

Tecnologia da Informação e produtividade: evidências para a indústria brasileira a partir de dados em nível da firma

Marco Aurélio Alves de Mendonça^{*}

Fernando Freitas^{**}

Jano Moreira de Souza^{***}

Resumo

O artigo tem por objetivo mensurar os impactos decorrentes da adoção de ferramentas 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.

Abstract

The article has a central objective: to verify the current impacts of the adoption of information technologies to labour productivity of the Brazilian industrial firms. We used a sample of 26.776 firms, which data are from the Annual Industrial Survey (PIA) and from the Industrial Survey of Technological Innovation, both provided by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE); from the Annual Relationship of Social Information (RAIS) of Department of Labor and Job (MTE); of the General Office of External Trade (SECEX) of the Ministry of Development, Industry and External Trade (MDIC); and from the Census of Foreign Capitals, of the Central Bank of Brazil.. The Brazilian Applied Economics Research Institute (IPEA) organized the database. The cross-section econometric model focus 2003. The results indicate that the adoption of TI produces positive effects to the works' productivity.

* Técnico de planejamento e pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

** Consultor do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

*** Professor do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação (PESC), do Instituto Alberto Luiz Coimbra (COPPE), da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Introdução

Os impactos decorrentes da adoção e da difusão das chamadas tecnologias de informação (TI) se fizeram presentes em quase todos os setores da economia e da sociedade, nos últimos 30 anos. O nível de profundidade com que tais tecnologias afetaram a atividade produtiva foi de tal forma significativa que, para alguns teóricos, implicou o surgimento de um novo paradigma tecno-econômico - PTE¹, isto é, um conjunto de novas combinações de vantagens políticas, sociais, econômicas e técnicas, tornando-se o estilo dominante durante uma longa fase de crescimento e desenvolvimento econômico.

O atual PTE é baseado nas tecnologias de informação (TI) e, em princípio viria a contrapor-se ao chamado modelo fordista, uma vez que é visto como uma 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 modelo fordista, 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 & Ferraz (1999: p.38), “os esforços mais bem sucedidos foram aqueles que lograram desenvolver e difundir o novo padrão tecno-econômico, baseado nas tecnologias da informação”.

O novo paradigma é visto como baseado em um conjunto interligado de inovações em computação eletrônica, engenharia de software, sistemas de controle e telecomunicações, que reduziram drasticamente os custos de armazenagem, processamento, comunicação e disseminação de informações. O fator-chave é o microprocessador que possui as três

¹ A noção de paradigma tecno-econômico (PTE) busca elucidar as transformações estruturais periodicamente enfrentadas pelas sociedades. O PTE indica o resultado do processo de seleção de uma série de combinações viáveis de inovações (técnicas, organizacionais e institucionais), provocando transformações que permeiam toda a economia e exercendo importante influência no comportamento da mesma. Três são suas características principais: amplas possibilidades de aplicação por empresas, governos e a sociedade em geral; demanda crescente por novos produtos e serviços; e queda persistente no seu custo unitário dos produtos, serviços e da própria tecnologia. (*ibidem*, pp.32-33).

características descritas há pouco: ampla aplicabilidade, crescente demanda e custo decrescente paralelamente à crescente capacidade técnica.²

As tecnologias de informação afetam, embora de forma desigual, todas as atividades econômicas: setores maduros, como o têxtil, rejuvenescem; surgem novas indústrias, como o software, que constituem a base de novo processo de desenvolvimento. A indústria automobilística, por exemplo, – cerne da era industrial – produz atualmente automóveis que possuem mais tecnologia embarcada que os primeiros foguetes que levaram o homem ao espaço. Essas tecnologias tornaram-se, então, fundamentais para as gestões pública, privada e individual, implicando melhorias na capacidade produtiva dos agentes econômicos. (HARVEY: 1999)

Entretanto, muitos trabalhos empíricos nem sempre comprovaram a intuição de que haveria uma correlação positiva entre adoção de TI e produtividade, por exemplo. Durante as décadas de 1970 e 1980, as investigações acerca dos impactos da TI e suas implicações para a produtividade não produziram evidências conclusivas. Contrariando a intuição de todos, alguns trabalhos chegaram a reportar correlação negativa entre TI e produtividade³.

Como consequência, cunhou-se a expressão *paradoxo da produtividade dos computadores*, que ilustrava a frustração que intrigava pesquisadores e homens de negócio, uma vez que as estatísticas da época não produziram evidências de que a tecnologia da informação incrementaria a produtividade. Duas possíveis explicações para o fenômeno decorrem de um possível custo de aprendizado no uso das ferramentas e a existência de uma necessária lacuna temporal para que a TI pudesse produzir impactos positivos e significativos na produtividade. Nenhuma das duas hipóteses foi testada neste trabalho.

Apenas posteriormente, em meados da década de 1990, com o desenvolvimento de novas técnicas de estimação e o aparecimento de novos conjuntos de dados em nível da firma

² A microeletrônica aplicada às atividades econômicas resolve alguns dos desafios que a sociedade industrial se impôs, ao longo de seu desenvolvimento: a diminuição dos tempos mortos, o controle e gerenciamento de informações e o aumento da variedade de insumos e produtos. (LASTRES: 1999 p.33).

