

O impacto da interação universidade-empresa na produtividade dos pesquisadores: uma análise para as ciências exatas e da terra nas universidades estaduais paulistas*

Rodrigo Baggi Prieto Alvarez

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEA-RP/USP)

Sérgio Kannebley Júnior

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEA-RP/USP)

Murilo Damiano Carolo

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEA-RP/USP)

Recebido: 13/08/2011 Versão Revisada (entregue): 23/01/2012 Aprovado: 06/03/2012

RESUMO

Este trabalho apresenta estimações para o impacto da parceria universidade-empresa (U-E) na *quantidade e qualidade* da produção docente. São estimados modelos com dados em painel com informações de 316 pesquisadores de Ciências Exatas e da Terra, coletadas no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, na Plataforma *Lattes* e no *Institute for Scientific Information (ISI)* para o período de 2001 a 2006. Verificou-se que, em média, os pesquisadores que interagem com o setor privado são mais produtivos do que aqueles que não realizam a cooperação, em

* Os autores são gratos à Fapesp pelo auxílio financeiro para condução da pesquisa e elaboração do artigo (Processos 2006/58878-8 e 2009/15696-5). As sugestões de dois pareceristas anônimos também foram fundamentais para elevar a qualidade do trabalho. Quaisquer erros são de nossa inteira responsabilidade.

concordância com a literatura internacional. Entretanto, os resultados encontrados sugerem que a interação U-E pode não apresentar impacto positivo ou até mesmo ter efeito negativo sobre o número de artigos publicados, segundo a estimação de efeitos fixos. Por outro lado, não há evidências de que a interação U-E afeta a produtividade mensurada pelo fator de impacto (IFPA) dos artigos publicados. O pico produtivo para os pesquisadores constantes na amostra situa-se em torno dos 30 anos após a conclusão do doutorado. Além de componentes não-observáveis, variáveis como *sexo*, *número de orientações de doutorado* e *vínculo institucional* também foram importantes para explicar diferenças na *quantidade* e *qualidade* dos artigos publicados no período.

PALAVRAS-CHAVE | Interação universidade-empresa. Produtividade científica. Bibliometria. Economia da Tecnologia. Sistema Nacional de Inovação.

CÓDIGOS JEL | O33; O38; M13; C33.

**The impact of the university-industry interaction in the academic productivity:
an analysis for the exact and earth sciences at São Paulo State universities**

ABSTRACT

This paper presents estimates for the impact of university-industry (U-I) relationship in the quantity and quality of academic output. We estimate a panel data model with information from 316 researchers in Exact and Earth Sciences, collected in the Directory of Research Groups of the CNPq, the *Lattes* Platform and the Institute for Scientific Information (ISI) for the period 2001 to 2006. We found that, on average, scientists who practice (U-I) relationship are more productive than those who do not. However, the results suggest that the (U-I) relationship may not have positive effect or even have a negative impact on the numbers of articles published, when estimated a fixed-effects model. Qualitatively, the evidence indicates that the U-I relationship has no effect on the scientific productivity measured by the impact factor (IFPA) of the researchers. The peak productivity for the researchers listed in the sample is around 30 years after obtaining PhD. In addition to non-observable components, such variables as *gender*, *number of doctoral students* and *institutional affiliation* were also important in explaining differences in the quantity and quality of articles published in the period.

KEYWORDS | University-industry relationship. Scientific productivity. Bibliometrics. Economics of Technology.

JEL-CODES | O33, O38, M13, C33.

1. Introdução

Nas últimas décadas, a realização de parcerias com o setor privado por parte das universidades foi vista como meio de obtenção de recursos para pesquisas e investimentos em infraestrutura. Mowery e Sampat (2005) argumentam que, a partir dos anos 1970, as universidades da OECD foram vítimas da restrição financeira e do lento crescimento de repasses públicos à pesquisa e ensino. Velloso (2000) observa que fenômeno semelhante ocorreu na América Latina, mais fortemente na década de 1980, como resultado dos ajustes estruturais e políticas de corte de gastos públicos.

Entretanto, a ideia de que a interação universidade-empresa (U-E) seria a solução para as restrições financeiras das instituições de pesquisa não é consensual. Para Brito Cruz (2000), há um conflito entre a necessidade do *livre debate* dos resultados da pesquisa na área acadêmica e o *sigilo* das descobertas no campo empresarial, além de um possível desvio da pesquisa básica em direção à aplicada. Ademais, pesquisadores envolvidos na cooperação com o setor privado poderiam ter sua produtividade acadêmica reduzida caso a pesquisa aplicada não implique aumento do estoque de conhecimento científico do pesquisador. Dito de outra forma, a interação U-E diminuiria a probabilidade de publicação do cientista caso a pesquisa aplicada não mantivesse forte relação com o desenvolvimento científico da área (FLORIDA; COHEN, 1999 apud VAN LOY et al. 2004).

Este artigo objetiva analisar a interação universidade-empresa sob a ótica da produtividade científica. O estudo busca avaliar o impacto da cooperação dos pesquisadores universitários com o setor privado sobre a produção acadêmica – do ponto de vista *quantitativo e qualitativo*. As informações são restritas aos pesquisadores vinculados às universidades estaduais de São Paulo (as quais respondem por 40% dos artigos publicados por instituições nacionais), que estão inseridos na grande área de Ciências Exatas e da Terra, segundo classificação da Capes.

De acordo com Leta e Brito Cruz (2003), a produção acadêmica brasileira na grande área de Ciências Exatas e da Terra, em termos relativos, é muito significativa. Apenas a Física, inserida nessa grande área, apresentava 17% do total de artigos produzido no Brasil e 2,04% do total mundial da área em 2000. No mesmo período, a Química contava com 13,5% de todas as publicações no Brasil. Somente as duas áreas, portanto, eram responsáveis por mais de 30% da produção acadêmica brasileira.

