

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E PRODUTIVIDADE NA INDÚSTRIA BRASILEIRA

INFORMATION TECHNOLOGY AND PRODUCTIVITY IN THE BRAZILIAN INDUSTRY

RESUMO

O artigo tem por objetivo mensurar os impactos decorrentes da adoção de tecnologia da informação na produtividade dos trabalhadores da indústria de transformação brasileira. O trabalho utilizou amostra de 26.776 firmas, cujos dados são provenientes da Pesquisa Industrial Anual (PIA) e da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), ambas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) do Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC); e do Censo de capitais estrangeiros, do Banco Central do Brasil. O banco de dados foi organizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). O modelo econométrico de corte transversal estimado refere-se ao ano de 2003. Os resultados indicam que a adoção de TI afeta positivamente a produtividade da mão-de-obra.

Marco Aurélio Alves de Mendonça

Técnico de Planejamento e Pesquisa, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – SP, Brasil
marco.mendonca@ipea.gov.br

Fernando de Almeida Freitas

Estatístico, Banco Bradesco S/A – SP, Brasil
4968.freitas@bradesco.com.br

Jano Moreira de Souza

Professor do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – RJ, Brasil
jano@cos.ufrj.br

Recebido em 03.10.2006. Aprovado em 10.11.2008.

Avaliado pelo sistema *double blind review*

Editor Científico: Rodrigo Bombonati

ABSTRACT The article seeks to quantify the impact of information technology solutions on workers' productivity in the Brazilian processing industry. This study was based on a sample of 26,776 companies. This data was obtained from the Annual Industrial Study (PIA) and Industrial Survey of Technological Innovation (PINTEC), both of which were conducted by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE); the Annual Report on Social Information (RAIS) published by the Ministry of Labor (MTE); data from the Secretariat of Foreign Trade (SECEX) from the Ministry of Development, Industry and Foreign Trade (MDIC); and the Foreign Capital Census published by the Central Bank of Brazil. The database was compiled and organized by the Institute of Applied Economic Research (IPEA). The estimated econometric cross-sectional model is for the year of 2003. The results indicate that the adoption of IT solutions positively affect personnel productivity.

PALAVRAS-CHAVE Tecnologia da informação, produtividade, indústria, trabalho, Econometria.

KEYWORDS Information technology, productivity, industry, work, econometrics.

INTRODUÇÃO

Os impactos decorrentes da adoção e da difusão das chamadas tecnologias da informação (TI) se fizeram presentes em quase todos os setores da economia e da sociedade, nos últimos 30 anos. O termo costuma designar o conjunto de recursos tecnológicos e computacionais para geração e uso da informação e está fundamentado nos seguintes componentes: *hardware* e seus dispositivos periféricos; *software* e seus recursos; sistemas de telecomunicações; e gestão de dados e informações (REZENDE e ABREU, 2000).

O nível de profundidade com que tais tecnologias afetaram a atividade produtiva implicou o surgimento de um novo paradigma tecno-econômico (PTE), um moderno conjunto de novas combinações de vantagens políticas, sociais, econômicas e técnicas, que se tornaram o estilo dominante no processo corrente de desenvolvimento econômico. O atual PTE é baseado nas TI e, em princípio, viria a contrapor-se ao modelo fordista, já que é visto como a resposta encontrada por alguns setores produtivos para o “esgotamento” da produção em larga escala e intensiva em matéria e energia.

A grande associação entre capital privado, governo e sindicatos, sustentáculos do fordismo, deixou de ser a forma mais eficaz para garantir a acumulação de capital. Empresas e governos passaram então a buscar alternativas para o impasse. Para Lastres e Ferraz (1999, p. 38), “os esforços mais bem-sucedidos foram aqueles que lograram desenvolver e difundir o novo PTE, baseado nas tecnologias da informação” e abalizado por um conjunto interligado de inovações em computação, engenharia de *software*, sistemas de controle e telecomunicações, que reduziram drasticamente os custos de armazenagem, processamento, comunicação e disseminação de informações.

De forma desigual, as TI afetaram todas as atividades econômicas: setores maduros, como o têxtil, rejuvenescem; surgem novas indústrias, como a de *software*, que constituem a base de novo processo de desenvolvimento.

Para Albertin e Moura (2002), os benefícios das TI se traduziram na redução dos custos de produção, na maior flexibilidade de operações, no incremento da capacidade de inovação e na elevação da qualidade dos produtos e processos e, também, da produtividade da empresa.

Este artigo objetiva diferenciar as firmas que adotam as TI das demais. Mais precisamente, busca-se, em consonância com a literatura empírica recente, mensurar os efeitos positivos causados por estas tecnologias na produtividade do trabalhador.

Sabe-se que a produtividade é um indicador muito

usado para evidenciar melhoria no desempenho econômico, embora não exista consenso sobre a melhor forma de mensurá-lo, havendo diversos debates acerca do tema (SARGENT e RODRIGUEZ, 2000).

Conceitualmente, o termo relaciona produção (o conjunto de operações por meio das quais os insumos produtivos são transformados em bens ou produtos úteis) e tempo empregado na atividade (horas-homem, por exemplo, que podem se referir exclusivamente ao esforço do trabalhador direto, indireto ou a ambos).

A produtividade do trabalhador é uma medida parcial da produtividade da empresa das mais relevantes. Vale salientar que sua noção não se fundamenta nos esforços que a mão-de-obra tenha que realizar, mas na utilização eficaz desse fator de produção. Em outras palavras, a produtividade implica a razão entre a quantidade de trabalho despendida em função do tempo empregado e não a quantidade de esforços físicos dedicados ao trabalho.

Então, o aumento da produtividade consiste na utilização mais eficaz dos fatores da produção para a obtenção de maior quantidade de bens e serviços no menor tempo possível e com esforços humanos mínimos.

A produtividade é, portanto, uma medida da eficácia da mão-de-obra, e seu incremento resulta dos efeitos combinados de um grande número de fatores distintos, mas interdependentes, tais como equipamento empregado, melhoramentos técnicos, ambiente físico, circulação da matéria-prima, eficácia da direção, utilização eficaz das unidades de produção, utilização adequada de recursos humanos qualificados etc.

Partindo desse pressuposto, o trabalho contou com dados ao nível da firma relacionados à indústria de transformação brasileira, para o período de 2001 a 2003, fornecidos, principalmente, pela segunda edição da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), publicada em 2005.

Para mensurar os efeitos da TI na produtividade da mão-de-obra, foi realizada a estimação de um modelo econométrico de corte transversal (*cross-section*) para o ano de 2003.