(*firm level*), os estudos puderam produzir resultados condizentes com o esperado, isto é, que a correlação entre TI e produtividade apresenta-se de forma positiva.

Neste artigo, parte-se exatamente desta última hipótese. Objetiva-se mensurar os impactos da adoção de TI especificamente na produtividade do trabalhador⁴ das firmas da indústria de transformação brasileira no período de 2001 a 2003, a partir dos dados da segunda edição da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), publicada em outubro de 2005. Para tanto, foi realizada a estimativa 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, realiza-se revisão de literatura a respeito da investigação empírica acerca do tema estuda; na seção 3 apresenta-se o quadro teórico a partir do qual se baseia o modelo estimado empiricamente. Na seção 4 são descritos os dados utilizados e algumas estatísticas selecionadas. A seção 5 refere-se à análise econométrica propriamente dita. Nesta seção são descritas a metodologia empregada e as variáveis utilizadas, bem como os resultados obtidos por meio da estimativa. A última seção apresenta as considerações finais do trabalho.

³ BERNDT, E.; MORRISON, C. High-tech Capital Formation and Economic Performance in U.S. Manufacturing Industries: an exploratory analysis, *Journal of Econometrics* 65: 9-43, 1965.

⁴ A produtividade do trabalhador é uma medida parcial da produtividade da empresa. Não há consenso sobre a melhor forma de mensurar o fenômeno. Para maiores esclarecimentos sobre o debate, ver (SARGENT; RODRIGUEZ: 2000).

2. Adoção de tecnologia da informação e produtividade

Há cerca de duas décadas a correlação entre a adoção de tecnologia da informação (TI) e a produtividade não era tão clara, sendo fonte de ardoroso debate. Nos anos 1980 e na primeira metade dos 1990 os trabalhos empíricos geralmente não obtinham resultados condizentes com a intuição de que investimentos em TI estariam associados positivamente a incrementos na capacidade de produzir.

Apenas a partir de meados da década passada, quando se tornaram disponíveis novos conjuntos de dados e novas metodologias, foi possível comprovar que a TI é correlacionada positivamente não apenas com a produtividade das empresas, mas também com o crescimento econômico.

Até então, acadêmicos e homens de negócios haviam se acostumado à expressão *paradoxo da produtividade dos computadores*⁵. A despeito da promessa de levar a cabo a “maior revolução tecnológica que o homem conheceu” (SNOW: 1966)⁶, a desilusão e a frustração com a tecnologia da informação tornara-se evidente (ZACHARY: 1991)⁷.

Por isso, o interesse no paradoxo da produtividade passou a engendrar um número significativo de trabalhos acadêmicos. Antes da década de 1990, pouca evidência sobre os efeitos da TI na produtividade foi encontrada. No entanto, em meados desta década, os pesquisadores passaram a utilizar dados em nível da firma (*firm level data*), os quais, finalmente, permitiram aferir, de forma mais acurada, os impactos decorrentes da adoção de TI pelas empresas.

Por conta disso, um número crescente de estudos passou a reportar os efeitos positivos da TI em várias medidas de performance econômica. O consenso, entretanto, ainda está longe

⁵ Embora o estoque de computadores nas empresas norte-americanas tivesse crescido mais de 200% na década de 1970, a produtividade, especialmente no setor de serviços, parecia estar estagnada. (BRYNJOLFSSON; HITT: 1995).

⁶ SNOW, C.P. Government Science and public policy. Science, vol.151 : 650-653, 1966.

⁷ ZACHARY, G. P. Computer Data overload limits Productivity Gains. Wall Street Journal, November 11, pp.B1, 1991.

de existir, embora, hoje, seja bastante razoável trabalhar com a hipótese de que a tecnologia da informação está positivamente correlacionada com a produtividade.

2.1 Revisão de literatura

Greenan,Mairesse e Topiol-Bensaid⁸ (2001) realizaram estudo descritivo dos dados acerca de firmas francesas, com o objetivo de explorar correlações entre indicadores de tecnologia da informação (TI), P&D e medidas de produtividade do trabalho. Os autores utilizaram-se de quatro amostras de dados de painel relacionados a empresas industriais e do setor de serviços para os períodos de 1986-1990 e 1990-1994. O principal indicador relacionado a TI consistiu na razão entre os gastos em equipamentos de escritório e computadores e gastos totais em ativos físicos, com objetivo de aferir a proporção dos ativos físicos destinados à TI. Foram encontradas fortes evidências de que a adoção de TI se correlaciona positivamente com a produtividade do trabalho.