O estudo será conduzido a partir de microdados para o período de 2001 a 2006. Apresenta-se, a seguir, uma revisão da literatura acerca da produtividade

científica. São discutidas as variáveis utilizadas, as fontes de dados e a construção da amostra para o estudo e é exposta a metodologia econométrica utilizada no trabalho. Posteriormente, discutem-se os resultados obtidos nas estimações e, por fim, são tecidas algumas considerações finais.

2. Determinantes da produtividade acadêmica

2.1. Argumentos gerais para a desigualdade da produtividade

A concentração de poucos cientistas muito bem-sucedidos em relação a muitos outros com baixa produtividade foi explorada por Lotka (1926), segundo o qual a frequência de pesquisadores com X publicações seria representada pela seguinte expressão:

$$F(n) = \frac{k}{X^n} \quad (1),$$

em que k é uma constante e $n \approx 2$. Esta representação empírica, denominada *Lei de Lotka*, revela uma função fortemente assimétrica à direita, indicando que a frequência relativa de autores com X publicações é declinante a taxas crescentes à medida que X aumenta, demonstrando, portanto, que a maioria dos artigos em uma área de pesquisa é feita por um número bem restrito de pesquisadores.

Segundo Cole e Cole (1974), a desigualdade na produtividade científica poderia dever-se a dois conjuntos de fatores. O primeiro, composto por fatores não observáveis, englobaria a *habilidade* e a *motivação* do cientista em produzir criativamente, denominado como a hipótese da “centelha divina” (*Sacred Spark Hypothesis*), referindo-se a *qualidades inatas dos pesquisadores*.

O segundo conjunto, formado por fatores observáveis e que poderiam ser responsáveis pelos diferenciais de produtividade dos pesquisadores, destacados em pesquisas teóricas e empíricas, está relacionado a sexo, idade, instituição de doutorado e de vínculo empregatício, posição hierárquica na instituição e outras condições institucionais, como qualidade do departamento de pesquisa do cientista, nível de colaboração internacional do departamento, características do departamento quanto à orientação (básica ou aplicada) de pesquisa.

Long (1978) analisou o início da carreira dos bioquímicos empregados nos departamentos de pós-graduação dos EUA no fim dos anos 1950 e começo dos 1960, examinando a relação entre a produtividade acadêmica e a posição na hierarquia da instituição de pesquisa. O estudo sugere que o efeito da posição acadêmica na

produtividade é muito mais forte do que mostrava estudos anteriores, como, por exemplo, Cole e Cole (1974), enquanto o efeito inverso não se mostrou significativo. Assim, a posição hierárquica influenciaria a produtividade acadêmica.

Fox (1992) relaciona a produtividade acadêmica com as atividades de pesquisa e docência, questionando sobre a existência de um *trade-off* entre essas atividades. Seus resultados indicaram que atividades de ensino estão associadas com menor produtividade docente, enquanto a pesquisa e todas as atividades não associadas com o ensino aumentam a produtividade do pesquisador. Já Long (1992) e Xie e Shauman (1998) sugerem que haveria diferenças de produtividade entre os sexos, atenuada ao longo da carreira dos pesquisadores. Xie e Shauman (1998) sugerem também uma relação positiva entre qualidade do departamento do doutorado e produtividade científica, resultado empírico também obtido por Buchmueller et al. (1999).

Uma segunda linha de argumentação para explicar a desigualdade produtiva estaria relacionada à existência de uma “vantagem cumulativa” no processo de pesquisa e publicação (*Cumulative Advantage Hypothesis*), também denominado por Merton (1968) de “efeito de Mateus” na ciência. Esta expressão simbolizaria o fenômeno recorrente na produção do conhecimento na atividade científica, em que o pesquisador hierarquicamente mais relevante tende a obter maior crédito do que pesquisadores menos eminentes.¹ De modo geral, é aceito o argumento de que a atividade científica é motivada pelo investimento e dependente dele, refletido no ciclo virtuoso do binômio:

Produtividade ↔ reconhecimento e recursos

Complementarmente, os modelos econômicos de capital humano procuram explicar como a produtividade individual é condicionada pela existência de um ciclo de vida, especialmente em ocupações nas quais o capital humano exerce papel principal (BECKER, 1962; SCHULTZ, 1963 apud GONZALEZ-BRAMBILA; VELOSO, 2007). Os modelos de ciclos de vida dos pesquisadores, apoiados teoricamente no modelo de capital humano, procuram levar em conta a finitude da vida produtiva do pesquisador e investigam as implicações que isso tem sobre a alocação de tempo para a pesquisa.

Segundo Stephan (1996), ainda que os modelos difiram em suas suposições sobre função e objetivo do cientista, seus resultados são congruentes. Dada a finitude

1 O “efeito de Mateus” denota o fenômeno que “os ricos ficam mais ricos e os pobres ficam mais pobres”, podendo ser observado em vários contextos diferentes, em que “rico” e “pobre” podem tomar significados diferentes.

do tempo produtivo dos cientistas, o argumento do investimento, com retornos futuros, prediz uma relação quadrática de produção ao longo do ciclo de vida do pesquisador. O estoque de capital de prestígio do cientista atinge um pico, declinando posteriormente, sendo tal processo atenuado quanto maior for a satisfação do cientista derivada da sua atividade de pesquisa.

Alguns estudos empíricos, como os de Allison e Stewart (1974) e Long (1978), avaliam a relação da idade ou tempo de pesquisa com a produtividade do pesquisador. Construindo índices de Gini das publicações e das citações dos cientistas, Allison e Stewart (1974) demonstram que, para os cientistas nas áreas de física, química e matemática, existe uma relação aproximadamente linear entre o avanço no tempo de carreira dos cientistas e o aumento desses indicadores. Em uma extensão desse estudo, Allison et al. (1982), utilizando dados em painel, examinam gerações de químicos e bioquímicos e confirmam o aumento da desigualdade produtiva no número de publicações, mas não para o número de citações, indicando que as publicações mais antigas dos cientistas tenderiam a receber um número menor de citações. Cole (1979) estudou as áreas de Ciências Exatas, Geologia, Sociologia e Psicologia também concluindo que existe um efeito positivo da idade na produção científica, que atinge seu pico por volta de 45 anos.

