavras-chave: Eficiência Econômica; Fronteira Estocástica; Inovação Tecnológica.

Abstract: This article evaluates the impacts of investments in innovation on the economic efficiency of the manufacturing industry in Brazil. For this analysis, the participation rate, in terms of net revenue, is the key variable of companies that innovate on 23 selected sectors. The data came from the Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE (PINTEC), from 1998 to 2011. We used the Stochastic Frontier Model, which estimates the productive efficiency of enterprises, controlling the introduction of innovations. The results showed *Manufacture of food products; Juices and Manufacture of coke, oil products and biofuels* as more efficient sectors, as encouraged its net revenue through innovation. *Manufacture of various products; Manufacture of machinery, appliances and equipment; Manufacture of other transport equipment* were classified as less efficient. In summary, the economic efficiency of best-ranked sectors was due to the relative immediacy of financial returns from incremental innovations.

Key words: Economic Efficiency; Stochastic Frontier; Technical Innovation.

1 Introdução

Já é consagrado na literatura econômica que empresas inovadoras aceleram a difusão do conhecimento técnico e tácito, especializam-se (acumulam *know-how*) e combinam sua rotina produtiva às estratégias de mercado, beneficiando-se cumulativamente. Conseqüentemente, firmas com esse tipo de aperfeiçoamento alcançam não exclusivamente lucros extraordinários, mas a liderança e/ou permanência no mercado em que estão (NELSON; WINTER, 1982; DOSI, 2006).

Na corrida por esse nível de eficiência, as firmas buscam se diferenciar continuamente, pois conhecem o processo competitivo. Schumpeter (1982) foi um dos primeiros economistas a reconhecer isso, quando relatou que a inovação é a fonte do lucro capitalista e o motor do “desenvolvimento” econômico.

Há várias abordagens teóricas sobre o tema; algumas, inspiradas em economias externas, a partir de efeitos de escala dos fatores sobre a produtividade, como sugeridas por Marshall (1988), ou em externalidades geradas pelo acúmulo do conhecimento, como mencionadas por Romer (1986) em *Economia das Ideias*. Existem, ainda, autores que destacam a diversidade da estrutura produtiva industrial como fonte da inovação. Assim, Jacobs (1969) sustentou que economias industriais diversificadas oferecem melhores condições para as inovações técnicas, devido gerarem economias externas, as quais são responsáveis pela difusão da “imitação”, bem como facilitam a interação entre firmas e atraem força de trabalho qualificada.

Contudo, há um debate teórico acerca dos impactos da inovação sobre os mercados e a estrutura produtiva industrial (NELSON; WINTER, 1982; DOSI, 1991, 2006).

Por outro lado, existem estudos empíricos que atestam uma relação positiva entre investimentos em programas de P&D (pesquisa e desenvolvimento) e melhoram no desempenho das firmas (MANSFIELD, 1962, 1984; GRILICHES, 1984; NADIRI, 1993; MALERBA; ORSENIGO, 1995; KLETTE; KORTUM, 2004).

Em economias em desenvolvimento, como a brasileira, estratégias de inovação viraram rotina nas empresas, especialmente das que compõem a *indústria de transformação (IT)*; as inovações

para a competitividade das firmas se revelam nos indicadores de desempenho dos setores industriais.

Segundo a PINTEC, a taxa de participação das empresas inovadoras (entre os 23 principais setores da IT brasileira) passou de 35,6%, em 2000, para 37,7%, em 2011, mantendo-se praticamente estável. No entanto, a taxa de participação dos dispêndios em atividades internas de P&D passou de 15,6% para 29,6% no mesmo período. Em 2011, foram aplicados R\$ 49,7 bilhões em inovação – destes, R\$ 14,7 bilhões foram investimentos diretos em P&D.

Mas existem outros questionamentos sobre como as inovações atuam na indústria brasileira. De Negri e Freitas (2004), por exemplo, investigaram se a inovação é determinante das exportações das firmas no Brasil. Já Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) investigaram como o grau de especialização e diversidade industrial afeta o desempenho inovador regional. Enquanto Mendes, Lopes e Gomes (2012), a partir de um índice de eficiência no DEA (*Data Envelopment Analysis*), avaliaram a eficiência dos dispêndios em inovação na IT brasileira, de 2003 a 2005. Recentemente, Alves, Gomes e Cavalcante (2014) avaliaram a importância da tecnologia incorporada em máquinas e equipamentos para a produtividade das firmas brasileiras.

Este estudo busca responder: os impactos dos investimentos em inovação sobre o desempenho econômico; as características da eficiência econômica nas atividades produtivas selecionadas; a fonte de (in)eficiência associada à capacidade inovadora. Para isso, estima-se, em painel de dados, uma *fronteira estocástica* (FE) de possibilidades de produção para as atividades selecionadas. A dimensão transversal do painel é composta por 23 setores; a temporal é a mesma da divulgação da PINTEC (IBGE): 1998-2000, 2001-2003, 2003-2005, 2006-2008 e 2009-2011. Com as estimativas da FE, é possível comparar o *gap* entre *produtividade potencial* e *produtividade efetiva*; sua magnitude é o grau de ineficiência econômica de cada setor. Uma vantagem metodológica é a possibilidade de comparar o desempenho de setores heterogêneos, pois a produtividade setorial varia com padrões tecnológicos, estratégias empresariais e ambiente competitivo.

O artigo está dividido em 5 sessões; além des-

ta introdução, a próxima apresenta a Economia Evolucionária e avalia a importância das instituições para a inovação industrial. Faz-se, ainda, um breve relato de pesquisas sobre inovação e eficiência em setores industriais. A sessão 3 explica a metodologia utilizada neste estudo. A sessão 4 apresenta e analisa os principais resultados. Por último, há as considerações finais.

2 Economia evolucionária

Sob o escopo da Economia Evolucionária, as inovações técnicas estão numa dinâmica contínua e cumulativa, isto é, na busca por lucros extraordinários, a ideia é se diferenciar tecnológica e mercadologicamente. Nesta perspectiva, o foco é a resposta empresarial e industrial para mudanças mercadológicas e econômicas. As firmas são influenciadas pelo ambiente, adaptando suas decisões (NELSON; WINTER, 1982).