Jorgenson⁹ (2002) desenvolveu trabalho com foco macroeconômico, onde constatou que uma parte substancial da retomada do crescimento econômico norte-americano após 1995 pode ser atribuído à TI. Em outro trabalho, realizado em parceria com Motohashi¹⁰, os autores estimaram fronteiras de possibilidades de produção com objetivo de comparar as fontes de crescimento econômico das economias de Estados Unidos e Japão, no período de 1975 a 2003, focalizando o papel da tecnologia da informação. Assim, concluíram que a expansão dos investimentos em equipamentos de TI e *software*, durante a última metade dos anos 1990, foi acompanhada por um crescimento da produtividade tanto nos EUA quanto no país oriental.

Gera, Gu e Lee¹¹ (1999) estimaram equações de corte transversal empilhadas (*pooled regressions*) levando em conta 27 indústrias, em 5 sub-períodos (1971-75; 1976-79; 1980-

⁸ 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 No. 8075. January, 2001.

⁹ Jorgenson, D. Economic Growth in the Information Age. Cambridge, The MIT Press, 2002.

¹⁰ Jorgenson, D.; Motohashi, K. Information Technology and the Japanese Economy. NBER Working Paper No. 11801. November, 2005.

85; 1986-89; 1990-93), onde regrediam a taxa de crescimento média da produtividade do trabalho. Os autores assumiram que o processo de produção modelado por uma função do tipo Cobb-Douglas¹² e atestaram que os investimentos em TI são importante fonte de crescimento da produtividade da força de trabalho, tanto nos Estados Unidos 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 Riedinger¹³ (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 impactam 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 Eletronic Data Interchange (EDI), por suas vez, melhora a eficiência de jovens trabalhadores de forma geral.

Matteucci e Sterlacchini¹⁴ (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; neste 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 desfasagem temporal entre a adoção de TI e melhoria da performance da firma.

¹¹ Gera, S; Gu, W; Lee; F. Information Technology and Labour Productivity Growth: na empirical analysis for Canada and the United Sates. *The Canadian Journal of Economics*, Vol. 32, No.2, Special Issue on Service Sector Productivity and the Productivity Paradox (Apr., 1999), pp.384-407.

¹² Cobb, C. W.; Douglas, P. H. A Theory of Production. *American Economic Review*, 18 (1), 128, Suplement, 139-72, 1928.

¹³ Crépon, B; Heckel, T; Riedinger, N. Information Technologies and Productivity: microeconometric evidence from France. Centre de Recherche en Économie et Statistique – CREST. Working Paper. November, 2003.

¹⁴ Matteucci, N; Sterlacchini, A. ICT, R&D and Productivity Growth: evidence from Italian manufacturing firms. Università Politecnica delle Marche. Working paper. February 2005.

Bartel, Ichiniowski e Shaw¹⁵ (2005) 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.

3. Quadro teórico

Grande parte dos trabalhos empíricos relacionados à investigação dos impactos da adoção da tecnologia da informação na performance econômica das empresas baseia-se na teoria da produção neoclássica para estimar os efeitos dos fatores produtivos na quantidade produzida. Tal teoria assume que os recursos utilizados pela empresa podem ser relacionados ao nível de produto por meio de uma função de produção.

As funções de produção originaram-se do trabalho pioneiro de Cobb e Douglas¹⁶. O objetivo inicial dos autores foi testar hipóteses relacionadas à teoria da produtividade marginal e competitividade no mercado de trabalho, por meio de dados macroeconômicos (*macro data*).

Muitas críticas emergiram contra o *framework* em questão. Menderhausen¹⁷, por exemplo, argumentou que os dados usados por Douglas eram afetados por multicolinearidade, o que tornava os coeficientes estimados não razoáveis. Isto porque, argumentou, as variáveis referentes aos recursos (*input*) determinariam as mesmas forças, na verdade a escala de produção.

Posteriormente, no entanto, o ferramental ligado às funções de produção deixou de referenciar exclusivamente a esfera macro e passou também a enfocar a dimensão da firma,

¹⁵ Bartel, A.; Ichiniowski, C.; Shaw, K. How Does Information Technology Really Affect Productivity? Plant-Level Comparisons of Product Innovation, Process Improvement and Worker Skills. NBER Working Paper No. 11773. November 2005.

¹⁶ Cobb, C.W.; Douglas, P. H. A Theory of Production. *American Economic Review*, 18 (1), 128, Suplement, 139-72, 1928.

microeconômica, onde 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:

$Q = A K^\alpha L^\beta$, onde A , α e β são constantes determinadas pela tecnologia¹⁸. Assim:

$Q = F(K, L)$, onde:

Q : nível de produto;

K : estoque de capital (ou recursos fixos);

L : quantidade de mão de obra empregada.

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

$\ln Q = \beta_0 + c \ln K + \beta_2 \ln L + \varepsilon$, onde:

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.

¹⁷ Mengerhausen, H. On the Significance of Professor Douglas' Production Function. *Econometrica*, 6 (2), 1938, 143-153.

¹⁸ 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.

Nesta formulação, o coeficiente β_0 representaria o intercepto da reta de regressão e β_1 e β_2 representam as elasticidades¹⁹ do nível de produto em relação aos recursos utilizados na atividade produtiva, onde a mudança percentual no nível de produto é decorrente da mudança de 1% na quantidade de recurso empregada.