Turner e Mairesse (2002) exploram os determinantes da produtividade entre físicos franceses, utilizando uma base de dados em painel para o período de 1980 a 1997. No modelo, os autores consideram as características individuais dos pesquisadores – idade, sexo, qualidade do PhD – e aspectos institucionais – tais como política de incentivos, qualidade e tamanho dos laboratórios. Os resultados indicaram a existência de um pico de produtividade científica por volta dos 50 anos de idade e a importância da qualidade do local de PhD. Além disso, pesquisadores do sexo masculino que pertencem a melhores laboratórios, com alta colaboração internacional, também apresentam maior produtividade.

Gonzalez-Brambila e Veloso (2007), empregando dados de 14 mil pesquisadores mexicanos de diversas áreas, para o período de 1991 a 2002, também observaram uma relação quadrática entre idade e produtividade, com pico por volta dos 53 anos. Entretanto, a variável gênero não foi estatisticamente significativa para explicar a produtividade científica. Os autores também encontraram diferenças significativas entre as diversas áreas do conhecimento – resultado de características intrínsecas às áreas, tais como o sistema de incentivos, o número de periódicos disponíveis, etc.

2.2. Interação universidade-empresa e produtividade científica

Segundo Mowery e Sampat (2005), o propósito da universidade é combinar suas funções de educação e pesquisa. Ou seja, há o papel de formação de pessoal qualificado cuja contratação pelo setor produtivo gera o movimento de difusão do conhecimento científico e tecnológico, refletido na atuação dos profissionais nas empresas privadas. Por “*output*” da pesquisa universitária, entendem-se a informação científico-tecnológica, equipamentos de ponta, redes de capacitação científica e tecnológica, além de protótipos para novos produtos e processos.

Além do exercício dessas duas funções, as universidades têm atuado em projetos de extensão, utilizando o *know-how* obtido na pesquisa acadêmica e aplicando os conhecimentos e técnicas diretamente nas outras instituições do sistema de inovação do Estado, tais como órgãos do governo e empresas privadas.

No caso das parcerias mais intensas entre universidades e empresas, haveria conflitos situados no plano das normas de pesquisa acadêmica e industrial. Tais diferenças refletiriam certa dicotomia entre pesquisa acadêmica e industrial, não estando centradas apenas na natureza básica ou aplicada da pesquisa, mas também relacionadas ao valor atribuído pelos cientistas ao reconhecimento pela pesquisa, prioridade da descoberta e disseminação dos resultados.

Florida e Cohen (1999, apud VAN LOY et al., 2004) argumentam que o segredo da descoberta no âmbito do setor produtivo diminui os incentivos à publicação dos resultados, em razão do seu possível caráter confidencial para as empresas. Uma segunda questão seria o direcionamento das agendas de pesquisa dos pesquisadores, agora movidos por interesses financeiros. Essa possibilidade iria de encontro ao argumento de independência de pesquisa que deveria permear a pesquisa universitária, fazendo com que os acadêmicos contribuíssem livremente para a expansão da fronteira do conhecimento, movidos primordialmente pela sua curiosidade científica.

Thursby e Thursby (2000) e Thursby et al. (2005) procuraram analisar se realmente há um desvio à pesquisa aplicada e “contaminação” da academia pelos interesses do setor privado, particularmente nas universidades norte-americanas. Seus trabalhos sugerem que não existem evidências estatisticamente significantes de que ocorre uma mudança de foco por parte dos pesquisadores ao estabelecerem relações de transferência de tecnologia.

Já Van Looy et al. (2004) observam que existe um direcionamento de agenda dos pesquisadores que realizam a interação U-E, podendo ocorrer no sentido da

pesquisa mais aplicada, em detrimento da pesquisa básica. Contudo, os autores não são capazes de concluir sobre a ordem de causalidade na relação empresa-universidade desse direcionamento de pesquisa. É importante destacar que o referido trabalho avalia a interação U-E utilizando dados específicos a uma instituição europeia.² Assim, ainda que os resultados obtidos indiquem um desvio da agenda de pesquisa dos docentes participantes de projetos de transferência de tecnologia, os resultados de Van Looy et al. (2004) não devem ser extrapolados para o ambiente acadêmico em geral, bem como entre diferentes áreas do conhecimento e entre diferentes países.

Segundo Thursby et al. (2005), o fator relevante é a forma como conceber o papel da pesquisa aplicada na criação do estoque de conhecimento do pesquisador. Se for contributiva ao estoque de conhecimento do pesquisador, então, independentemente do fato de ser complementar ou substituto ao esforço de pesquisa básica, terá efeitos positivos sobre a produtividade científica. Os resultados apontam que as atividades tradicionais da universidade e suas ações empreendedoras podem coexistir, pois o envolvimento dos pesquisadores no contato com empresas coincide com acréscimo no número de artigos publicados, sem afetar a natureza das publicações.

Van Looy et al. (2006) observaram que cientistas empreendedores são mais produtivos do que seus pares, mesmo controlando para características observáveis dos indivíduos. Os autores destacam, inclusive, que a maior produtividade desses cientistas já era observada antes das primeiras atividades de licenciamento de tecnologias e de patenteamento. Resultado semelhante também é obtido por Lowe e Gonzalez-Brambila (2007) para os docentes empreendedores, que agem ativamente na cooperação tecnológica e/ou atuam nas empresas vinculadas à universidade. Esses docentes são mais produtivos do que seus pares que não realizaram interação ou não atuaram nas empresas referidas.