Além desta introdução, o trabalho está estruturado da seguinte maneira: na seção 2, apresenta-se a revisão de literatura empírica acerca da relação entre adoção de TI e produtividade; na seção 3, desenvolvem-se a metodologia e o referencial teórico no qual se baseia o modelo estimado empiricamente; na seção 4, descrevem-se os dados utilizados e algumas estatísticas selecionadas; na seção 5, analisam-se os dados; finalmente, a última seção apresenta as considerações finais do trabalho.

RELAÇÃO ENTRE ADOÇÃO DE TI E PRODUTIVIDADE: UMA REVISÃO DA LITERATURA RECENTE

Com o objetivo de examinar o estado-da-arte relacionado à mensuração dos efeitos da adoção de TI na produtividade das empresas, realizou-se uma breve revisão da literatura empírica.

Greenan, Mareisse e Topiol-Bensaid (2001) realizaram um estudo descritivo dos dados acerca de firmas francesas, com o objetivo de explorar correlações entre indicadores de adoção de TI, pesquisa e desenvolvimento (P&D) e medidas de produtividade do trabalho. Os autores utilizaram quatro amostras de dados de painel relacionados à indústria e ao setor de serviços para os períodos de 1986-1990 e 1990-1994.

O principal indicador de adoção de TI consistiu na razão entre os gastos em equipamentos de escritório e computadores e gastos totais em ativos físicos. Com isso, foi possível aferir a proporção dos ativos físicos destinados a TI. Foram encontradas fortes evidências de que a adoção de TI se correlaciona positivamente com a produtividade do trabalho.

Jorgenson (2002) examinou as taxas de crescimento dos países do G7 (Canadá, França, Alemanha, Itália, Japão, Reino Unido e EUA), tendo desenvolvido trabalho de análise de séries temporais com foco macroeconômico, e constatou que parte substancial da retomada do crescimento econômico norte-americano após 1995 pode ser atribuída a TI. O impulso dos investimentos em TI nos EUA após 1995 tiveram contrapartidas em todas as outras economias industrializadas que experimentaram elevação da produtividade da indústria produtora de TI.

No entanto, diferenças nas importâncias relativas destas indústrias geraram grandes disparidades dos impactos da TI no crescimento econômico desses países. O mecanismo básico que impulsionou o crescimento econômico dos EUA foi gerado pelo declínio acelerado dos preços das TI, propulsado por uma mudança do ciclo de produtos semicondutores de três para dois anos, em 1995. O declínio dos preços estabeleceu um *boom* de investimentos que alcançou seu pico durante a última metade dos anos 90, e agora recuperou muito das perdas provocadas durante a recessão de 2001.

O mesmo autor realizou outro trabalho, em parceria com Motohashi, em que foram estimadas fronteiras de possibilidades de produção, com o objetivo de comparar as fontes de crescimento econômico das economias de EUA e Japão, no período de 1975 a 2003, focalizando o papel da TI. Os autores concluíram que a expansão dos investimentos em equipamentos de TI e *software*, durante

a última metade dos anos 90, foi acompanhada por crescimento da produtividade tanto nos EUA quanto no país oriental (JORGENSEN e MOTOHASHI, 2005).

Gera, Gu e Lee (1999) também preocupados com os impactos das TI no crescimento econômico, resolveram investigar especificamente os impactos de tais tecnologias na produtividade do trabalho. Os autores estimaram equações de corte transversal empilhadas (*pooled regressions*), levando em conta 27 indústrias, em cinco subperíodos (1971-75; 1976-79; 1980-85; 1986-89; 1990-93), em que regrediam a taxa de crescimento média da produtividade do trabalho, assumindo o processo de produção modelado por uma função do tipo Cobb-Douglas. Como resultado, atestaram que os investimentos em TI são importante fonte de crescimento da produtividade da força de trabalho, tanto nos EUA quanto no Canadá. Segundo os autores, os investimentos em TI são mais importantes que os outros tipos de investimento no que diz respeito ao crescimento da produtividade.

Crépon, Heckel e Riedinger (2003) também examinaram os efeitos das tecnologias de informação na produtividade das firmas. Utilizando-se de amostra de 3.646 firmas, referente ao período de 1994 a 1997, os resultados obtidos pelos autores sugerem que tais efeitos afetam principalmente a eficiência do trabalho, embora nem todas as categorias de trabalhadores sejam afetadas da mesma forma. O uso da Internet, por exemplo, está mais fortemente correlacionado com a eficiência de trabalhadoras mais qualificadas; a adoção de *Electronic Data Interchange* (EDI), por sua vez, melhora a eficiência de jovens trabalhadores de forma geral.

Matteucci e Sterlacchini (2005) realizaram regressões em nível da firma com amostra de 3.918 firmas italianas para o período de 1998 a 2000. Os autores constataram que a adoção de TI produz impactos positivos na produtividade, embora seus resultados sejam significantes apenas quando se utilizam variáveis defasadas; nesse caso, o impacto esperado do uso da TI é superior inclusive àqueles derivados das atividades de P&D. Os resultados encontrados pelos autores são consistentes com a hipótese *delay*, isto é, existiria uma defasagem temporal entre a adoção de TI e a melhoria da *performance* da firma.

Bartel, Ichniowski e Shaw (2007) realizaram trabalho focalizado no setor produtor de válvulas norte-americano. Os autores chegaram à conclusão de que a adoção de novos equipamentos de TI altera as estratégias de negócio, movendo trabalhadores da produção de *commodities* para a produção customizada, melhorando a eficiência em todos os estágios do processo de produção e incrementando

as habilidades dos trabalhadores por meio da promoção de novas práticas de recursos humanos.

De forma geral, a revisão da literatura sugere que os efeitos das TI no crescimento econômico e, mais especificamente, na produtividade do trabalhador se dão de forma inequívoca, mesmo levando em conta amostras completamente distintas e técnicas de estimação diversas.

REFERENCIAL TEÓRICO DA PESQUISA

Grande parte dos trabalhos empíricos relacionados à investigação dos impactos da adoção da tecnologia da informação no desempenho econômico das empresas baseia-se na teoria da produção neoclássica para estimar os efeitos dos fatores produtivos na quantidade produzida. Tal teoria assume que o nível de produção pode ser relacionado ao estoque de recursos econômicos utilizados, por meio de uma função de produção.

As funções de produção originaram-se do trabalho pioneiro de Cobb e Douglas (1928). O objetivo inicial dos autores foi testar hipóteses relacionadas à teoria da produtividade marginal e competitividade no mercado de trabalho, utilizando dados macroeconômicos (*macro data*).