3.1 Produtividade do trabalho como variável dependente

A variável dependente utilizada neste trabalho é determinada a partir da função de produção Cobb-Douglas. Como o objetivo é verificar os impactos da tecnologia da informação na produtividade do trabalhador para todo o conjunto de firmas da indústria de transformação brasileira, realizou-se a seguinte transformação:

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

Com a utilização de logaritmos neperianos, obtém-se:

$$\ln Q = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L \quad (2)$$

Utiliza-se o artifício de subtrair cada lado da equação por $\ln L$, obtendo-se:

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

A partir de 3, utilize-se propriedade da subtração de logarítmos, a equação a ser estimada:

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

4. Conjunto de dados

¹⁹ As elasticidades podem ser traduzidas como o produto marginal, isto é, a quantidade adicional de produto provida em decorrência do acréscimo de uma unidade de um recurso produtivo, mantidos todos os demais constantes.

O artigo é resultado de uma análise *cross section* (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.

Para tanto, utilizou-se de 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.

O banco de dados foi organizado pelo IPEA, mas este 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/MDIC²⁰. A raiz de ligação das bases de dados é o Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) das firmas.

O presente trabalho se apóia na PINTEC²¹ como base de referência. Existem duas edições desta 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; e 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 10 ou mais trabalhadores. A amostragem utilizada²² na pesquisa é do tipo estratificado desproporcional.

²⁰ O acesso às informações necessárias ao trabalho seguiu rigorosamente os procedimentos que garantem o sigilo de informações restritas.

²¹ A referência teórica da PINTEC é o Manual de Oslo.

²² Um dos grandes diferenciais da PINTEC em relação as demais pesquisas de inovação do mundo é a forma de coleta de dados. Enquanto que nos demais países a coleta se dá por correio, os resultados da PINTEC

Por considerar a inovação tecnológica um caso raro, o IBGE definiu três estratos: um estrato certo, onde 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 (12%).

Para a estimativa dos resultados foi considerado o peso amostral, de forma que os resultados da PINTEC possam representar todas as firmas industriais com 10 ou mais trabalhadores no Brasil. A taxa de resposta foi de aproximadamente 92%.

Na estimativa do modelo utilizado, utilizou-se o *software* Stata.

4.1 Resultados preliminares

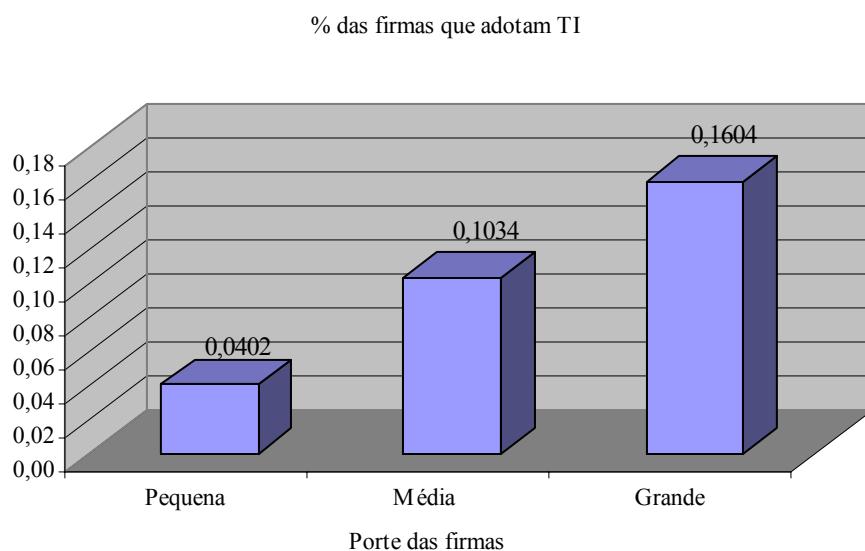
É de se esperar que a adoção de tecnologias da informação aconteça em maior escala ou com mais intensidade em firmas com maior capacidade financeira. Também é razoável dizer que empresas maiores possuem, em média, maiores recursos financeiros que as demais.

foram obtidos através de entrevistas assistidas, para empresas com mais de 500 empregados, e por telefone para o restante da amostra.

O gráfico 1 ilustra exatamente a intuição descrita acima. 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; médias, de 50 a 249; e grandes, acima de 249 funcionários²³. Sendo assim, pode-se perceber que a adoção de TI é mais freqüente em companhias de maior porte. Segundo os dados do IBGE, 16% das grandes empresas industriais brasileiras adotaram novas ferramentas de TI; 10% das médias o fizeram; e apenas 4% das pequenas foram adotantes, todas entre 2001 e 2003.

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

Gráfico 1: Percentual das firmas adotantes de TI entre 2001 e 2003, segundo o porte



Fonte: Elaboração dos autores com base na PIA e PINTEC, do IBGE.