Carayol e Matt (2004) analisam microdados a respeito da Universidade Louis Pasteur, procurando verificar a influência da estrutura e organização dos laboratórios na produtividade dos pesquisadores, em termos de artigos e patentes requeridas durante o período de 1993 a 2000. Os resultados para a instituição analisada apontam,

2 Van Looy et al. (2004) estudam os docentes da Universidade Católica de Leuven, Bélgica, analisando o efeito da existência de projetos financiados pela indústria na academia. Ou seja, os pesquisadores buscam identificar se a interação com empresas altera a quantidade e a natureza dos artigos publicados. As mudanças no número de artigos podem ser decorrentes da proteção do conteúdo desenvolvido em razão dos interesses comerciais. Além disso, as alterações na natureza dizem respeito a mudanças na orientação tradicional do pesquisador ao desenvolvimento da ciência de base em função das aplicações, que são mais próximas de tecnologias comercializáveis.

surpreendentemente, que maior colaboração internacional para com os laboratórios não está associada a maiores níveis de produtividade. Mas uma maior *performance* nas atividades de colaboração internacional é associada a índices elevados de interação com o setor industrial. Além disso, as atividades de publicação e patenteamento estariam correlacionadas e tal correlação é muito mais forte no caso de interação com o setor privado do que nas colaborações com parceiros internacionais.³

Lowe e Gonzalez-Brambila (2007) e Van Looy et al. (2004) apontam a dificuldade em se verificar a direção da causalidade entre obtenção de recursos e crescimento de produtividade. Deve-se considerar a predisposição de cientistas mais produtivos em estabelecer parcerias com empresas ao mesmo tempo em que a obtenção de recursos leva ao aumento da produtividade do pesquisador.

Lowe e Gonzalez-Brambila (2007) utilizam a construção de um grupo de controle (*matching*) e a estratégia de estimação de efeitos fixos como forma de controlar para os efeitos individuais não observados que fossem determinantes da produtividade científica. Ao proceder essa estratégia de identificação, os autores buscam controlar o possível viés de seleção presente no fato de pesquisadores mais produtivos terem maior probabilidade de realizar cooperações com o setor privado, sendo portanto uma estratégia que considera a endogeneidade inerente. Seus resultados sugerem que pesquisadores que realizam a transferência de tecnologia (TT) com o setor privado são, na média, mais produtivos e tendem a apresentar maior número de citações do que seus pares após controlar para características observáveis e não observáveis. A promoção de atividades de TT teria, de acordo com as evidências, um custo não significativo ou até mesmo inexistente para a pesquisa científica.

Assim, de modo geral, a literatura indica que a concepção de uma “universidade empreendedora” não apresentaria aspectos negativos na pesquisa acadêmica. A conclusão predominante nos principais estudos é de que: pesquisadores envolvidos na transferência de tecnologia são mais produtivos; e o início de uma interação com empresas pode direcionar o pesquisador à pesquisa aplicada, sem, no entanto, ser possível concluir sobre os impactos da interação na produtividade.

No Quadro 1 são apresentados os principais resultados empíricos acerca dos determinantes da produtividade científica, ordenados segundo a predominância das variáveis explicativas dos modelos. Em seguida, o Quadro 2 resume os resultados para o impacto da relação universidade-empresa na produtividade acadêmica.

3 É importante ressaltar que as evidências são específicas à instituição avaliada e não necessariamente podem ser relacionadas a diversos contextos.

QUADRO 1

Sumário dos resultados empíricos para os determinantes da produtividade científica

Determinantes	Autores	Principais resultados
Sexo	Hansen et al. (1978)	Homens publicam mais; diferença entre os sexos é decrescente
	Long (1992)	Homens publicam mais; diferença cresce no início e diminui após dez anos de experiência
	Xie e Shauman (1998)	Homens publicam mais; diferença entre os sexos é decrescente
	Turner e Mairesse (2002)	Mulheres publicam anualmente quase um artigo a menos que homens
Idade	Allison e Stewart (1974)	Relação positiva e linear entre idade e produtividade
	Hansen et al. (1978)	Relação positiva e linear entre idade e produtividade
	Cole (1979)	Pico de produtividade aos 45 anos
Vantagem cumulativa	Allison e Stewart (1974)	Desigualdade na produtividade aumenta com o passar do tempo
	Cole (1979)	Desigualdade na produtividade aumenta com o passar do tempo
	Allison et al. (1982)	Desigualdade na produtividade aumenta com o passar do tempo
	Levin e Stephan (1991)	Pico de produtividade aos 45 anos
	Turner e Mairesse (2002)	Pico de produtividade aos 50 anos
	Gonzalez-Brambila e Veloso (2007)	Pico de produtividade aos 53 anos
Geração	Levin e Stephan (1991)	Não há evidências
Variáveis institucionais	Long (1978)	Posição hierárquica afeta positivamente a produtividade
	Hansen et al. (1978)	Qualidade do departamento de vínculo afeta positivamente a produtividade
	Fox (1992)	Atividade de ensino afeta negativamente a produtividade
	Xie e Shauman (1998)	Qualidade do departamento de vínculo afeta positivamente a produtividade
	Buchmueller et al. (1999)	Qualidade do PhD e das instituições de vínculo afetam positivamente a produtividade
	Carayol e Matt (2004)	Relação positiva entre produtividade e patenteamento; colaboração internacional não afeta produtividade

QUADRO 2

Sumário dos resultados empíricos para a relação entre interação U-E e produtividade científica

Determinantes	Autores	Principais resultados
Transferência de tecnologia	Thursby e Thursby (2000)	Não há evidências de mudança de foco para interesse do setor privado
	Thursby et al. (2005)	Não há evidências de mudança de foco para interesse do setor privado
	Van Looy et al. (2004)	Pesquisa aplicada aumenta produtividade se for contributiva ao estoque de conhecimento do pesquisador
	Gulbrandsen e Smeby (2005)	Relação positiva entre interação com empresas e produtividade
Empreendedorismo	Lowe e Gonzalez-Brambila (2007)	Cientistas empreendedores são mais produtivos que seus pares e tendem a receber mais citações
	Van Looy et al. (2006)	Cientistas empreendedores são mais produtivos que seus pares

3. Fonte e análise preliminar dos dados**3.1. Fonte de dados**

Para a realização dessa pesquisa foram utilizados dados sobre a interação do pesquisador com o setor produtivo e características observáveis de cada pesquisador, incluindo os indicadores de produtividade dos cientistas, tanto do ponto de vista quantitativo como do qualitativo.