Como Freeman (1994), os evolucionários (neoschumpeterianos) criticam Schumpeter, que centralizou sua análise nas inovações “radicais” (que provocam descontinuidades na trajetória tecnológica), conferindo papel secundário à imitação e difusão, pelas quais se processam as “inovações incrementais”, muito destacadas em trabalhos da corrente evolucionária, como de Rosenberg (1976) ou Pavitt (1984).

Neste modelo, as firmas empreendem em inovação e imitação em função do seu tamanho e sua posição face às empresas na fronteira tecnológica. A estrutura de mercado – em produção, dimensão e concentração – é uma variável endógena, determinada em função das mudanças tecnológicas. A concentração industrial se dá através da relação positiva entre as oportunidades tecnológicas e a dificuldade de imitação (NELSON; WINTER, 1982; DOSI, 1991, 2006).

As diferentes combinações produtivas implicam diferentes oportunidades e capacidades tecnológicas. As capacidades tecnológicas se vinculam aos processos produtivos de cada setor. O padrão tecnológico se ajusta aos esquemas de recurso e produção (CIMOLI; DOSI; STIGLITZ, 2008).

O aprendizado tecnológico apresenta ações políticas determinantes à inovação, classificadas como incentivos, mercado de fatores e instituições – principalmente, de investimento; da descoberta científica à criação de novos produtos ou

processos (ROSENBERG e MOWERT, 2005; GONÇALVES; YONAMINI, 2013).

As instituições¹ amparam a tecnologia industrial em educação, treinamento, padrões, extensão técnica, P&D, crédito de longo prazo e informação técnica. Pressupõe-se que a “institucionalização” da economia beneficia sua interatividade rumo à eficiência. A institucionalização da inovação organiza a produção intelectual para aplicar seus resultados adequadamente nos setores produtivos (ROSENBERG, 2006; ROSENBERG; MOWERT, 2005).

Para que as atividades da IT elevem sua eficiência, fazem-se necessárias instituições reguladoras e regulamentadoras das ações dos agentes, beneficiando a ciência e a indústria; impondo regras, fortalecendo a organização industrial. As atividades “fracas”, por não resistirem, perdem percentagens de mercado ou desaparecem, ampliando a capacidade das “consolidadas”. (ROSENBERG; MOWERT, 2005).

Contudo, existe discordância sobre *eficiência econômica*. A abordagem *mainstream* a esclarece em dois conceitos: *eficiência alocativa* e *eficiência técnica*. O primeiro assume os preços como principais responsáveis pela alocação dos recursos em mercados competitivos; o segundo corresponde à eficiência na utilização dos insumos para cada nível de produto (melhor aplicação tecnológica). Todavia, a abordagem *neoschumpeteriana* nega essas definições, devido conduzir a uma condição de equilíbrio geral (*bem-estar de Pareto*). Conforme essa corrente, devido à inovação evoluir, não há ajuste para o equilíbrio; o desequilíbrio é a norma do sistema capitalista, uma vez que resulta do processo competitivo (POS-SAS, 2004).

1 Segundo North (1990), as instituições são formadas por restrições formais – regras, leis e constituições – e informais – normas de comportamento, convenções e formas de conduta – e suas imposições características. Juntas, definem a estrutura de incentivos para as sociedades e economias, tendo como demais fatores positivos o fato de reduzirem os custos de transação e a incerteza que governam o ambiente econômico. Ostrom (2008) considerou as instituições como representações de organizações socialmente constituídas, mas, ao mesmo tempo, entende que podem ser analisadas como um conjunto de regras, normas e estratégias adotadas por indivíduos que operam dentro ou entre estas organizações (OSTROM, 2008).

3 Inovação & eficiência: estudos de caso

De Negri e Freitas (2004) demonstraram que a inovação técnica é determinante para as exportações das firmas no Brasil. Entre seus resultados, um indica que as empresas inovadoras têm 16% mais chances de exportar em relação às “atrasadas”. Esse resultado é importante para o objetivo deste trabalho. Pode-se intuir que empresas com maior probabilidade de exportar, em função de suas inovações, são mais eficientes e, portanto, geram efeitos positivo em seus setores.

Conceição (2007) analisou a inovação no setor de alimentos (exportações, níveis de emprego e novas exigências sobre produtos alimentares seguros – *food safety*). Seus resultados, relacionados aos objetivos deste artigo, ditam que consumidores motivam as inovações; investimento em qualificação técnica também é decisivo para a exportação (Conceição, 2007). Como será visto nos resultados deste artigo, o setor alimentício apresentou maior eficiência em inovação tecnológica.

No artigo de Balteiro et al. (2006), a análise se voltou à relação entre eficiência produtiva e inovação na indústria de derivados de madeira (madeira e produtos de madeira; papel e celulose; e móveis de madeira) da Espanha. A metodologia utilizada (DEA e Regressão Logística) constatou a inexistência de ligações significativas entre eficiência e inovação nas empresas. Segundo os autores, no que tange às estratégias de inovação, houve baixa prioridade na aquisição de tecnologia incorporada, disponível nos mercados internacionais, por parte dos laboratórios empresariais de P&D. Como mostrará este artigo, no Brasil, esse setor está entre os que menos inovam, traduzindo-se em baixa eficiência.

A indústria de alta tecnologia da China – especialmente, a indústria de computadores e atividades relacionadas –, segundo Jing (2010), apresenta alta eficiência de inovação, diferentemente da indústria de fabricação de equipamentos. Segundo o autor, é evidente que os setores que apresentam empresas de capital estrangeiro geram maiores lucratividades. No que se refere a este trabalho, o setor nacional similar: *fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos* é o quinto setor que mais inova, apesar de não apresentar nível de eficiência significativo. Enquanto o similar nacional do setor de fabricação de equipa-

mentos – *fabricação de máquinas e equipamentos* – é o quarto que mais inova, ainda que apresente níveis de eficiência significantes.

Para Benner e Tushman (2002), as atividades de gestão impactam positivamente sobre a inovação. A hipótese da pesquisa é que a evolução organizacional e de aprendizagem pode reduzir a volatilidade das rotinas organizacionais, aumentando a inovação incremental, em detrimento das inovações radicais. Os resultados nos setores de tintas e fotografias, com dados de 20 anos referentes a patentes e certificados ISO 9000, mostraram que sua hipótese estava correta: as atividades de gestão foram associadas ao aumento em ambas as inovações (incrementais e radicais), baseadas em conhecimentos da própria firma.