Muitas críticas emergiram contra o *framework* em questão. Menderhausen (1938), por exemplo, argumentou que os dados usados por Douglas eram afetados por multicolinearidade, o que tornava os coeficientes estimados não razoáveis. Isso porque as variáveis referentes aos recursos (*input*) determinariam as mesmas forças, na verdade, a escala de produção, isto é, a redução dos custos médios à medida que a produção aumenta.

Posteriormente, no entanto, o ferramental ligado às funções de produção deixou de referenciar exclusivamente a esfera macro e passou também a focar a dimensão da firma, microeconômica, em que as premissas do modelo básico aparentemente tornaram-se mais plausíveis.

A crescente renovação do interesse pela mudança ou evolução tecnológica implicou novos incentivos à utilização das funções de produção, especialmente, quando o objetivo é trabalhar num *framework* ligado às questões da produtividade.

É fato que a já tradicional função Cobb-Douglas é usada extensamente para representar o relacionamento entre nível de produto e nível de insumos empregado e permite o cálculo direto das elasticidades, podendo ser considerada uma aproximação de primeira ordem (em logaritmos) de uma função de produção arbitrária, que possui originalmente a seguinte especificação:

$$Q = A K^{\alpha} L^{\beta} \quad (1)$$

Onde:

A, α e β = são constantes determinadas pela tecnologia;

Q = nível de produto;

K = estoque de capital (ou recursos fixos);

L = quantidade de mão-de-obra empregada.

Se $\alpha + \beta = 1$, a função de produção tem retornos constantes de escala (se L e K forem aumentados em 20%, Q aumenta 20%). Se $\alpha + \beta < 1$, os retornos de escala são decrescentes; e, se forem maiores que 1, os retornos de escala são crescentes. Considerando a estrutura de mercado de concorrência perfeita, α e β exprimem o nível de produto decorrente do aproveitamento eficiente de trabalho ou capital.

Por meio da utilização de logaritmos neperianos e da adição do termo de erro, a equação pode ser estimada econometricamente:

$$\ln Q = \beta_0 + c \ln K + \beta_2 \ln L + \varepsilon \quad (2)$$

Na equação 2, β_0 , β_1 e β_2 são os parâmetros a serem estimados; e ε , chamado erro aleatório, representa todas as variáveis que não foram especificadas no modelo. Nessa formulação, o coeficiente β_0 representaria o intercepto da reta de regressão e β_1 e β_2 representam as elasticidades do nível de produto em relação aos recursos utilizados na atividade produtiva, em que a mudança percentual no nível de produto é decorrente da mudança de 1% na quantidade de recurso empregada.

PRODUTIVIDADE DO TRABALHO COMO VARIÁVEL DEPENDENTE

A produtividade do trabalho constitui a variável dependente utilizada neste texto. A referência para sua determinação é a função de produção Cobb-Douglas. Como o objetivo é verificar os impactos da TI na produtividade do trabalhador para todo o conjunto de firmas da indústria de transformação brasileira, realizou-se a seguinte transformação a partir das equações 1 e 2:

$$\ln(Q) = \ln(A) + \alpha \ln(K) + \beta \ln(L) \quad (3)$$

Subtraindo, de cada lado da equação 3, $\ln(L)$ e utilizando a propriedade da subtração de logaritmos, obtém a equação 4 a ser estimada:

$$\ln(Q/L) = \ln(A) + \alpha \ln(K) + (\beta - 1) \ln(L) \quad (4)$$

Assim sendo, “Q/L” representa a relação entre nível de produto e quantidade de trabalho empregado para sua obtenção, em suma, a produtividade do trabalhador.

CONJUNTO DE DADOS

Realizou-se, neste artigo, uma análise de corte transversal referente ao ano de 2003, que concatena as informações de inovação tecnológica, balanço contábil das firmas, características da mão-de-obra, desempenho externo e origem do capital controlador, advinda de base de dados exclusivamente construída para esta pesquisa.

Para tanto, utilizaram-se dados da indústria de transformação provenientes da Pesquisa Industrial Anual (PIA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) do Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), e da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), também do IBGE.

A Figura 1 ilustra a integração das diferentes bases de dados utilizadas.

O banco de dados foi organizado pelo IPEA, mas esse

instituto não tem a posse física das informações, de maneira que a realização de trabalhos como este só é possível devido às parcerias estabelecidas entre o IPEA, o IBGE, o MTE e a SECEX/MDIC. O acesso às informações necessárias ao trabalho seguiu rigorosamente os procedimentos que garantem o sigilo de informações restritas. A raiz de ligação das bases de dados é o Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) das firmas.

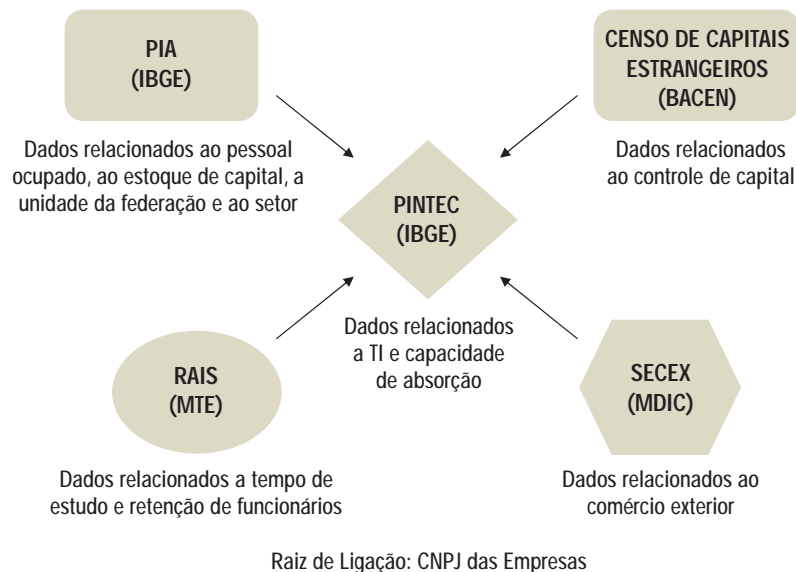
O presente trabalho se apóia na PINTEC como base de referência. Existem duas edições dessa pesquisa, para os anos de 2000 e 2003, respectivamente, com periodicidade trienal. Os resultados aqui obtidos se referem à pesquisa de 2003.