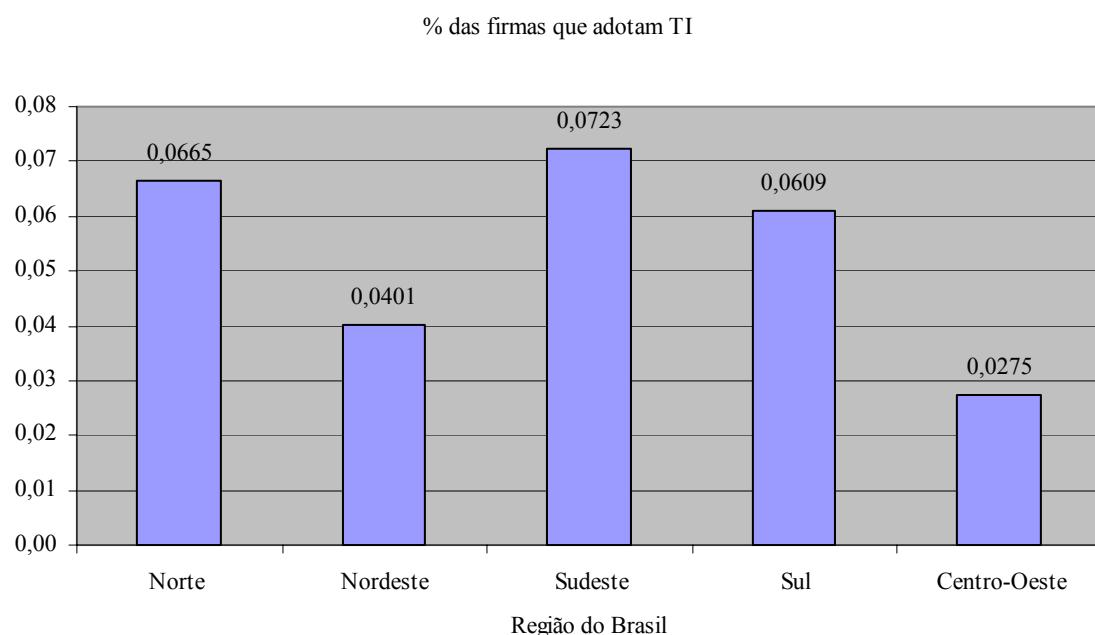
No que diz respeito à distribuição regional, os dados indicam que as tecnologias de informação se fizeram mais presentes nas regiões mais desenvolvidas do país, conforme era

²³ Crowley, P. Sources and Resources of EU Innovation. Eurostat. Statistics in Focus. Science and

esperado em princípio. Conforme ilustra o gráfico 2, percebe-se que 7,23% das empresas localizadas na região Sudeste adotaram ferramentas de TI, 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 eletro-eletrônicos, 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 este fator na estimativa do modelo econométrico.

**Gráfico 2: Percentual das firmas adotantes de TI entre 2001 e 2003,
segundo a região do País**



Fonte: Elaboração dos autores com base na PIA e PINTEC, do IBGE.

É interessante ressaltar as estatísticas descritas pelo gráfico 3, cujo foco de atenção reside no aspecto setorial. Neste exercício, as firmas foram categorizadas segundo a classificação do Eurostat²⁴ por intensidade tecnológica. 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 eletro-eletrônicos atingiram a marca de 12%; enquanto o setor de máquinas obteve aproximadamente 9% de adoção.

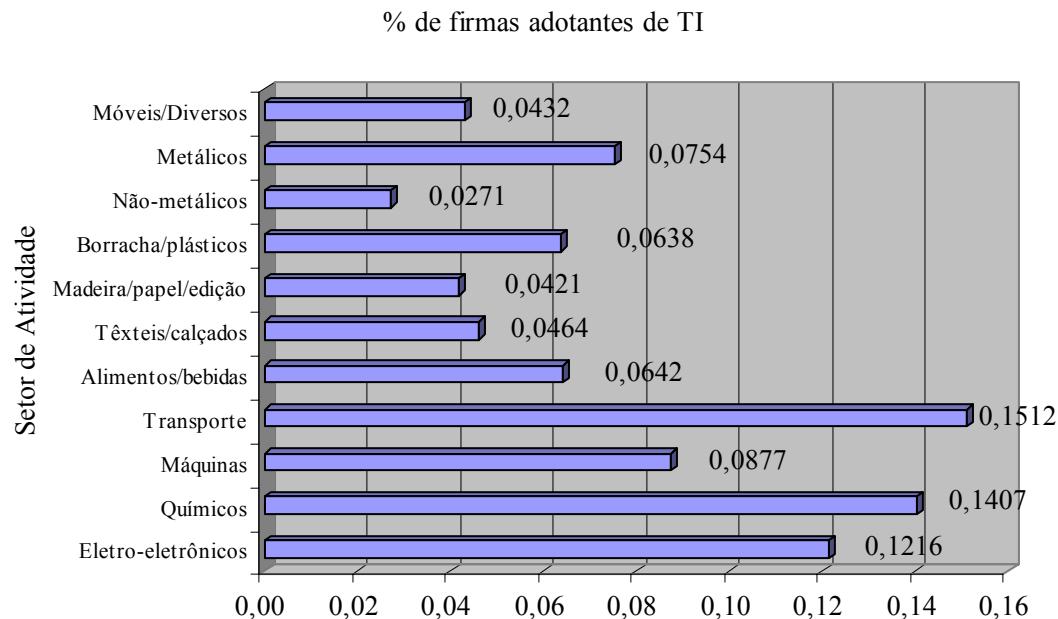
Segundo o Eurostat, os setores mais intensivos em conhecimento são: aeroespacial²⁵, farmacêuticos, computadores e equipamentos de escritório, eletrônicos e comunicações e instrumentos científicos. A classificação utilizada pelo órgão europeu foi harmonizada com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), com desagregação em três dígitos.