4 Modelo empírico

O desempenho econômico setorial é uma representação da produtividade total dos fatores (PTF) da firma mediana que integra o i -ésimo setor da IT brasileira. A produtividade resulta de combinações entre produtos e insumos; a eficiência econômica é associada à produtividade, a qual recebe a seguinte interpretação: quanto mais próximo/distante o produto efetivo estiver do produto potencial, mais eficiente/ineficiente é o desempenho econômico de dado setor $i = \{1, \dots, N\}$. O produto potencial é um ponto ótimo desejável, mas sujeito a flutuações ocasionadas por choques estocásticos. Via de regra, a otimização é *dual*, pois o produto máximo pode ser obtido em termos de possibilidade de produção ou pela minimização dos custos. O primeiro caminho condiz à “eficiência técnica”, porque revela a capacidade individual de maximizar o nível de produto, dado um conjunto de recursos e a tecnologia disponível. O segundo condiz à “eficiência alocativa”, pois permite comparar o custo de oportunidade da alocação dos recursos.

Na abordagem tradicional de eficiência, a medida de produtividade potencial resulta de uma combinação de recursos que revela a melhor prática; na linguagem de Farrell (1957), é a produção de fronteira (o máximo de produto obtido, dados os insumos). Assim, uma fronteira de eficiência traduz uma condição ótima de Pareto, em que nenhuma ordenação diferente entre múltiplos recursos produz um resultado melhor, quando comparado ao produto fronteiro.

A partir do trabalho de Farrell (1957), vários

modelos visaram estimar fronteiras de eficiência e as abordagens se concentram sobre duas perspectivas metodológicas: a paramétrica e a não paramétrica.

Na abordagem paramétrica, há imposição de uma função de produção à tecnologia. Desenvolveu-se a partir dos estudos de Aigner e Chu (1968), Afriat (1972), Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Meeusen e Broeck (1977). Os modelos paramétricos se subdividem em dois grupos: modelos com fronteira determinística e com fronteira estocástica. A diferença está na hipótese ao termo de erro da função de produção.

O modelo de fronteira determinística pressupõe que toda fonte de ineficiência deva ser atribuída a fenômenos que podem ser controlados pela firma mediana. O termo de erro possui uma distribuição unilateral e não simétrica, conforme destacaram Aigner e Chu (1968) e Afriat (1972).

Pela flexibilidade dessa hipótese, os modelos de fronteira estocástica, em que o termo de erro, foi decomposto em dois componentes: um termo de erro unilateral com as mesmas características dos modelos determinísticos; e outro termo de erro simétrico puramente aleatório. Este último tem o papel de capturar o efeito dos fenômenos externos (exógenos) ligados a eventos que fogem ao controle da firma. Assim, o termo de erro dos modelos de fronteira estocástica é um composto, porque ele representa a união de dois tipos de erro (unilateral e simétrico). Os modelos de fronteira estocástica ganharam importância com os trabalhos de Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Meeusen e Broeck (1977).

4.1 Modelo de fronteira estocástica

Os modelos de fronteira estocástica desenvolvidos por Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Meeusen e Broeck (1977) permitiam comparar apenas as diferenças individuais, ignoravam, portanto, a trajetória temporal da ineficiência. A nova geração de modelos trata o problema da fronteira de eficiência sob a estrutura de dados em painel, o que torna possível captar o efeito da ineficiência ao longo do espaço i e do tempo t . Nesse contexto, destacam-se os estudos de Kumbhakar e Lovell (2000); Kumbhakar (2003); e, Coelli, et al. (2005).

De acordo com Kumbhakar e Lovell (2000), a hipótese subjacente aos modelos de fronteira estocástica é considerar que cada firma produz menos

que potencialmente poderia, devido a um certo grau de ineficiência. Assim, o produto total pode ser representado por:

$$q_{it} = f(X_{it}, \beta) \zeta_{it} \quad (01)$$

em que, ζ_{it} é o termo de erro que representa o grau de eficiência da firma mediana $i = \{1, \dots, N\}$, no tempo $t = \{0, \dots, T\}$. Esta variável assume valores entre $0 < \zeta_{it} \leq 1$. Se $\zeta_{it} = 1$, então a firma tem a capacidade de incorporar toda fonte de eficiência na função de produção $f(X_{it}, \beta)$. Se $\zeta_{it} < 1$, então existe um certo grau de ineficiência que afeta diretamente a função de produção $f(X_{it}, \beta)$. X_{it} é uma matriz de variáveis explicativas que contém dados dos recursos utilizados no esforço de inovativo e o β é um vetor com os coeficientes técnicos que representam a importância (elasticidade) de cada insumo na composição de produto q_{it} .

Devido ao produto assumir valores positivos ($q_{it} > 0$) o grau de eficiência técnica também é positivo ($\zeta_{it} > 0$); além disso, o produto está sujeito a choques (v_{it}) que fogem ao controle da firma. Dessa forma, a definição (01) passa a ser representada por:

$$q_{it} = f(X_{it}, \beta) \zeta_{it} \exp(v_{it}) \quad (02)$$

Aplicando o logaritmo natural em ambos os lados da sequência (2), tem-se:

$$\ln\{q_{it}\} = \ln\{f(X_{it}, \beta)\} + v_{it} - u_{it} \quad (03)$$

em que, $\ln(\zeta_{it}) = -u_{it}$ é a taxa de ineficiência técnica, um componente não negativo. Perceba que à medida que ζ_{it} se aproxima de 1, u_{it} tende para 0; assim, menor será o efeito da ineficiência sobre o crescimento do produto.

Para obter estimativa consistente do vetor β , é preciso conhecer a forma da função densidade probabilidade (FDP) dos termos v_{it} e u_{it} . De acordo com Kumbhakar e Lovell (2000), o termo simétrico v_{it} segue a forma de FDP Normal, logo, segue independente e identicamente distribuído com média 0 e variância constante, σ_v^2 :

$$\text{iid} \quad v_{it} \sim N(\mu, \sigma_v^2) \quad (04)$$

Esta hipótese se sustenta na premissa de que condições ambientais favoráveis e desfavoráveis são igualmente prováveis.