As variáveis qualitativas, entendidas como aquelas que não envolvem registro de valor, referem-se a um período de três anos consecutivos, de 2001 a 2003. As variáveis quantitativas (gastos e pessoal ocupado em P&D, dispêndios em outras atividades inovativas etc.) e algumas variáveis qualitativas (patentes em vigor e existência de projetos incompletos, por exemplo) dizem respeito apenas ao último ano do período de referência da pesquisa, ou seja, 2003.

A população-alvo da PINTEC é constituída por todas as firmas industriais com dez ou mais trabalhadores. A amostragem utilizada na pesquisa é do tipo estratificada desproporcional.

O conceito de inovação tecnológica corresponde à introdução no mercado de um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado, ou à introdução, por parte

Figura 1 - Representação da integração das bases de dados utilizadas



da empresa, de processos novos ou significativamente melhorados, segundo o *Manual de Oslo*, que traz definições e orientações metodológicas para a coleta e a análise de informações, recomendando seis áreas prioritárias para investigação: estratégia corporativa; papel da difusão; fontes de informação e obstáculos para inovação; *insumos* para inovação; papel das políticas públicas na inovação industrial; e *resultados* e impactos da inovação.

A inovação pode ser baseada em novos desenvolvimentos tecnológicos, em novas combinações de tecnologias existentes, ou na utilização de outro tipo de conhecimento adquirido pela empresa.

Por considerar a inovação tecnológica um caso raro, o IBGE definiu três estratos: um estrato certo, em que todas as empresas foram incluídas com probabilidade um na amostra; e dois estratos amostrados, diferenciados pelo grau de incerteza com relação à presença do fenômeno em estudo.

No estrato certo estariam todas as firmas com pelo menos 500 trabalhadores e as firmas inovadoras. No segundo estrato, elegível, as firmas potenciais inovadoras, e no terceiro, não elegível, as firmas que não tinham nenhuma característica de inovação. O tamanho da amostra foi fixado em 10 mil empresas.

Por se tratar de um fenômeno raro, como mencionado anteriormente, o IBGE julgou necessário aumentar a fração amostral das empresas do estrato elegível. Essa distribuição foi feita de modo que 80% das empresas da amostra fossem originárias dos estratos elegíveis e 20%, do estrato não elegível. Por conta de experiências anteriores de não-resposta, o IBGE elevou o tamanho da amostra para 11.337 firmas.

Para a estimação dos resultados, foi considerado o peso amostral, de forma que os resultados da PINTEC possam representar todas as firmas industriais com dez ou mais trabalhadores no Brasil. A taxa de resposta foi de aproximadamente 92%. Na estimação do modelo, utilizou-se o *software* Stata.

RESULTADOS PRELIMINARES

É de se esperar que a adoção de tecnologias da informação aconteça em maior escala ou com mais intensidade em firmas com maior capacidade financeira. Também é razoável dizer que empresas de maior porte possuem, em média, maior disponibilidade financeira que as demais.

A categorização das empresas quanto ao porte obedece à classificação proposta pela Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OECD), segundo a qual firmas pequenas possuem de 10 a 49 empregados; mé-

dias, de 50 a 249; e grandes, acima de 249 funcionários (CROWLEY, 2004).

Sendo assim, os dados indicaram que a adoção de TI é mais freqüente em companhias de maior porte. Segundo o IBGE, entre 2001 e 2003, 16% das grandes empresas industriais brasileiras adotaram novas tecnologias de informação; 10% das médias o fizeram; e apenas 4% das pequenas.

A correlação entre o tamanho da empresa e a adoção de TI é aparentemente muito elevada [positivamente]. Por esse motivo, é necessário controlar esse fator quando da estimação do modelo de produtividade do trabalho.

Com relação à distribuição regional, os dados indicam que as tecnologias de informação se fizeram mais presentes nas regiões mais desenvolvidas do país, conforme era esperado em princípio. Os números indicaram que 7,23% das empresas localizadas na região Sudeste adotaram novas tecnologias de informação, entre 2001 e 2003. Na região Sul, o percentual atingiu o patamar de 6%, inferior ao obtido pela região Norte (6,65%), onde está concentrada grande parte da indústria nacional de eletroeletrônicos, instalada na Zona Franca de Manaus.

É bastante razoável afirmar que a adoção de TI está fortemente associada ao nível de desenvolvimento regional brasileiro. As regiões mais desenvolvidas foram justamente aquelas que apresentaram maior índice de adoção. Por isso, também se deve controlar esse fator na estimação do modelo econométrico.

É interessante ressaltar as porcentagens obtidas quando se investigam os setores produtivos que utilizam TI. As firmas foram categorizadas segundo a classificação do Eurostat por intensidade tecnológica. Segundo essa entidade, os setores mais intensivos em conhecimento são: aeroespacial, farmacêuticos, computadores e equipamentos de escritório, eletrônicos e comunicações e instrumentos científicos. A classificação utilizada pelo órgão europeu foi harmonizada com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), com desagregação em três dígitos (GÖTZFRIED, 2004).

Os dados indicaram que os setores produtivos mais intensivos em conhecimento foram justamente aqueles que, em geral, apresentaram médias superiores de adoção de tecnologia da informação.

O setor de transporte foi o que mais se destacou, com um percentual superior a 15%. Em segundo lugar, há o setor de químicos, que ultrapassou os 14%; os eletroeletrônicos atingiram a marca de 12%; enquanto o setor de máquinas obteve aproximadamente 9% de adoção.

Os dados evidenciaram um fato estilizado na indústria brasileira: há que se realizar a distinção entre os diferentes setores produtivos. Isto permite o controle de efeito fixo,

que se faz necessário para isolar o efeito proveniente das especificidades inerentes a cada um deles, e, ao mesmo tempo, corrigir vieses causados pela heterogeneidade não observável entre setores.

A Tabela 1 permite elucidar alguns pontos interessantes deste trabalho, pois realiza comparação entre empresas industriais adotantes e não adotantes de TI. O primeiro ponto importante diz respeito à variável dependente utilizada no modelo, a produtividade do trabalhador. Empresas que adotam TI possuem, em média, empregados com produtividade significativamente maior *vis-à-vis* a empresas não adotantes.

Conforme o esperado, as adotantes de TI são as firmas maiores, tanto pelo critério de pessoal ocupado quanto pelo estoque de capital. O percentual de estrangeiras entre as firmas adotantes de TI é significativamente maior, bem como no que diz respeito ao fato de ser empresa exportadora. O tempo de estudo médio dos trabalhadores é superior também para o caso de firmas adotantes.

Embora as firmas adotantes de TI remontem a apenas um quarto do total de firmas não adotantes, os dados indicam que aquelas tendem a reter mais funcionários, evitando a rotatividade de pessoal, bem como possuem percentual bastante superior de firmas que possuem capacidade de absorção.