Os resultados descritos no gráfico 3 evidenciam 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.

Gráfico 3: Percentual das firmas adotantes de TI entre 2001 e 2003, segundo o setor de atividade econômica

²⁴ Götzfried, A. High-technology and Knowledge-intensity leading to more Value added, Innovation and Patents. Eurostat. Statistics in Focus. Science and Technology. 8/2004.

²⁵ No Brasil, alguns dos principais programas de Inovação, Ciência e Tecnologia, do Plano Plurianual (PPA), do Governo Federal, estão concentrados em projetos oriundos do Ministério da Defesa.



Fonte: Elaboração dos autores com base na PIA e PINTEC, do IBGE.

A tabela 1 permite elucidar alguns pontos interessantes deste trabalho. O primeiro ponto importante diz respeito à variável dependente utilizada no modelo, a produtividade do trabalhador. Empresas que adotam ferramentas de gestão da informação possuem, em média, empregados com produtividade significativamente maior *vis a vis* a empresas que não adotam GI.

Conforme o esperado, as adotantes são firmas maiores, tanto pelo critério de pessoal ocupado quanto pelo estoque de capital.

O percentual de estrangeiras entre as firmas adotantes de GI 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.

**Tabela 1 - Comparação entre adotantes e não adotantes
de Ferramentas de Gestão da Informação (GI)**

Características da firma	Adota GI	Não adota GI
Produtividade (média em R\$)	58985,01	28090,22
Pessoal Ocupado (média)	471,76	111,9
Estoque de Capital (em R\$)	47900000	5024826
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

Elaboração dos autores a partir de PIA/IBGE, RAIS/TEM, PINTEC/IBGE, BACEN, SECEX.

Embora as firmas adotantes de GI remontem apenas um quarto do total de firmas não adotantes, os dados indicam que aquelas tendem a reter mais funcionários, evitando o *turn over*, bem como possuem percentual bastante superior de firmas que possuem capacidade de absorção²⁶.

5. Impacto econômico da adoção de tecnologia da informação

²⁶ Ambas as variáveis serão explicadas na próxima seção.

5.1 Metodologia adotada

Nas seções anteriores, a análise descritiva indicou que empresas que adotam ferramentas de gestão da informação possuem empregados com produtividade significativamente maior vis a vis a empresas que não adotam GI. Entretanto, os resultados das estatísticas descritivas não levam em consideração vários outros fatores que poderiam determinar a produtividade destas empresas.

Com o objetivo de controlar ao máximo possível a heterogeneidade dessas firmas e isolar o efeito da variável, esta seção tem como objetivo a estimativa do modelo econométrico para mensurar, *coeteris paribus*²⁷, os impactos da adoção de ferramentas de gestão da informação na produtividade do trabalho. A estimativa utilizou o método de mínimos quadrados generalizados (MQG). Para detalhamentos das técnicas de estimativa, ver GREENE (2000).

5.2 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 deste modelo – frente aos demais – é a tentativa de mensurar os impactos decorrentes da adoção de tecnologia da informação na produtividade do trabalhador.

Assim sendo, o modelo foi estruturado da seguinte maneira:

$Y_i = \alpha + \beta X + \varepsilon$, sendo:

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

X : vetor de variáveis explicativas;

ε : termo de erro aleatório

²⁷ Expressão latina que significa “tudo o mais mantido constante”.

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 deste 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, essas possuem rendimentos crescentes de escala. Em outras palavras, a adição do insumo trabalho eleva a produtividade mais que proporcionalmente²⁸.

Sobre a variável acerca do estoque de capital, vale a pena tecer maiores comentários. 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)²⁹, “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 .

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

Como não se faz nenhuma redução com respeito à capacidade utilizada, as estimativas representam o estoque de capital de i disponível no período t . Para cada categoria de ativo, a estimativa 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,

$$ELCF_t^i = \sum_{j=t-\theta+1}^t IB_j^i - D_t^i \quad (2)$$

sendo,

$$D_t^i = \sum_{j=t-\theta+1}^t (\delta_j^i * IB_j^i) \quad (3)$$

²⁸ DE NEGRI, J. Rendimentos Crescentes de Escala e o Desempenho Exportador das Firmas Industriais Brasileiras. Brasília: UnB, 2003 (Tese de Doutorado).