Já o termo u_{it} não negativo e assimétrico segue trajetória semelhante de uma FDP Normal Truncada, com corte em 0. Esta função depende de dois

parâmetros desconhecidos a média μ e a variância σ_u^2 , além disso, espera-se que os u_{it} sejam independentes e identicamente distribuídos,

iid

$$u_{it} \sim N^+(\mu, \sigma_u^2) \quad (05)$$

Havendo violação das hipóteses (04) e (05), algumas restrições podem ser impostas ao modelo (03). Uma delas é admitir que o termo $u_{it} = u_i$ é invariante ao longo do tempo, o que levaria automaticamente admitir

iid

$$u_i \sim N^+(\mu, \sigma_u^2) \quad (06)$$

Além disso, u_i e v_{it} devem se distribuir independente um do outro e das covariáveis X_{it} . Esta especificação chama-se *modelo de ineficiência com tempo invariante*. Significa dizer que a trajetória da ineficiência é estacionária ao longo do tempo e o termo u_i pode assumir o papel do *efeito fixo* ou *efeito aleatório*.

Mas se a ineficiência não for estacionária, é possível estimar um *modelo de ineficiência com tempo variante*, em que o termo u_i sofre a influência de uma $f(t)$, que representa a trajetória intertemporal da ineficiência técnica. Os autores Rao et al. (2005) sugerem a seguinte forma para $f(t)$,

$$u_{it} = f(t) u_i = \exp\{\eta(t - T_i)\} u_i \quad (07)$$

em que, $(t - T_i)$ representa a diferença entre o tempo presente t o tempo passado T_i , a qual é ponderada pelo parâmetro de decaimento η . Quanto maior for o valor absoluto de η maior será o peso atribuído ao erro do passado recente, sobre a correção de qualquer grau de ineficiência do tempo presente.

Alguns autores sugerem outras distribuições para o termo erro da ineficiência.

Aigner, Lovell e Schmidt (1977) propuseram a distribuição Half-Normal não negativa:

iid

$$u_i \sim N^+(0, \sigma_u^2) \quad (08)$$

e mais recentemente, Greene (1990) sugeriu a distribuição Gamma, $u_i \sim G(\theta, P)$, que contém dois parâmetros desconhecidos, θ e $P > 0$.

Apesar de existir tantas formulações alternativas para u_i , o modelo Normal Truncada é o mais apropriado para a estrutura de um painel de dados, especialmente por ser computacionalmente mais eficiente. Além disso, como adverte Kumbhakar e

Lovell (2000), a escolha da distribuição de u_i tem impacto bastante reduzido sobre a inferência dos parâmetros da ineficiência, e por conseguinte, sobre as propriedades assintóticas de β . Isso ocorre porque a distribuição Normal Truncada é a generalização da Half-Normal. Assim, as estimativas dos parâmetros de interesse $(\beta, \sigma_u^2, \sigma_v^2, \mu)$ podem ser condizidas pela método de Máxima Verossimilhança (ML).

$$\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2 \quad (09)$$

Essa parametrização tem a vantagem de gerar a seguinte estatística,

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2} = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}, \quad 0 < \gamma < 1 \quad (10)$$

De acordo com Kumbhakar e Lovell (2000), a variância composta do modelo é extraída pela otimização da função log-verossimilhança e dada por,

Quando γ se aproxima de 0, significa que erros associados à ineficiência técnica tem participação reduzida sobre o valor esperado do produto potencial; por outro lado, quando γ se aproximar de 1, erros associados à eficiência técnica são dominantes e determinam os desvios do produto de fronteira. Portanto, via razão verossimilhança (*LR test*), testa-se a seguinte hipótese: $H_0: \gamma = 0$. Se a hipótese nula não puder ser descartada, então, atesta-se ausência de ineficiência; logo, os desvios em relação à fronteira de eficiência devem-se unicamente aos choques aleatórios, que fogem ao controle da firma. Mas se tal hipótese for descartada, então, há evidências de ineficiência e a firma poderia melhorar seu desempenho promovendo ajustes na alocação dos recursos inovativos.

Para obter o índice de eficiência técnica (*ET*) é preciso gerar uma estimativa para u_{it} , o que pode ser feito isolando o efeito da ineficiência no erro composto $(u_{it} - v_{it})$. Mas para isolar tal efeito é preciso aplicar as estimativas dos parâmetros, σ_u^2 e σ_v^2 , na FDP normal e na FDP normal acumulada.² Dados os u_{it} (para o caso do *modelo de ineficiência com tempo*

2 Isolar o efeito marginal das componentes do erro composto $(u_{it} - v_{it})$ foi objeto de estudo de Jondrow et al. (1982). De acordo com esse autores, dadas as hipóteses (04) e (06), as estimativas dos u_{it} podem ser obtidas pela média $E(u_{it})$ ou pela moda $M(u_{it})$ da distribuição condicional.

invariante), a estimativa da eficiência técnica é dada por:

$$ET_i = \xi_i = \exp(-u_{it}), 0 < ET_i \leq 1 \quad (11)$$

À medida que o ET_i se aproxima de 1 (se aproxima de 0), mais próxima da plena eficiência (plena ineficiência) estará a firma i .

4.2 Estratégia de estimação, dados e variáveis

Empiricamente, propõe-se estimar duas especificações para a fronteira de eficiência *translog*, com expectativa de retornos constantes.³ A primeira considera que o crescimento do produto industrial depende inteiramente do esforço inovativo empreendido pela firma.

$$\ln(RLV_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P\&D_{it}) + \beta_2 \ln(DINOV_{it}) + v_{it} - u_{it} \quad (12)$$

Em que, $\ln(RLV_{it})$ é a taxa de crescimento da receita de vendas líquida dos dispêndios realizados em atividades inovativas, uma *proxy* para o produto industrial. As variáveis explicativas $DINOV_{it}$ e $NINOV_{it}$ representam o esforço inovativo, cujas definições encontram-se a seguir. O coeficiente β_0 é uma constante e β_1 e β_2 medem a importância (elasticidade) de cada componente do esforço inovativo para o crescimento do produto industrial. O subscrito i identifica, de acordo com o código CNAE 2.0, cada setor da indústria de transformação (Tabela 1) e o tempo $t = \{2000, 2003, 2005, 2008, 2011\}$ condiz com o ano final do período de divulgação da PINTEC: 1998-2000, 2001-2005, 2006-2008 e 2009-2011. Os termos v_{it} e u_{it} foram definidos anteriormente.