IMPACTO ECONÔMICO DA ADOÇÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Na seção anterior, a análise descritiva indicou que empresas que adotam tecnologias de informação possuem empregados com produtividade significativamente maior

vis-à-vis às empresas que não adotam TI. Entretanto, os resultados das estatísticas descritivas não levam em consideração vários outros fatores que poderiam determinar a produtividade dos trabalhadores dessas empresas.

Com o objetivo de controlar o máximo possível a heterogeneidade dessas firmas e isolar o efeito da variável, esta seção tem como objetivo a estimação do modelo econométrico para mensurar, *coeteris paribus*, os impactos da adoção das tecnologias de informação na produtividade do trabalho. A estimação utilizou o método de mínimos quadrados generalizados (MQG) para detalhamentos das técnicas de estimação (GREENE, 2000).

O modelo econométrico

O modelo contempla a indústria de transformação brasileira e recorre a variáveis explicativas independentes, normalmente utilizadas em modelos de explicação de produtividade no Brasil e no exterior. O diferencial desse modelo é a tentativa de mensurar os impactos decorrentes da adoção de tecnologia da informação na produtividade do trabalhador.

Assim sendo, o modelo econométrico foi estruturado da seguinte maneira:

$$Y_i = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (5)$$

sendo:

Y_i = logaritmo neperiano da razão entre valor da transformação industrial (VTI) e pessoal ocupado (PO), sendo esta a variável substituta (*proxy*) para captar a produtividade do trabalhador;

X = vetor de variáveis explicativas;

ε = termo de erro aleatório.

Tabela 1 - Comparação entre adotantes e não adotantes de tecnologia da informação (TI)

CARACTERÍSTICAS DA FIRMA	ADOTA TI	NÃO ADOTA TI
Produtividade (média em R\$)	58.985,01	28.090,22
Pessoal Ocupado (média)	471,76	111,9
Estoque de Capital (em R\$)	47.900.000	5.024.826
Controle de capital (% das estrangeiras)	15,06	4,11
Exportadora (% das exportadoras)	54,44	24,69
Tempo de Estudo Médio (média em anos)	8,84	7,84
Retenção de funcionários (média percentual)	22,29	8,54
Capacidade de absorção (% das que possuem)	41,32	13,67
Número de observações	1353	6062

Fonte: PIA/IBGE, RAIS/MTE, PINTEC/IBGE, BACEN, SECEX.

Uma primeira preocupação surgiu quando se realizou a estimação do modelo: não se poderia abrir mão das variáveis originais da função Cobb-Douglas. Com relação à mão de obra empregada, não houve qualquer problema. A variável explicativa que dá conta desse fator de produção é o logaritmo natural do pessoal ocupado. O sinal esperado da variável é positivo, isto é, como a maioria das firmas industriais brasileiras atua abaixo da sua fronteira de eficiência, elas possuem rendimentos crescentes de escala. Em outras palavras, a adição do insumo trabalho eleva a produtividade mais que proporcionalmente (DE NEGRI, 2003).

Sobre a variável estoque de capital, nenhuma base de dados brasileira possui tal informação em nível das firmas. Para solucionar a falta dessa informação, que é crucial para este trabalho, construímos uma *proxy*, por meio do método de inventário perpétuo.

De acordo com Morandi e Reis (2004), o método do estoque perpétuo estima o estoque bruto de capital fixo do ativo i no período t , $EBCF_t^i$, como a soma do investimento bruto, IB_t^i , realizado em um período igual ao da vida útil estimada, θ , do ativo i .

$$EBCF_t^i = \sum_{j=t-\theta+1}^t IB_j^i \quad (6)$$

Como não se faz nenhuma redução com respeito à capacidade utilizada, as estimações representam o estoque de capital de i disponível no período t . Para cada categoria de ativo, a estimação do estoque líquido de capital fixo, $ELCF_t^i$, é obtida deduzindo-se do estoque bruto o valor acumulado do consumo de capital que ocorre ao longo de sua vida útil. Assim:

$$ELCF_t^i = \sum_{j=t-\theta+1}^t IB_j^i - D_t^i \quad (7)$$

sendo:

$$D_t^i = \sum_{j=t-\theta+1}^t (\delta_j^i * IB_j^i) \quad (8)$$

onde δ é a taxa de depreciação do ativo i no período j .

Neste artigo, foram utilizadas informações da PIA de 1996 a 2003 para a construção do estoque de capital. As variáveis de investimento foram deflacionadas segundo o índice do IPCA/FGV por CNAE a três dígitos. Utilizou-se uma metodologia que considera a taxa constante de depreciação de 15% (MELLO, 2003; YOUNG, 1995). Como a série utilizada é de apenas oito anos, considerou-se o estoque inicial

de capital – o K_0 , seguindo Giovannetti e Menezes-Filho (2006), como o valor da transformação industrial (VTI) das firmas no ano de 1996. O estoque de capital é medido em logaritmo natural e possui sinal esperado positivo, a exemplo do que ocorre com o pessoal ocupado.

Procurou-se ainda contemplar três tipos de atributos: os da firma; os do trabalhador; e aquele ligado à adoção de TI.

No primeiro caso, há as seguintes variáveis: *dummy* de exportação, para diferenciar firmas exportadoras ou não, uma vez que há indícios da existência de simultaneidade entre a variável exportação e a produtividade. A correção desse viés feita por meio do método de variáveis instrumentais. No entanto, este trabalho não tem a intenção de explorar o efeito do comércio internacional sobre a produtividade; ela é utilizada apenas como um controle. Esse controle se faz necessário, pois no Brasil há um consenso de que firmas exportadoras são maiores, possuem trabalhadores mais qualificados e são mais produtivas (DE NEGRI e FREITAS 2004); *dummy* de controle de capital, para diferenciar firmas estrangeiras das nacionais; e *dummy* de capacidade de absorção de conhecimento, variável inspirada no trabalho de Cohen e Levinthal (1990).

Para esta última variável, foram utilizadas perguntas da PINTEC relacionadas a fontes de informação para o desenvolvimento de produtos e/ou processos tecnologicamente novos ou substancialmente aprimorados que são a base para a construção desta variável binária. Então, caso a firma tenha reportado como altamente relevante informações obtidas por meio de concorrentes (item 113) e/ou de empresas de consultoria e consultores independentes (item 114) e/ou aquisição de licenças, patentes e *know how* (item 118) como fontes de informação, considerou-se que a empresa possui *capacidade empresarial*. Caso a empresa tenha reportado como altamente relevante a utilização o uso de universidades e institutos de pesquisa (item 115) e/ou centros de capacitação profissional e assistência técnica (item 116) e/ou instituições de testes, ensaios e certificações (item 117) como fontes de informações, considerou-se que se possui *capacidade acadêmica*. Caso a empresa possua ou capacidade empresarial e/ou capacidade acadêmica, atesta-se que a mesma possui *capacidade de absorção*.