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

Em nosso artigo, utilizamos informações da PIA de 1996 a 2003 para construção do estoque de capital. As variáveis de investimento foram deflacionadas segundo o índice do IPCA/FGV por CNAE a 3 dígitos. Utilizou-se uma taxa constante de depreciação de 15%³⁰. Para maiores detalhes a respeito da metodologia empregada, ver MELLO (2003) e YOUNG (1995). 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, têm-se as seguintes variáveis: *dummy* de exportação, para diferenciar firmas exportadoras ou não³¹; *dummy* de controle de capital, para diferenciar firmas estrangeiras das nacionais; e *dummy* capacidade de absorção de conhecimento³², variável inspirada no trabalho de Cohen & Levinthal (1990). Todas as variáveis 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

²⁹ MORANDI, L.; REIS, E. **Estoque de Capital Fixo no Brasil, 1950-2002.** 2004. In: XXXII Encontro Nacional de Economia - ANPEC, 2004. João Pessoa, PB. Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia - ANPEC, 2004.

³⁰ Como a série utilizada é de apenas 8 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.

³¹ Há indícios da existência de simultaneidade entre a variável exportação e produtividade. A correção desse viés seria através 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 é um consenso de que firmas exportadoras são maiores, possuem trabalhadores mais qualificados e são mais produtivas. (DE NEGRI; FREITAS : 2004)

³² As variáveis da Pintec relacionadas a fontes de informação para o desenvolvimento de produtos e/ou processos tecnologicamente novos ou substancialmente aprimorados foram 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 informações, 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.

Levinthal (1990) 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 aqueles que transitam entre os departamentos, os *gatekeepers* (*Op.Cit.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. (COHEN; LEVINTHAL: 1990 p.135).

No segundo caso, isto é, com relação às características do trabalhador, a variável selecionada foi o logarítmico 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, utilizamos variável incluída na segunda edição da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica. Essa possui caráter binário (*dummy*) e tem por objetivo diferenciar as firmas que adotam ferramentas de gestão da informação daquelas que não o fazem.³³ Espera-se que a adoção de TI tenha impacto positivo na produtividade.

Dentre as variáveis de controle, há: variáveis *dummy* setoriais³⁴ que 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, procuram refletir as especificidades a cada estado brasileiro; e, por fim, a

³³ A variável da Pintec em questão é o item 195 que indica a adoção de EDI (Electronic Data Interchange), ERP (Enterprise Resource Planning), etc.

³⁴ Seguem a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE com o nível de agregação a três dígitos e refletem condições gerais e relevantes enfrentadas por toda a indústria brasileira.

retenção de funcionários, variável contínua criada a partir do 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 amostra³⁵. A intuição que sustenta a utilização desta variável é 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.

A utilização do *software* Stata para estimação do modelo por mínimos quadrados generalizados (MQG) leva em conta, automaticamente, todas as propriedades que devem ser obedecidas para que os coeficientes estimados sejam considerados MELNV (Melhor Estimador Linear Não Viesado). Dentre essas propriedades está a presunção de que os erros³⁶ possuem variância constante ou igual (homocedasticidade).

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.

³⁵ A construção obedeceu a seguinte metodologia: tomou-se o estoque de funcionários da firma em 01/01/2003 e adicionou-se as contratações em cada firma até 31/12, totalizando o número de empregados (e); verificou-se 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.

³⁶ 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 determina a proporção das variações na variável dependente explicadas por variações nas variáveis explicativas. Quanto maior o R^2 , maior a capacidade de o modelo explicar o

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 (MQG)	
	Coefficientes	Erros-padrão
Variáveis explicativas		
Intercepto	6,5540*	0,3217
Ln Pessoal Ocupado	1,1027*	0,0260
Ln estoque de capital	0,1335*	0,0109
Dummy Ferramentas de Gestão da Informação	0,1244*	0,0473
Dummy Capital Estrangeiro	0,2455*	0,0574
Dummy Exportação	0,3538*	0,0400
Ln Tempo de Estudo Médio	0,5478*	0,0854
Índice de retenção de funcionários	0,2686*	0,0362
Dummy 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, CEB/Bacen e Rais/MTE. Elaboração: Autores, a partir da transformação dos dados obtidos nas fontes.

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%.

5.3 Comentários sobre os resultados

A interpretação dos resultados estimados mostra que os dados indicam o seguinte:

- De fato, 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 de 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. Isto indica que a

fenômeno. Em análises de corte transversal (*cross-section*), o R^2 dificilmente ultrapassa 40%, por conta da grande heterogeneidade dos fatores que afetam a performance individual de cada trabalhador.

média da indústria encontra-se abaixo da fronteira de eficiência, numa região onde há retornos crescentes de escala.

b) A elasticidade do estoque de capital físico atingiu 0,1335; a interpretação do parâmetro estimado é similar ao que foi feito 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%.

c) A *dummy* de exportação indica que firmas exportadoras tendem a serem 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 internacional³⁷. Tal resultado é condizente com (ARBIX, G; SALERNO, M; DE NEGRI, J.; 2005).

c) 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 da firma ser de controle estrangeiro é de 27,82%, segundo os dados utilizados³⁸.