As informações sobre interação dos pesquisadores com o setor privado foram extraídas da base de dados do Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP) do CNPq, que é caracterizado como uma fonte de dados de declaração *opcional*. O preenchimento dos seus formulários se difundiu ao longo dos anos e, ainda que se deva ter cuidado em extrapolar os resultados oriundos dessa base, a representatividade dos seus dados no universo acadêmico vem aumentando.⁴ A informação sobre interação é, a rigor, referente à relação entre a empresa e o *grupo* de pesquisa, e não especificamente com cada pesquisador. Ainda que determinados pesquisadores pertencentes a um grupo iterativo possam ter participado com menor intensidade da cooperação, a

4 Para mais detalhes sobre o Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq e um panorama sobre a interação universidade-empresa no Brasil ver, por exemplo, Rapini (2007).

característica do formulário da base de dados utilizada fez com que se assumisse para essa pesquisa que o envolvimento na interação com empresas do grupo de pesquisa se estenda para todos os membros do grupo.

A construção da amostra tomou como referência o biênio 2003-04. Para a realização de uma comparação *ex-ante* e *ex-post*, complementou-se o conjunto de informações dos pesquisadores para os biênios de 2001-02 e 2005-06, organizando os dados longitudinalmente, em que a variável de interação é variante no tempo. Nas grandes áreas de Ciências Exatas e da Terra, houve o registro de 145 pesquisadores que declararam ter realizado a interação com uma ou mais empresas no biênio 2003-04, distribuídos em 35 grupos de pesquisa registrados no CNPq. A informação sobre a cooperação ou não com o setor privado é declarada espontaneamente pelo pesquisador nos Censos do DGP, realizados a cada biênio.⁵

A fim de homogeneizar a distribuição empírica entre os grupos de análise e aumentar a precisão das estimativas e amenizar o potencial problema de autoseleção encontrado neste tipo de amostragem, constituiu-se um grupo de controle por meio de uma estratégia de pareamento (*matching*). O pareamento selecionou pares que não realizaram a interação no biênio de referência (2003-04), tendo como variáveis-base o ano de doutorado (com margem para um ano a mais ou menos) e o departamento de vínculo do pesquisador. Com isso, selecionaram-se mais 171 pesquisadores, totalizando 316 pesquisadores ao longo do período de 2001 a 2006.

As variáveis que representam as características observáveis de cada pesquisador foram extraídas dos currículos da Plataforma *Lattes* do CNPq. Considerando os argumentos teóricos e as evidências empíricas apresentados anteriormente, foram selecionadas as seguintes variáveis para a especificação do modelo empírico: interação com o setor privado; ano de Doutorado; Doutorado no exterior; sexo; orientações concluídas de Doutorado; projetos de pesquisa financiados; instituição de vínculo empregatício; número de artigos publicados em periódicos indexados; e fator de impacto das publicações, associado a cada pesquisador.⁶

5 O Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, iniciado em 1992 e atualizado a cada dois anos, reúne informações sobre os grupos de pesquisa ativos no país em cada período. As informações disponíveis abrangem recursos humanos dos grupos, linhas de pesquisa, áreas do conhecimento, setores de atividade, produção científica e tecnológica dos pesquisadores e alunos dos grupos e padrões de interação com o setor produtivo.

6 As variáveis dissertações orientadas, livre docência (dummy), Pós-Doutorado no exterior e instituição de Doutorado se mostraram irrelevantes no modelo, não possuindo poder explicativo sobre a produtividade docente, em termos tanto do número de artigos quanto do IFPA associado ao pesquisador. No Anexo são apresentadas as estimações mais abrangentes, incluindo também essas variáveis.

Para o cômputo das informações a respeito da produtividade dos pesquisadores, utilizou-se a base de dados do *Institute for Scientific Information* (ISI).⁷ Como indicador quantitativo de produtividade científica, foi feita a contagem do número de artigos publicados pelos pesquisadores em revistas indexadas. Para a avaliação qualitativa da produtividade dos pesquisadores, foi utilizado na literatura o fator de impacto (FI), calculado pelo ISI a partir dos dados das citações dos artigos publicados nos periódicos indexados na plataforma e agrupados por revistas no JCR (*Journal of Citation Report*).⁸

A interpretação do FI requer atenção a alguns condicionantes. Por exemplo, um alto fator de impacto pode ser obtido por um grande número de citações de um único artigo da revista. Outra possibilidade é um alto fator de impacto estar relacionado com uma pequena disponibilidade de periódicos em uma área científica, de modo que uma revista concentra as referências. Portanto, é necessário cuidado, principalmente, para comparação entre diferentes áreas do conhecimento, pois as condições de pesquisa e de periódicos disponíveis podem influenciar o indicador. Cada *área do conhecimento* aqui relacionada (como Física ou Geologia) possui seu próprio padrão de publicações e citações, sendo que cada área se encontra num estágio diferente de evolução da sua ciência. Na busca da comparabilidade de um indicador de produtividade científica para diversas áreas, é calculado o indicador *Impact Factor Point Average* (IFPA) proposto por Sombatsompop e Markpin (2005). O IFPA, calculado a partir das informações do FI, busca a normalização das diferenças entre os fatores de impacto e da área do conhecimento, ponderado pela relação entre *ranking* e número de revistas existentes em cada diferente área do conhecimento. A estatística sugerida tem a seguinte expressão:

$$IFPA = \left[\frac{I_j}{IA} \right] \cdot \left[1 - \frac{R}{N+1} \right] \cdot [n] \quad (2),$$

em que I_j é o fator de impacto do periódico, IA corresponde ao fator de impacto agregado de todos os periódicos da mesma categoria científica (cada periódico deve necessariamente fazer parte de uma categoria, podendo ser incluído em até outras três categorias dependendo da abrangência de campos acadêmicos a que faz parte), R é o

7 Na plataforma de informações do ISI estão indexados os principais periódicos internacionais, sendo uma base de dados extensamente utilizada nos trabalhos bibliométricos empíricos. Entretanto, parte da produção científica de um pesquisador, como livros, patentes e publicações em alguns periódicos (principalmente de origem nacional), não consta em sua base e, por consequência, não é utilizada para avaliar a produtividade acadêmica neste estudo.