Todas as variáveis citadas têm sinal esperado positivo.

Naturalmente, deve-se levar em conta que as firmas precisam possuir capacidades para absorver informação e conhecimento, as quais variam de uma empresa para outra. Cohen e Levinthal (1990, p. 135) definem a capacidade de absorção como “*an ability to recognize the value of new information, assimilate it, and apply it to commercial ends*”.

Para os autores, essa capacidade de avaliar e utilizar o conhecimento exterior à firma é, em grande medida, função das competências ou do nível de conhecimento prévio da firma. Tal capacidade também pode ser criada como um subproduto dos investimentos em P&D ou das próprias operações produtivas das firmas (*learning by doing*).

Os autores defendem que a capacidade de absorção da firma depende, em certa medida, dos indivíduos que fazem a interface da firma com o ambiente exterior e também daqueles que transitam entre os departamentos, os *gatekeepers* (COHEN e LEVINTHAL 1990, p. 132). A capacidade de absorção é um ativo que tem que ser desenvolvido internamente à firma que não pode ser comprado por meio de licenças.

No segundo caso, isto é, com relação às características do trabalhador, a variável selecionada foi o logaritmo neperiano do tempo de estudo médio, indicador de educação formal obtida pela mão-de-obra. O sinal esperado é positivo.

Como principal variável de interesse, aplicada neste artigo, utilizou-se como indicador de adoção de TI uma variável binária (*dummy*) recém-incluída na segunda edição da PINTEC: o item 195, relacionado à adoção de “novos dispositivos e ferramentas de gestão da informação”. A resposta “sim” na referida variável denota, segundo o IBGE, que as firmas industriais adotaram ou utilizaram plataformas de *Electronic Data Interchange* (EDI) ou de *Enterprise Resource Planning* (ERP) no período de 2001 a 2003.

Dentre as variáveis de controle, há: variáveis *dummy* setoriais que seguem a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) com o nível de agregação de três dígitos e refletem as condições gerais e relevantes de todas as firmas que se encontram no mesmo setor produtivo, procurando indicar o regime tecnológico prevalecente; variáveis *dummy* de unidade da federação que procuram refletir as especificidades de cada Estado brasileiro; e, por fim, a retenção de funcionários é uma variável contínua criada com base no cadastro da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego, que procura refletir o índice de retenção de funcionários de cada empresa da amostra.

A construção desta última variável obedeceu à seguinte metodologia: tomou-se o estoque de funcionários da firma em 01/01/2003 e foram adicionadas as contratações em cada firma até 31/12, totalizando o número de empregados (e); foram verificados os demissionários do mesmo ano (d), isto é, aqueles que deixaram a empresa entre 01/01 e 31/12/2003. A retenção de cada firma foi determinada pela fórmula $r = (e - d)/e$. Para eliminar a influência do setor de atividade (alguns setores têm maior rotatividade

que outros), foi criado um índice de retenção em relação a cada setor (CNAE 3), da seguinte maneira: obteve-se a média de retenção de cada setor, representada por μ . A seguir, obteve-se o índice de retenção da firma frente ao seu setor $\alpha = (r - \mu) / \mu$. O índice α constitui a variável.

O que sustenta a utilização desta variável é a suposição de que existem firmas que possuem como estratégia a retenção de funcionários, uma vez que tenderiam a dar maior importância ao conhecimento retido pelo empregado, fator determinante para a produtividade do trabalho. Com isso, espera-se que a retenção produza impacto positivo na produtividade do trabalhador.

ESTIMAÇÃO E RESULTADOS

A utilização do *software* Stata para estimação do modelo por mínimos quadrados generalizados (MQG) leva em conta, automaticamente, todas as propriedades a que se deve ater para que os coeficientes estimados sejam considerados MELNV (Melhor Estimador Linear Não Viesado). Dentre essas propriedades está a presunção de que os erros possuem variância constante ou igual (homocedasticidade).

Há que se ressaltar que os erros representam todas as variáveis que são correlacionadas com a variável dependente, mas que não foram especificadas no modelo. Quanto melhor a especificação, menores serão as perturbações no modelo. O coeficiente de determinação R^2 estabelece a proporção das variações na variável dependente explicadas por variações nas variáveis explicativas. Quanto maior R^2 , maior a capacidade de o modelo explicar o fenômeno. Em análises de corte transversal (*cross-section*), R^2 dificilmente ultrapassa 40%, por conta da grande heterogeneidade dos fatores que afetam o desempenho individual de cada trabalhador.

No entanto, sabe-se que a hipótese de homocedasticidade, embora não altere o coeficiente estimado, produz discrepâncias na estimação dos erros-padrões, o que prejudica a realização de testes de hipóteses, uma vez que o estimador deixa de ser o MELNV. Por conta disso, o modelo foi estimado de forma robusta, isto é, supondo a heterocedasticidade ou variâncias diferentes para cada firma, e as devidas correções foram feitas automaticamente pelo *software*.

A Tabela 2 reporta os resultados estimados relacionados aos efeitos da adoção de tecnologia da informação sobre a produtividade do trabalhador da indústria brasileira.

A interpretação dos resultados estimados mostra que os dados acerca da indústria de transformação brasileira

indicam que o número de trabalhadores contratados pela firma afeta positivamente a produtividade do trabalho. Os dados indicaram que a elasticidade da produtividade do trabalhador em relação ao pessoal ocupado é de 1,1027, isto é, a elevação de 1% no nível do pessoal ocupado implica, em média, a elevação da produtividade da mão-de-obra de 1,1%; portanto, mais que proporcional à elevação do insumo trabalho. Isso indica que a média da indústria encontra-se abaixo da fronteira de eficiência, numa região onde há retornos crescentes de escala.

Outra constatação é de que a elasticidade do estoque de capital físico atingiu 0,1335; a interpretação do parâmetro estimado é similar àquela que foi feita com o pessoal ocupado. Por isso, os dados nos permitem dizer que a elevação de 1% no estoque de capital eleva a produtividade da mão-de-obra em 0,13%.