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

e) 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%.

f) 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.

g) Por fim, analisando nossa principal variável de interesse, observou-se que as firmas que utilizam tecnologia da informação possuem trabalhadores quase 13,24% mais produtivos

³⁷ Para o cálculo deste percentual, utilizou-se a seguinte fórmula: $(e^\beta - 1) * 100$, onde e é o exponencial e β é o coeficiente estimado.

³⁸ *Idem*.

do que as que não adotam TI³⁹. Tal resultado é bastante significativo e corrobora a hipótese norteadora deste trabalho.

6. 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 a partir da integração de diferentes bases de dados, restringiu o estudo para as firmas com pelo menos 30 trabalhadores, perfazendo um total de 26.776 unidades produtivas pertencentes à indústria de transformação brasileira.

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. Segundo, porque a técnica de estimação utilizada permite aferir coeficientes que representam médias da indústria de transformação.

É saudável, sob muitos aspectos, retomar o tema da pesquisa, inclusive utilizando-se de diferentes técnicas. Há clara intenção dos autores de prosseguir neste sentido.

Referências bibliográficas

- ARBIX, G; SALERNO, M; DE NEGRI, J. In: DE NEGRI, J. A., SALERNO, M. (orgs.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras.** Brasília: Ipea, 2005.
- BARTEL, A; ICHINIOWSKI, C; SHAW, K. **How Does Information Technology Really Affect Productivity? Plant-Level Comparisons of Product Innovation, Process Improvement and Worker Skills.** NBER Working Paper No. 11773. November 2005.
- BERNDT, E.; MORRISON, C. High-tech Capital Formation and Economic Performance in U.S. Manufacturing Industries: an exploratory analysis, **Journal of Econometrics** 65: 9-43, 1965.

³⁹ *Ibidem.*

- BRYNJOLFSSON, E.; HITT, L. Information Technology as a Factor of production: the role of differences among firms. **Economics of Innovation and New Technology**, 3 (4 (Special Issue on Information Technology and Productivity Paradox)): pp. 183-200, 1995.
- COBB, C.W.; DOUGLAS, P. H. A Theory of Production. **American Economic Review**, 18 (1), 128, Suplement, 139-72, 1928.
- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly**, Cornell University: mar/1990.
- CRÉPON, B; HECKEL, T; RIEDINGER, N. **Information Technologies and Productivity: microeconometric evidence from France**. Centre de Recherche en Économie et Statistique – CREST. Working Paper. November, 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**. Brasília: UnB, 2003 (Tese de Doutorado).
- DE NEGRI, J; FREITAS, F. **Inovação tecnológica, eficiência de escala e exportações brasileiras**. IPEA: Brasília, 2004 (Texto para Discussão, 1.044).
- GERA, S; GU, W; LEE, F. Information Technology and Labour Productivity Growth: an empirical analysis for Canada and the United Sates. **The Canadian Journal of Economics**, Vol. 32, No.2, Special Issue on Service Sector Productivity and the Productivity Paradox (Apr., 1999), pp.384-407.
- 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 No. 8075. January, 2001.
- GÖTZFRIED, A. **High-technology and Knowledge-intensity leading to more Value added, Innovation and Patents**. Eurostat. Statistics in Focus. Science and Technology. 8/2004.
- GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.
- GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. São Paulo: Pearson, 2000.

- HARVEY, D. **Condição Pós-Moderna**. São Paulo: Edições Loyola, 1999.
- JORGENSEN, D. **Economic Growth in the Information Age**. Cambridge, The MIT Press, 2002.
- JORGENSEN, D.; MOTOHASHI, K. **Information Technology and the Japanese Economy**. NBER Working Paper No. 11801. November, 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. Working paper. February 2005.
- MELLO, E. **Produtividade Total dos Fatores, Mudança Técnica, Eficiência Técnica e Eficiência de Escala na Indústria Brasileira: 1996 – 2000**. UFMG, 2003 (Dissertação de Mestrado).
- MENDERHAUSEN, H. On the Significance of Professor Douglas' Production Function. **Econometrica**, 6 (2), 1938, 143-153.
- MORANDI, L.; REIS, E. **Estoque de Capital Fixo no Brasil, 1950-2002**. In: XXXII Encontro Nacional de Economia - ANPEC, 2004. João Pessoa, PB. Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia - ANPEC, 2004.
- OSLO manual: proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data. Paris: OECD: **Statistical Office of the European Communities**, 1997.
- SARGENT, T; RODRIGUEZ, E. Labour or Total Factor Productivity: Do We Need to Choose? **International Productivity Monitor**. Number One, Fall 2000.
- SNOW, C.P. Government Science and public policy. **Science**, vol.151 : 650-653, 1966.
- YOUNG, A. The Tyranny of Numbers: confronting the statistical realities of the East Asian growth experience. **Quarterly Journal of Economics**, v.110, n.3, pp.641-680, 1995.
- ZACHARY, G. P. Computer Data overload limits Productivity Gains. **Wall Street Journal**, November 11, pp.B1, 1991.