De acordo com a PINTEC (2011), as atividades que as empresas empreendem para inovar foram agrupadas em dois tipos:

Atividades internas de P&D ($P\&D_{it}$) – Envolve pesquisa básica, aplicada ou desenvolvimento experimental. Compreende o trabalho criativo, empreendido de forma sistemática, com o objetivo de aumentar o acervo de conhecimentos e o uso destes conhecimentos para desenvolver novas aplicações, tais como produtos ou processos novos ou substancialmente aprimorados. O desenho, a

construção e o teste de protótipos e de instalações-piloto constituem, muitas vezes, a fase mais importante das atividades de P&D. Inclui também o desenvolvimento de *software*, desde que este envolva um avanço tecnológico ou científico.

Outras atividades inovativas ($DINOV_{it}$) – Compreendem as seguintes categorias de investimento:

- 1) Aquisição externa de P&D – compreende as atividades descritas acima, realizadas por outra organização (empresas ou instituições tecnológicas) e adquiridas pela empresa;
- 2) Aquisição de outros conhecimentos externos – Compreende outros conhecimentos externos como transferência de tecnologia originados da compra de licença de direitos de exploração de patentes e uso de marcas, aquisição de *know-how* e outros tipos de conhecimentos técnico-científicos de terceiros, para que a empresa desenvolva ou implemente inovações;
- 3) Aquisição de *software* – Compreende a aquisição de *software* (de desenho, engenharia, de processamento e transmissão de dados, voz, gráficos, vídeos, para automatização de processos, etc), especificamente comprados para a implementação de produtos ou processos novos ou substancialmente aprimorados.
- 4) Aquisição de máquinas e equipamentos – Compreende a aquisição de máquinas, equipamentos e *hardware*, especificamente comprados para a implementação de produtos ou processos novos ou substancialmente aprimorados.
- 5) Treinamento – Compreende o treinamento orientado ao desenvolvimento de produtos ou processos tecnologicamente novos ou significativamente aperfeiçoados e relacionados às atividades inovativas da empresa, podendo incluir aquisição de serviços técnicos especializados externos.
- 6) Introdução das inovações tecnológicas no mercado – compreende as atividades de comercialização, diretamente ligadas ao lançamento de produto novo ou aperfeiçoado, podendo incluir pesquisa de mercado, teste de mercado e publicidade para o lançamento. Exclui a construção de redes de distribuição de mercado para as inovações.
- 7) Projeto industrial e outras preparações técnicas para a produção e distribuição referem-se aos procedimentos e preparações

³ A forma funcional *translog* é um desdobramento da função Cobb-Douglas e segundo Aigner, Lovell e Schmidt (1977), esta função apresenta boa aderência aos dados.

técnicas para efetivar a implantação de inovações de produto ou processo. Inclui plantas e desenhos orientados para definir procedimentos, especificações técnicas e características operacionais necessárias à implantação de inovações de processo ou de produto. Inclui mudanças nos procedimentos de produção e controle de qualidade, métodos e padrões de trabalho e software requeridos para a implantação de produtos ou processos tecnologicamente novos ou aperfeiçoados, assim como as atividades de tecnologia industrial básica (metrologia, normalização e avaliação de conformidade), os ensaios e testes (que não são incluídos em P&D) para registro final do produto e para o início efetivo da produção.

Tabela 1 – Setores da indústria de transformação no Brasil

CNAE 2.0	Descrição do setor industrial
10	Fabricação de produtos alimentícios
11	Fabricação de bebidas
12	Fabricação de produtos do fumo
13	Fabricação de produtos têxteis
14	Confecção de artigos do vestuário e acessórios
15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro
16	Fabricação de produtos de madeira
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
18	Impressão e reprodução de gravações
19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis
20	Fabricação de produtos químicos
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
22	Fabricação de artigos de borracha e plástico
23	Fabricação de produtos de minerais não metálicos
24	Metalurgia
25	Fabricação de produtos de metal
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos
28	Fabricação de máquinas e equipamentos
29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte
31	Fabricação de móveis
32	Fabricação de produtos diversos

Fonte: Elaboração dos autores a partir da Classificação da CNAE 2.0 (IBGE).

A segunda especificação é uma extensão da primeira, pois considera que fatores externos podem influenciar a produtividade industrial. Foram selecionadas duas variáveis para captar o efeito das economias externas geradas pelo sistema de inovação no Brasil: a taxa de crescimento do número de empresas que inovaram em produto e/ou processo ($NINOV_{it}$); e, a taxa de crescimento do número de pessoas ocupadas no setor de P&D ($POPD_{it}$). Esta especificação menos restrita é representada por:

$$\ln(RLV_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P\&D_{it}) + \beta_2 \ln(DINOV_{it}) + \beta_3 \ln(NINOV_{it}) + \beta_4 \ln(POPD_{it}) + v_{it} - u_{it} \quad (13)$$

Espera-se que todos os coeficientes do vetor β sejam estatisticamente significantes e maiores que zero.

5 Inovação & eficiência: principais resultados

Para efeito de comparações posteriores, calculou-se a taxa de inovação setorial, medida como a relação entre o número de empresas que praticaram inovações e o número de empresas naquele setor.

A Tabela 2 apresenta a taxa de inovação setorial para as industriais consideradas neste estudo, ordenada de forma decrescente, que permite comparar quais os setores que estão acima da média de todos os setores daquele ano considerado. Assim, no ano 2000 oito setores apresentaram uma taxa de inovação acima da média, no ano de 2003 baixou para sete setores, em 2005 mais uma vez oito setores, mantendo-se este número em 2008 e 2011.