A *dummy* de exportação indica que firmas exportadoras tendem a ser mais produtivas que as demais, mantidas todas as outras variáveis constantes. Em nosso modelo, a produtividade do trabalhador é quase 42,44% superior em firmas com inserção no mercado internacional. (Para o cálculo desse percentual, utilizou-se a seguinte fórmula: $(e^{\beta} - 1) * 100$, onde e é o exponencial e β é o coeficiente estimado.) Tal resultado é condizente com o obtido por

Arbix, Salerno e De Negri (2005).

Com relação ao controle de capital, os resultados indicam que firmas transnacionais também tendem a empregar, em média, trabalhadores mais produtivos que as congêneres nacionais. O impacto na produtividade decorrente do fato de a firma ser de controle estrangeiro é de 27,82%, segundo os dados utilizados.

A variável capacidade de absorção também apresentou resultado interessante. Firms dotadas de tal capacidade possuem trabalhadores 9,34% mais produtivos que as demais, em média.

No que diz respeito ao nível de educação formal dos trabalhadores, captada pelo tempo de estudo médio em cada firma, o impacto foi positivo, conforme esperado, de maneira que a elevação de 1% no tempo de estudo (medido em meses) elevaria a produtividade do trabalhador em aproximadamente 0,54%.

A retenção de funcionários também se revelou estratégia importante para as empresas. A elevação de uma unidade no índice de retenção de empregados das firmas implica aumento de quase 0,27% na produtividade do trabalhador, de acordo com os dados utilizados.

Por fim, analisando nossa principal variável de interesse, observou-se que as firmas que utilizam tecnologia da

Tabela 2 - Efeitos da adoção de tecnologia da informação sobre a produtividade do trabalhador da indústria brasileira¹

VARIÁVEL DEPENDENTE: LN (VTI/PO)	MÉTODO DE ESTIMAÇÃO: MÍNIMOS QUADRADOS GENERALIZADOS (MOG)	
Variáveis explicativas	Coefficientes	Erros-padrão
Intercepto	6,5540*	0,3217
Ln Pessoal Ocupado	1,1027*	0,0260
Ln estoque de capital	0,1335*	0,0109
<i>Dummy</i> Tecnologia da Informação	0,1244*	0,0473
<i>Dummy</i> Capital Estrangeiro	0,2455*	0,0574
<i>Dummy</i> Exportação	0,3538*	0,0400
Ln Tempo de Estudo Médio	0,5478*	0,0854
Índice de retenção de funcionários	0,2686*	0,0362
<i>Dummy</i> de Capacidade de Absorção	0,0893*	0,0417
Estatísticas do modelo	F = 154,02***	
	N = 7415 (26776, com fator de expansão)	
	R ² = 0,4347	
	R ² - ajustado = 0,4318	

Fonte: PINTEC/IBGE, PIA/IBGE, Secex/MDIC, CCE/Bacen e Rais/MTE.

¹ Coeficientes das *dummies* por setor e Estado não-reportadas. Foram utilizados empresa doméstica, empresa não exportadora, a CNAE 151 e o Estado de Rondônia como base das variáveis *dummies* por setor de atividade e unidade da federação, respectivamente.

* Significativo a 1%.

informação possuem trabalhadores quase 13,24% mais produtivos do que as que não adotam TI. Tal resultado é bastante significativo e corrobora a hipótese norteadora deste trabalho.

De fato, o resultado era esperado. Afinal, a utilização de TI pode abreviar os tempos de processamento de pedidos, bem como reduzir prazos de entrega de mercadoria ou serviços, ou mesmo permitir a redução de incerteza, elemento bastante relevante para a tomada de decisão. Além disso, a elevação da produtividade pode gerar impactos positivos para o gerenciamento de custos de produção e para a qualidade de processos e produtos ou mesmo para o atendimento ao cliente.

Para Albertin e Albertin (2005, p. 30), “todos os problemas de produtividade são geralmente associados à má qualidade”. Por isso, há necessidade de despender esforços de integração da TI a todo o negócio, de maneira que todas as atividades da empresa, do “chão da fábrica” à direção, possam ser positivamente afetadas.

A adoção da TI e suas relações com a elevação da produtividade estão imbricadas com outros fatores críticos de sucesso da firma, como a flexibilidade no desenvolvimento de produtos e processos e a capacidade de geração de inovações. No primeiro caso, há que se pensar em introduzir modificações que levam a processos ou produtos inteiramente novos ou significativamente aprimorados (as inovações). Essas, por sua vez, são capazes de afetar a própria capacidade de produção da firma, além de possibilitar à empresa a exploração de novos mercados.

Os resultados desta pesquisa permitem elucidar um fato estilizado interessante acerca da indústria brasileira. Ainda que a adoção de TI seja muito incipiente no setor, os dados indicam que as empresas adotantes de tais tecnologias possuem, em média, trabalhadores mais produtivos. À medida que esses constituem provavelmente o maior ativo das organizações, isto fatalmente se reflete em graus de competitividade mais elevados.

A TI implica, portanto, mais chances de sobrevivência num ambiente de competição acirrada, bem como possibilidades maiores de crescimento sustentável da empresa, seja nos mercados em que ela já atua, seja naqueles em que a firma se lança em busca de novas oportunidades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo evidencia que a adoção de tecnologia da informação afeta positivamente a produtividade da mão-de-obra. O resultado é consistente com os últimos trabalhos empíricos realizados internacionalmente.

O estudo, realizado com base na integração de diferentes bases de dados, restringiu a investigação às firmas com pelo menos 30 trabalhadores, perfazendo um total de 26.776 unidades produtivas pertencentes à indústria de transformação brasileira.

Os resultados aqui relatados estão plenamente em consonância com as principais teses defendidas pela literatura teórica (ALBERTIN e MOURA, 2004), assim como em consonância com os resultados obtidos pela maioria dos trabalhos empíricos recentes.

De fato, as diferenças e especificidades inerentes às bases de dados nacionais, utilizadas neste artigo, e aquelas adotados nos trabalhos internacionais, anteriormente descritos, impedem a realização de comparações entre as análises realizadas. Há que se ressaltar que, em verdade, nunca houve a intenção de fazê-las. No entanto, é importante evidenciar que, embora exista em média grande abismo tecnológico entre empresas dos países centrais e firmas brasileiras, percebe-se que a adoção de TI tende a se tornar uma realidade cada vez mais comum em nosso país.

A contribuição deste artigo repousa justamente nesta tese: a TI já representa, pelo menos em média, fator crítico de sucesso no segmento industrial.