8 O Fator de Impacto, intrínseco ao periódico científico, é determinado como a razão entre o número de citações feitas no ano corrente a trabalhos publicados nos últimos dois anos, e o número de total de artigos publicados pelo periódico nos mesmos dois anos (JCR, 2006).

ranking do fator de impacto do periódico em sua categoria, N compreende o número de periódicos existente na mesma categoria e n é o número de artigos publicados pelo pesquisador. Nessa expressão o monômio I_j/IA efetua uma normalização do fator de impacto na área, enquanto que o termo $[1 - R/(N+1)]$ relaciona a classificação do periódico no universo de periódicos da mesma área.

No Quadro 3 são resumidas as variáveis utilizadas no modelo final deste trabalho.

QUADRO 3

Sumário das variáveis utilizadas

Variáveis	Notação	Descrição	Fonte
Tempo de Doutorado	<i>tempo_dout</i>	Anos de experiência do pesquisador	
Doutorado no exterior	<i>dout_ext</i>	0 = Doutorado no Brasil 1 = Doutorado no exterior	
Sexo	<i>sexo</i>	0 = Feminino 1 = Masculino	
Orientações de Doutorado	<i>l_teses</i>	Número de orientações de Doutorado concluídas no biênio	Currículo Lattes
Projetos de pesquisa financiados	<i>l_financ</i>	Número de projetos de pesquisa financiados por órgãos de fomento (CNPq, Fapesp, Finep, Capes, MEC e afins)	
Instituição de vínculo	<i>dummy_usp</i> <i>dummy_unesp</i> <i>dummy_unicamp</i>	<i>Dummy</i> de instituição com a qual mantém vínculo empregatício	
Interação com o setor privado	<i>intera</i> <i>l_intera</i>	0 = Não declarou ter realizado a interação com o setor privado 1 = Declarou a interação com o setor privado	Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq
Número de artigos	<i>num_artigos</i>	Número de publicações em periódicos indexados na base de dados <i>Web of Science</i>	<i>Institute for Scientific Information (ISI)</i>
IFPA	<i>ln_ifpa</i>	Fator de impacto ponderado pela área	

3.2. Análise descritiva

Na Tabela 1 é apresentada a distribuição dos pesquisadores da amostra divididos entre aqueles que declararam ter interagido com o setor produtivo e aqueles que não o fizeram, a cada biênio. Trata-se de um painel balanceado. Nesse sentido, os dados de interação com o setor produtivo são referentes ao período base de 2003-04. Posteriormente, foi realizado o acompanhamento da atividade interativa dos pesquisadores nos biênios 2001-02 e 2005-06. Portanto, a evolução dos percentuais não reflete uma tendência na interação U-E e são específicos aos docentes do biênio de referência. É interessante observar que grande parte dos 316 docentes declarou não ter cooperado com empresas nos biênios anterior e posterior a 2003-04. Esta informação é importante, pois permite uma análise de impacto caracterizada quase exclusivamente pelo tratamento (interação) no biênio de 2003-04.⁹

TABELA 1
Distribuição dos pesquisadores, por situação de interação com o setor produtivo 2001-06

Biênio	Não interagiram		Interagiram		Total (N. abs.)
	N. abs.	%	N. abs.	%	
2001-02	286	91,0	30	9,0	316
2003-04	171	54,0	145	46,0	316
2005-06	268	85,0	48	15,0	316

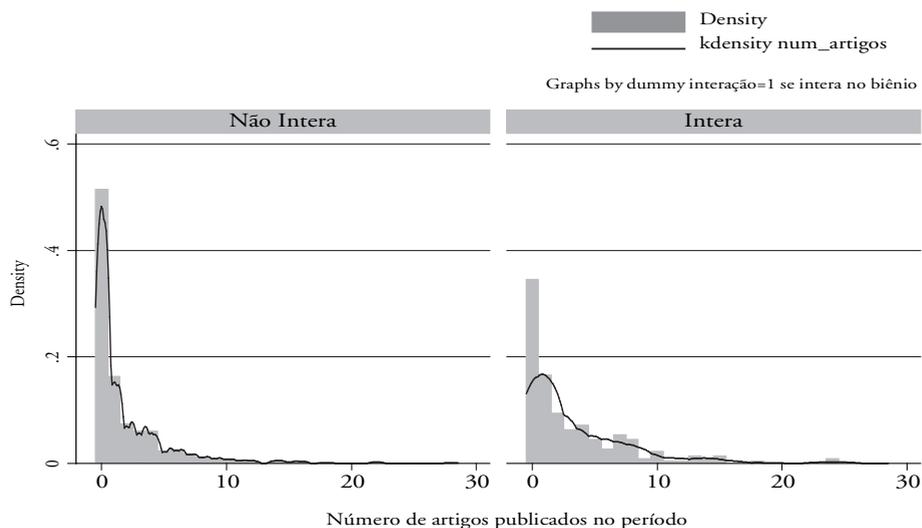
Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP) do CNPq. Elaboração dos autores.