Tabela 2 – Evolução da taxa de inovação setorial (%)

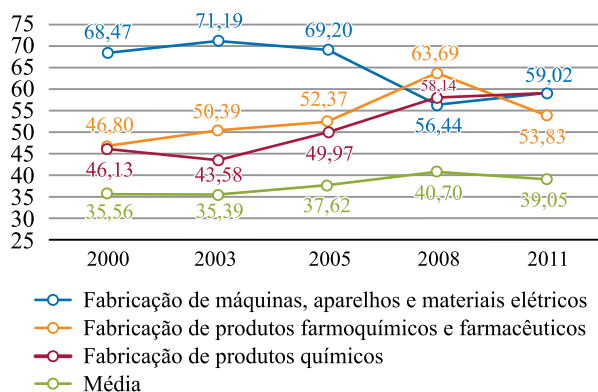
CNAE 2.0	2000	2003	2005	2008	2011	Média
27	68.47	71.19	69.20	56.44	59.22	64.90
21	46.80	50.39	52.37	63.69	53.83	53.42
20	46.13	43.58	49.97	58.14	59.07	51.38
28	48.17	41.00	45.73	46.45	44.28	45.13
26	44.45	43.51	39.35	50.99	41.31	43.92
30	43.66	27.42	34.77	36.09	65.35	41.46
19	33.64	34.93	50.10	45.87	38.06	40.52

CNAE 2.0	2000	2003	2005	2008	2011	Média
24	31.42	33.82	46.00	39.46	41.20	38.38
29	36.45	39.67	37.02	45.10	29.14	37.48
18	33.09	28.94	36.51	47.24	39.08	36.97
22	39.74	36.21	34.03	36.25	36.27	36.50
31	34.44	33.76	32.51	34.56	44.59	35.97
10	29.22	33.74	31.87	38.25	40.89	34.79
25	32.76	32.97	31.12	39.65	32.95	33.89
11	32.93	31.70	42.12	34.64	27.71	33.82
17	24.79	30.74	31.66	35.21	41.88	32.86
13	31.88	35.00	33.26	35.83	26.56	32.51
15	33.64	29.75	32.70	36.81	29.48	32.48
32	29.96	31.12	30.14	35.33	33.33	31.98
14	26.22	32.25	27.98	36.75	32.07	31.05
12	34.79	20.93	25.18	26.46	28.77	27.23
23	21.00	19.91	23.45	33.43	29.21	25.40
16	14.27	31.53	28.30	23.57	23.94	24.32
Média	35.56	35.39	37.62	40.70	39.05	37.67

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados da PINTEC/IBGE 2000, 2003, 2005 e 2008.

Os setores 27 (fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos), 21 (fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos) e 20 (fabricação de produtos químicos) foram aqueles que apresentaram maior taxa de inovação entre os anos considerados, embora, com comportamentos bastante diferentes entre si em relação à média de todos os setores, como pode ser observado no Gráfico 1. Ademais, a média dessa taxa de inovações não apresenta um comportamento definido, ora crescendo, ora decrescendo em relação ao ano anterior no âmbito do período considerado.

Gráfico 1 – Comportamento dos setores de maior taxa de inovação nos anos 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011



Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados da Tabela 1.

A Tabela 3 apresenta os resultados das estimativas dos Modelos de Fronteira Estocástica, conforme as especificações das equações (12) e (13) como discutidas anteriormente. Como pode ser observado na Tabela, todos os coeficientes foram significantes estatisticamente a 5% na primeira especificação (MFE 12), enquanto na segunda especificação (MFE 13), a estimativa da variável que representa a taxa de crescimento do número de empresas que inovaram em produto e/ou processo ($NINOV_{it}$) foi significativa a 10% e variável a taxa de crescimento do número de pessoas ocupadas no setor de P&D ($POPD_{it}$) apresentou estimativa não significativa.

Tabela 3 – Estimativa dos parâmetros modelo de fronteira estocástica (MFE) com tempo invariante - estimador: máxima verossimilhança

Parâmetros	MFE (12)	MFE (13)
β_0	8.262* (1.0282)	8.506* (0.7729)
β_1	0.3161* (0.0602)	0.3103* (0.0657)
β_2	0.4478* (0.0811)	0.3312* (0.0885)
β_3		0.1319** (0.0719)
β_4		0.0930 (0.0800)
μ	0.7426* (0.4192)	0.8948* (0.3160)
σ^2	0.2696* (0.0975)	0.2905* (0.0935)
γ	0.6568* (0.1304)	0.7139* (0.1012)
σ_u^2	0.1771* (0.0974)	0.2074* (0.0942)
σ_v^2	0.0925* (0.0140)	0.0831* (0.0125)
$\sum_{k=1}^k \beta_k$	0.7638* (0.0608)	0.8665* (0.0761)
Teste Wald (χ^2)	173.69 [0.000]	235.17 [0.000]
$N \times T$	115	115

Fonte: Resultado da Pesquisa Elaborado pelos Autores. Stata 13

Nota: *,** significativa a 5% e 10%, respectivamente. O valor no parêntese é o desvio-padrão e entre colchetes é a probabilidade.

A relação entre o produto efetivo e o produto potencial, a partir dos escores de eficiência obtidos com a estimação da fronteira de produção estocástica

ca permite fazer comparações entre os setores mais e menos eficientes no período de análise, cujos resultados estão apresentados no Gráfico 2 a seguir.

Gráfico 2 – Escores de eficiência técnica da indústria de transformação



Fonte: Elaboração dos autores a partir dos resultados da estimação do modelo.

No que tange às especificações para a Fronteira de Eficiência *Translog*, percebeu-se que, dentre as atividades produtivas que compõem a indústria de transformação brasileira, *fabricação de produtos alimentícios, fabricação de bebidas e fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis* foram as mais eficientes tecnicamente (a *eficiência técnica* desses setores foi de $\xi_{10} = 0.8898$, $\xi_{11} = 0.7488$ e $\xi_{19} = 0.7246$, respectivamente). Esses setores tiveram o crescimento de suas receitas líquidas por meio de esforços empreendidos em atividades de inovação técnica – sobretudo no que diz respeito à relação entre investimento e produto. Tal eficiência foi percebida conforme a convertibilidade das atividades internas e externas (aquisição) de inovação técnica de cada setor em receita líquida.

Na primeira especificação do modelo, evidenciou-se a essencialidade dos esforços setoriais em programas de P&D [$\beta_1 \ln(P\&D_{it})$] para o aumento de suas receitas líquidas; contudo, destacaram-se

os *processos complementares de inovação técnica* [$\beta_2 \ln(DINOV_{it})$ e $\beta_3 \ln(NINOV_{it})$], que os três setores mencionados se mostraram mais hábeis. Notou-se que, dado o longo prazo para o retorno dos investimentos em programas de P&D, as *inovações incrementais* apresentaram efeitos mais rápidos aos seus investimentos; fatores de *eficiência técnica*, como a “introdução de inovações tecnológicas no mercado” e “projetos industriais e outras preparações técnicas para preparação e distribuição”, mostraram-se fundamentais para o aumento do produto industrial.