Os resultados, embora esperados, devem ser encarados com certa parcimônia. Primeiro porque é necessário enfatizar que existe grande heterogeneidade quanto ao tipo de tecnologia da informação adotada pelas firmas industriais. Infelizmente, os dados disponíveis não permitem ao pesquisador distinguir as diferenças de intensidade e os níveis de adoção da TI pela firmas. Segundo, porque a técnica de estimação utilizada permite aferir coeficientes que representam médias da indústria de transformação, referentes apenas ao ano de 2003.

É saudável, sob muitos aspectos, retomar o tema da pesquisa, inclusive utilizando-se de diferentes técnicas. À medida que novas pesquisas sejam divulgadas e, por conseguinte, novos dados estejam disponíveis, poder-se-ia abandonar abordagens estáticas (como a realizada neste artigo) e investir em perspectivas dinâmicas, em que se permite acompanhar o desempenho da empresa ao longo do tempo. A utilização das técnicas de *Propensity Score Matching* (PSM) e de dados de painel (*Panel Data*) poderia permitir a obtenção de novas e mais interessantes contribuições. Há clara intenção dos autores de prosseguir neste sentido.

Por último, há que se relatar dificuldade importante enfrentada ao longo do processo da pesquisa. Ainda não há, no âmbito das bases de dados utilizadas ou mesmo de outras disponíveis no Brasil, estabilidade quanto ao conceito e definições acerca da tecnologia de informação. Por conta disso, o pesquisador interessado no tema

obriga-se a utilizar *proxies*, que podem e devem ser sujeitas a críticas.

Deve-se pensar, portanto, em estratégias para sensibilizar os institutos responsáveis pelas coletas de dados para a necessidade de maior cuidado na elaboração dos planos de pesquisa e, por conseqüência, dos questionários que serão levados a campo. Acredita-se que tais questões já façam parte das preocupações dos organismos oficiais, como o IBGE; no entanto, parece ser adequado ressaltar a urgência de medidas nesse sentido.

REFERÊNCIAS

- ALBERTIN, A; ALBERTIN, R. *Tecnologia de informação e desempenho empresarial: as dimensões de seu uso e sua relação com os benefícios de negócio*. São Paulo: Atlas, 2005.
- ALBERTIN, A; MOURA, R. (Org.) *Tecnologia de informação*. São Paulo: Atlas, 2004.
- ALBERTIN, A; MOURA, R. Amplie seus horizontes. *Informationweek*, 6 nov. 2002.
- ARBIX, G; SALERNO, M; DE NEGRI, J. In: DE NEGRI, J. A, SALERNO, M. (Org.) *Inovações: padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras*. Brasília: Ipea, 2005.
- BARTEL, A; ICHNIOWSKI, C; SHAW, K. *How does information technology really affect productivity? Plant-level comparisons of product innovation, process improvement and worker skills*. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 122, n. 4, p. 1721-1758, 2007.
- COBB, C. W; DOUGLAS, P. H. A theory of production. *American Economic Review*, v. 18, n. 128, Supplement, p. 139-172, 1928.
- COHEN, W. M; LEVINTHAL, D. A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, v. 35, n. 1, Special Issue: Technology, Organizations, and Innovation, p. 128-152, 1990.
- CRÉPON, B; HECKEL, T; RIEDINGER, N. *Information technologies and productivity: microeconomic evidence from France*. Centre de Recherche en Économie et Statistique – CREST. Working Paper, Mimeo, 2003.
- CROWLEY, P. *Sources and resources of EU innovation*. Eurostat. Statistics in Focus. *Science and Technology*, Theme 9-5, 2004.
- DE NEGRI, J. *Rendimentos crescentes de escala e o desempenho exportador das firmas industriais brasileiras*. 2003. 183 p. Tese de Doutorado em Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.
- DE NEGRI, J; FREITAS, F. *Inovação tecnológica, eficiência de escala e exportações brasileiras*. Texto para Discussão n. 1.044. IPEA: Brasília, 2004.
- GERA, S; GU, W; LEE, F. Information technology and labour productivity growth: an empirical analysis for Canada and the United States. *The Canadian Journal of Economics*, v. 32, n. 2, Special Issue on Service Sector Productivity and the Productivity Paradox, p. 384-407, 1999.
- GIOVANNETTI, B; MENEZES-FILHO, N. Tecnologia e demanda por qualificação na indústria brasileira. In: DE NEGRI, J; DE NEGRI, F; COELHO, D. (Org) *Tecnologia, exportação e emprego*. Brasília: IPEA, 2006.
- GREENAN, N; MAIRESSE, J; TOPIOL-BENSAID, A. *Information technology and research and development impacts on productivity and skills: looking for correlations on French Firm Level Data*. NBER Working paper n. 8075. Jan. 2001.
- GÖTZFRIED, A. *High-technology and knowledge-intensity leading to more value added, innovation and patents*. Eurostat. Statistics in Focus. Science and Technology, n. 8, 2005.
- GREENE, W. H. *Econometric analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 2000.
- JORGENSON, D. *Economic growth in the information age*. Cambridge: MIT Press, 2002.
- JORGENSON, D; MOTOHASHI, K. *Information technology and the japanese economy*. NBER Working Paper n. 11801. Nov. 2005.
- LASTRES, H; FERRAZ, J. Economia da informação, do conhecimento e do aprendizado. In: LASTRES, H; ALBAGLI, S. *Informação e globalização na era do conhecimento*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- MATTEUCCI, N; STERLACCHINI, A. *ICT, R&D and productivity growth: evidence from Italian manufacturing firms*. Università Politecnica delle Marche. Mimeo. Febr. 2005.
- MELLO, E. *Produtividade total dos fatores, mudança técnica, eficiência técnica e eficiência de escala na indústria brasileira: 1996 – 2000*. 2003. 87 p. Dissertação de Mestrado em Economia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- MENDERHAUSEN, H. On the significance of professor Douglas' Production Function. *Econometrica*, v. 6, n. 2, p. 143-153, 1938.
- MORANDI, L; REIS, E. Estoque de capital fixo no Brasil, 1950-2002. In: ENCONTRO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA, 2004, João Pessoa. *Anais*. João Pessoa: ANPEC, 2004.
- OSLO manual: proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data. Paris: OECD: *Statistical Office of the European Communities*, 1997.
- REZENDE, D; ABREU, A. *Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informação empresariais*. São Paulo: Atlas, 2000.
- SARGENT, T; RODRIGUEZ, E. Labour or total factor productivity: do we need to choose? *International Productivity Monitor*, v. 1, n.1 p. 41-44, 2000.
- YOUNG, A. The tyranny of numbers: confronting the statistical realities of the East Asian growth experience. *Quarterly Journal of Economics*, v. 110, n. 3, p. 641-680, 1995.