Nota-se a predominância do vínculo com a Universidade de São Paulo (USP) entre os pesquisadores da amostra. USP, Unesp e Unicamp respondem, em média, por 48%, 32% e 8% dos vínculos dos pesquisadores, respectivamente. Essa informação está detalhada na Tabela 1 do Anexo, que mostra a distribuição da amostra segundo a instituição de vínculo empregatício. A média para o ano de obtenção de Doutorado do grupo de controle é 1992, enquanto para aqueles que interagiram o doutorado foi obtido, em média, em 1990, sendo que o ano do doutorado varia entre 1963 e 2001. Na Tabela 2 do Anexo observa-se a distribuição dos pesquisadores por sexo, a cada biênio, nos dois grupos. A participação de homens na amostra é de cerca de 75%.

9 Complementarmente, são apresentadas, no Anexo, as tabelas com as principais características da amostra, segmentadas segundo a realização da interação com empresas no biênio de referência (2003-04).

O Gráfico 1 apresenta a distribuição dos pesquisadores segundo o número de artigos publicados. Na Tabela 3 do Anexo, podem ser consultadas as frequências detalhadamente. Observa-se uma concentração elevada de pesquisadores que publicaram poucos artigos por período, sendo bastante reduzido o número daqueles que publicaram muitos artigos. Dos 316 pesquisadores estudados, 150 (47,4%) não publicaram sequer um artigo no biênio analisado. Para 2001-02 e 2005-06, a parcela dos que *não* publicaram artigos também é alta: 160 (50,6%) no primeiro biênio e 140 (44,3%) no último. A assimetria na distribuição do número de artigos publicados pelos pesquisadores da amostra já era esperada, conforme observado por Lotka (1926), visto que a maior parte do universo de pesquisadores não publica ou produz muito pouco, enquanto um pequeno grupo possui elevada produtividade. Nota-se, entre aqueles que cooperaram com empresas, uma média de 2,73 artigos por ano, enquanto para os que não interagem a média é de 1,74 artigo por ano.

GRÁFICO 1
Distribuição dos pesquisadores, por situação de interação com o setor produtivo, segundo o número de artigos publicados 2003-04



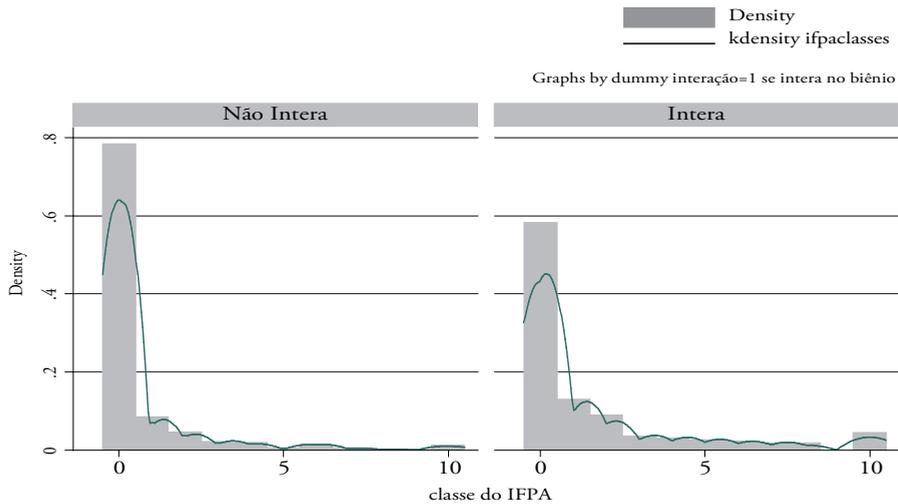
Pearson $\chi^2(17) = 25,7376$ Pr = 0,079

N=	171	N=	145
Média:	1,74	Média:	2,73
Desvio-Padrão:	3,16	Desvio-Padrão:	3,78
Assimetria:	3,03	Assimetria:	1,79
Curtose:	15,26	Curtose:	5,92

Fonte: Institute for Scientific Information (ISI). Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP) do CNPq. Elaboração dos autores.

A variável contínua IFPA foi dividida em 11 faixas para melhor observação sobre sua distribuição e frequências, sendo que a primeira faixa aponta os pesquisadores associados a “*IFPA entre 0 e 1*” e as duas últimas indicam “*IFPA entre 9 e 10*” e “*IFPA maior que 10*”. O Gráfico 2 apresenta a distribuição dos pesquisadores segundo as faixas de IFPA construídas. Da mesma forma que o número de artigos, a média do IFPA para os que interagem com as empresas é de 1,83, bastante superior à média dos pesquisadores do grupo de controle (0,63). Nota-se também elevada concentração de pesquisadores com reduzidos fatores de impacto, ao passo que IFPA mais altos são apresentados por um número baixo de pesquisadores. Entre os 316 pesquisadores, 234 (74,0%) possuem IFPA entre 0 e 1 no biênio de tratamento. Para 2001-02 e 2005-06 esta proporção é igualmente alta, sendo 235 (74,3%) para o primeiro biênio e 229 (72,4%) para o segundo.

GRÁFICO 2
Distribuição dos pesquisadores, por situação de interação com o setor produtivo, segundo classes da variável “IFPA”
2003-04



Pearson $\chi^2(10) = 29,6587$ Pr = 0,001

N=	171	N=	145
Média:	0,63	Média:	1,83
Desvio-Padrão:	1,74	Desvio-Padrão:	3,29
Assimetria:	4,18	Assimetria:	2,64
Curtose:	22,16	Curtose:	10,05

Fonte: Institute for Scientific Information (ISI). Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP) do CNPq. Elaboração dos autores.

A Tabela 2 apresenta as médias e desvios-padrão das variáveis: *ano de Doutorado*, *número de artigos*, *IFPA*, *projetos de pesquisa financiados*, *orientações de Mestrado concluídas* e *orientações de Doutorado concluídas*.¹⁰ Observa-se uma superioridade dos indicadores para os pesquisadores que interagem com as empresas, com diferenças de maior destaque para as variáveis de *número de artigos*, *IFPA* e *projetos de pesquisa financiados*. Assim, em termos não condicionais, é possível afirmar que os indicadores de produtividade científica se revelam maiores no grupo que declarou ter realizado a cooperação com empresas.