Por outro lado, levando em consideração os mesmos fatores, os três setores menos eficientes foram *fabricação de produtos diversos* ($\xi_{32} = 0.2915$), *fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos* ($\xi_{27} = 0.2276$) e *fabricação de outros equipamentos de transporte* ($\xi_{30} = 0.2135$). Segundo os pressupostos da Economia Evolucionária, isso se deve ao fato de a inovação tecnológica originária de programas de P&D ser um proces-

so contínuo e cumulativo do conhecimento técnico e tácito, isto é, seus resultados (receita líquida de vendas, por exemplo) e suas adaptações às necessidades do mercado são previtos em longo prazo, o que, em termos de produtividade e rentabilidade, compromete fatores relacionados à eficiência econômica (DOSI, 2006; NELSON; WINTER, 1982).

De outra parte, observa-se dentre os resultados obtidos, que os setores mais eficientes, não são aqueles que apresentaram maiores taxas de inovação técnica no período (Tabela 2), isto poderia parecer contraditório se não fosse pelo fato de que existem diferentes forças que impulsionam a inovação em cada setor, relacionadas por exemplo, as características de seus produtos e processos ou em função do padrão de concorrência de cada indústria, de modo que tanto as exigências de inovação são diferentes na comparação intersetorial, como os seus resultados, em termos de eficiência mudam, situação que já havia sido identificada por Malerba e Orsenigo (1997), enquanto padrões setoriais de atividades inovativas, relacionados a diferentes “regimes tecnológicos” que “moldam e restringem os processos inovativos nos diferentes setores”.

Todavia, importa dizer, que os resultados obtidos aqui, coincidem em grande medida com o estudo realizado por Santana, Cavalcanti e Bezerra (2011), sobre os efeitos da inovação tecnológica⁴ sobre a produtividade dos vários setores no Brasil (Indústria de Transformação e Indústria Extrativista). Um dos seus principais resultados foi, exatamente, o grande impacto das inovações sobre a produtividade nos setores de alimentos e bebidas e refino de petróleo e coque. Ou seja, pode-se intuir que estes setores no Brasil são mais sensíveis à influência das inovações relativamente aos demais.

No que diz respeito à gestão do aprimoramento tecnológico, dentre os principais resultados do que foi discutido até o presente tópico, tem-se uma corroboração com as ideias ressaltadas na pesquisa de Mendes, Lopes e Gomes (2012), em que pese a ineficiência estar vinculada a uma forma de “desorientação” dos dispêndios com inovação tecnológica, afetos a utilização do capital humano e a fatores associados à infraestrutura. Deste modo, mesmo que haja corpo técnico, laboratórios, instalações, canais de distribuição e demais fatores de logística, a falta de direcionamento desses instru-

mentos é fundamental para o comprometimento da eficiência técnica e alocativa.

6 Considerações finais

Tal como descrito nas seções anteriores, o objetivo deste trabalho foi analisar a eficiência econômica das atividades produtivas da indústria de transformação no Brasil. Assim, a análise metodológica deste artigo evidenciou que a eficiência econômica desse cenário está intrinsecamente relacionada aos processos de inovação tecnológica, bem como está caracterizada por atividades produtivas de maior (e menor) eficiência técnica e alocativa.

Dessa maneira, uma vez que as taxas de inovação técnica foram medidas conforme o número de empresas que praticaram tal aprimoramento, os diferentes níveis de investimento em C&T resultaram, para cada atividade industrial, em diferentes graus de produtividade e rentabilidade (eficiência). Isso denota que, como prevê a base teórica deste estudo, a gestão da inovação técnica (de produto e/ou processo) não é um processo trivial em uma economia imperfeita.

Além disso, verificou-se que os setores com maiores taxas de *inovação* técnica (primeiramente, *Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos*, com média de 64.90; posteriormente, *Fabricação de produtos farmacêuticos e farmacêuticos*, com média de 53.42; e, em terceiro lugar, *Fabricação de produtos químicos*, com média de 51.38) não foram os mesmo que alcançaram maiores taxas de *eficiência* nesse sentido. Significa que, neste caso, a eficiência técnica (resultado das inovações técnicas) e a alocativa (efeito sobre a rentabilidade) devem ser assumidas como atributos complementares. Dessa forma, se dada atividade econômica apresentar elevada produtividade, pode-se classificá-la como *economicamente eficiente* (o que não foi o caso dessas três atividades).

Analogamente, pode-se crer que uma baixa taxa de inovação técnica não impede maiores taxas de eficiência econômica, uma vez que os resultados analisados anteriormente evidenciaram que a eficiência técnica, por si só, não sustenta uma eficiência alocativa; contudo, isso não é totalmente verdadeiro, pois, como mostraram os resultados empíricos deste artigo, os setores de *Fabricação de produtos do fumo*, *Fabricação de produtos de minerais não metálicos* e *Fabricação de produtos de madeira* foram os que apresentaram menores

4 Utilizando-se dos dados da PINTEC e da PIA (Pesquisa Industrial Anual), do IBGE.

taxas de inovação técnica (médias de 27.23, 22.76 e 24.32, respectivamente) e, no entanto, também não foram considerados os mais eficientes economicamente.

Por fim, os setores produtivos como: *fabricação de produtos alimentícios, fabricação de bebidas e fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis*, como falado acima, foram as mais eficientes tecnicamente. De fato, eles tiveram o crescimento de suas receitas líquidas, especialmente no que diz respeito à relação entre investimento e produto. Corroborando, como falado acima, os resultados obtidos por Santana et al (2011), quando mede o impacto da inovação tecnológica sobre a produtividade dos setores da indústria brasileira.

Além disso, ainda que a ferramenta quantitativa utilizada não tenha captado os níveis de defasagem tecnológica em cada atividade industrial, pois se trata de um modelo de análise em nível, pode-se deduzir que os aprimoramentos técnicos mais expressivos para sua trajetória de inovação têm seus resultados obtidos em longo prazo, visto que passam por longos processos antes de chegarem definitivamente ao mercado. Ressalta-se ainda que, por causa disso, sua receita é adiada e, muitas vezes, incerta.

Referências

AFRIAT, S. N. Efficiency estimation of production functions. **International Economic Review**, v. 13, n. 3, p. 568–598, oct. 1972.

AIGNER, D. J.; CHU, S. F. On estimating the industry production function. **The American Economic Review**, v. 58, n. 4, p. 826–839, sep. 1968.

AIGNER, D.; LOVELL, C.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of econometrics**, v. 6, n. 1, p. 21–37, july, 1977.

ALVES, P. F.; GOMES, N. L.; CAVALCANTE, E. J. **Impacto do investimento em máquinas e equipamentos sobre a inovação tecnológica e a produtividade das firmas industriais brasileiras**. Brasília: Ipea, 2014. (Texto para Discussão, 1930).

BALTEIRO, L. D.; HERRUZO, A. C.; GONZÁLEZ-PACHÓN, J. An analysis of productive efficiency and innovation activity using DEA: an application to Spain's wood-based industry. **Forest Policy and Economics**, v. 8, n. 7, p. 762–773, out. 2006.

BENNER, M. J.; TUSHMAN, M. Process management and technological innovation: a longitudinal study of the photography and paint industries. **Administrative Science Quarterly**, v. 47, n. 4, p. 676-707, dec. 2002.

CIMOLI, M.; DOSI, G.; STIGLITZ, J. E. **The political economy of capabilities accumulation: the past and future of policies for industrial development**. Pisa/Italy: Laboratory of Economics and Management Sant'Anna School of Advanced Studies – LEM, 2008. (Working Paper Series, 15).

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. New York: Springer Science & Business Media, 2005.

CONCEIÇÃO, J. C. P. R. **Radiografia da indústria de alimentos no Brasil: identificação dos principais fatores referentes à exportação, inovação e ao food safety**. Brasília: IPEA, 2007. (Texto para Discussão, 1303).

DOSI, G. Una reconsideración de las condiciones y los modelos del desarrollo: una perspectiva “evolucionista” de la innovación, el comercio y el crecimiento. **Pensamento Iberoamericano**, Mexico, [S. I], n. 20, p. 167-191, 1991.

DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria de semicondutores**. Tradução de: Carlos D. Szlak. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2006.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 3, p. 253–290, july-sep. 1957.

FREEMAN, C. The economics of technical change: critical survey. **Cambridge Journal of Economics**, v.18, n. 5, p. 463-514, Oct. 1994.

- GONÇALVES, F. O.; YONAMINI, F. M. Em busca de uma nova taxonomia de regimes tecnológicos para a indústria de transformação brasileira. **Revista Economia**, v. 14, n. 1, p. 145-158, jan./abr. 2013.
- GRILICHES, Z. R & D and innovation: some empirical findings. In: _____. (Ed.). **R & D, patents, and productivity**. Chicago: University of Chicago Press, 1984. p. 148-149.
- JACOBS, J. **The economy of cities**. New York: Random House, 1969
- JING, H. An empirical analysis on China's high-technology industry innovation efficiency based on SFA. **CNKI Journal/Studies in Science of Science**. v. 3, 2010.
- KLETTE, T. J.; KORTUM, S. Innovating firms and aggregate innovation. **Journal of Political Economy**, v. 112, n. 5, p. 986-1018, 2004.
- KUMBHAKAR, S. C. **Stochastic frontier analysis**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2003.
- KUMBHAKAR, S.; LOVELL, K. **Stochastic production frontier**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Schumpeterian patterns of innovation. **Journal of Economics**, Cambridge, v. 19, n. 1, p. 47-65, 1995.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities. **Industrial and Corporate Change**, v. 6, n.1, p. 83-118, 1997.
- MANSFIELD, E. Entry, gilbrat's law, innovation, and the growth of the firms. **The American Economic Review**, v. 52, n. 5, p. 1023-1051, dec. 1962.
- _____. R & D and innovation: some empirical findings. In: GRILICHES, Z. (Ed.). **R & D, patents, and productivity**. Chicago: University of Chicago Press, 1984. p. 127-148.
- MARSHALL, A. **Princípios de economia** São Paulo: Nova Cultural, 1988. v. 1.
- MEEUSEN, W.; BROECK, J. V. D. Efficiency estimation from cobb-douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, v. 18, n. 2, p. 435-444, June, 1977.
- MENDES, C. S.; LOPES, L. S.; GOMES, A. P. Eficiência dos dispêndios em inovação nas indústrias de transformação do Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, SP, v. 11, n.1, p. 193-218, jan./jun. 2012.
- MONTENEGRO R. L.; GONÇALVES E.; ALMEIDA E. Dinâmica espacial e temporal da inovação no estado de São Paulo: uma análise das externalidades de diversificação e especialização. **Estudos Econômicos**, v. 41, n. 4, out./dez. 2011.
- NADIRI, M. I. **Innovations and technological spillovers**. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, Aug. 1993. (Working Paper, 4423).
- NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1982. 437 p.
- NORTH, D. C. **Institutions, institutional change and economic performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- OSTROM, E. Doing institutional analysis: digging deeper than markets and hierarchies. In: CLAUDE, M.; SHIRLEY, M. (Eds.). **Handbook of new institutional economics**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, 2008.
- POSSAS, M. Eficiência seletiva: uma perspectiva neo-schumpeteriana evolucionária sobre questões econômicas normativas". **Revista de Economia Política**, v. 24, n. 1, p. 73-94 jan./mar. 2004.
- PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change. **Research policy**, v. 13, n. 6, p. 343-373, dec. 1984.

ROMER, P. M. Increasing returns and long-run growth. **Journal of Political Economy**, v. 94, n. 5, p. 1002-37, oct. 1986.

ROSENBERG, N. **Perspectives on technology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.

ROSENBERG, N. MOWERT, D. C. **Trajetórias da inovação: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no século XX**. Campinas: Unicamp, 2005.

ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa preta: tecnologia e economia**. Tradução de: José Emílio Maiorino. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2006.

SANTANA, S. K. S.; CAVALCANTI, S.; BEZERRA, J. O Papel da inovação na produtividade da indústria: uma abordagem setorial. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 39., 2011, Foz do Iguaçu, PR. **Anais ...** Foz do Iguaçu, PR, 2011.

SCHUMPETER, J. **A teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. Tradução de: Maria Sílvia Possas. São Paulo, SP: Abril Cultural, 1982.