TABELA 2
Teste de diferença de médias para a variável interação com o setor produtivo 2003-04

Variáveis	Não interagiram		Interagiram		Diferença (a)-(b)
	Média	DP	Média	DP	
Ano do Doutorado	1991.8	8.13	1990.5	8.72	1.29
Número de artigos	1.742	3.162	2.731	3.780	-0.99 ***
IFPA	0.633	1.746	1.836	3.296	-1.20***
Projetos financiados	3.941	4.451	5.572	6.472	-1.63***
Dissertação de Mestrado	1.064	1.346	1.034	1.232	0.030
Teses de Doutorado	0.637	0.974	0.634	1.032	0.003

Fonte: Institute for Scientific Information (ISI); CNPq, Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP), Currículo Lattes. Elaboração dos autores.

*** Significante a 1%, ** Significante a 5%, * Significante a 10%.

4. Modelo econométrico

Para a análise da produtividade dos pesquisadores ao longo do ciclo de vida, serão estimados dois modelos econométricos: o primeiro tem como variável dependente o *número de artigos* publicados e, o segundo, o *IFPA* associado aos pesquisadores.

Fatores *variantes* e *invariantes* no tempo determinam a produtividade científica dos indivíduos. Nos estudos empíricos em que são utilizados modelos com dados em painel, a função que representa a produtividade é dada por:

$$Y_{it} = F(X_{it}, Z_i, \alpha_i) \quad (3),$$

¹⁰ Os testes de diferença de médias são apresentados na tabela 4 a título de ilustração. Entretanto, pelo fato de haver elevada concentração de valores zeros (*zero inflated*) nas variáveis de número de artigos e IFPA, a distribuição probabilística não será usual, exigindo cuidado na inferência de seu resultado.

em que:

Y_{it} : número de publicações *ou* fator de impacto do indivíduo i no período t ;

X_{it} : características que são *variantes* nas duas dimensões – indivíduos e tempo;

Z_i : características observáveis dos indivíduos *invariantes* no tempo;

α_i : heterogeneidades não observáveis de cada indivíduo, que neste trabalho se assumem como invariantes no tempo.

As heterogeneidades individuais são caracterizadas pela presença de fatores não observáveis presentes no erro, tais como hábitos de trabalho, criatividade, habilidade, motivação ou mesmo condições psicológicas, bem como pela sua predisposição a interagir com empresas. Tais fatores podem induzir certa persistência espúria nos modelos de regressão e gerar problemas de endogeneidade no modelo. Assim, a proposta de solução do problema de identificação do parâmetro da variável de interação é por meio da estimação de modelos por efeitos fixos, a fim de controlar para as variáveis invariantes no tempo e para as características não observáveis dos pesquisadores.

Serão realizadas estimações para efeitos fixos, efeitos aleatórios e *pooled*. A especificação tanto para *pooled* como para efeitos aleatórios tem como hipótese a independência entre as heterogeneidades individuais dos pesquisadores e suas características observáveis. Assim, se as características não observáveis forem correlacionadas com o fato de o pesquisador interagir com empresas, o parâmetro da variável *intera* pode estar captando parte do efeito não observado.

Supondo que as heterogeneidades individuais sejam invariantes no tempo, a especificação para efeitos fixos não exige que haja independência entre as mesmas e as covariadas, o que permite uma análise em que a heterogeneidade individual é controlada a partir da utilização desse estimador. Com isso, condicionado à exogeneidade das características observáveis, obtém-se uma estimativa não viesada do efeito da interação sobre a produtividade científica. A Tabela 5, do Anexo, apresenta o *Teste de Hausman* para a comparação dos modelos estimados neste estudo. O resultado do teste indica, de forma geral, a estratégia de estimação para efeitos fixos como sendo a melhor alternativa para os modelos propostos.¹¹

11 No caso do modelo de número de artigos, em que a variável dependente é distribuída de acordo com uma função binomial negativa, a estimação será robusta para heterocedasticidade e autocorrelação. Segundo Cameron e Trivedi (2005), se os dados não são distribuídos de acordo com uma função binomial negativa, é essencial corrigir para heterocedasticidade. Adicionalmente, se a heterogeneidade individual é desprezada no modelo *pooled*, então é necessário incorporar a correção para autocorrelação dos erros entre os indivíduos.

Por meio das informações amostrais, verificou-se a presença de sobredispersão nos dados de número de artigos publicados, de modo que é aconselhável a especificação da função densidade de distribuição binomial negativa para a estimação do modelo de contagem de artigos, em conformidade com os trabalhos de Gonzalez-Brambila e Veloso (2007) e Lowe e Gonzalez-Brambila (2007). Isto é:

$$y_{it} = E(y_{it} | X_{it}, Z_i) = \exp \alpha_i (\mu + Z_i \gamma + X_{it} \beta) \quad (3.a)$$

$$y_{it} \sim \text{binomial negativa}$$

Já para o modelo em que a variável dependente é o IFPA, será estimada uma versão log-linear do modelo geral (3), ou seja:

$$y_{it} = \mu + x_{it}' \beta + z_i' \delta + \alpha_i' \gamma + u_{it} \quad (3.b)$$

Considerando a defasagem entre a produção intelectual e a publicação dos resultados, será assumida a exogeneidade fraca das variáveis *Teses_Dout*, *Dissert* e *Financ*, que serão defasadas de *um período*. Também será considerado, além do impacto corrente da interação com empresa sobre a produtividade acadêmica, seu impacto defasado (*l_intera*). Variáveis *dummies* temporais foram inseridas para captar efeitos “macro” que podem alterar a média anual de publicações. Portanto, a especificação funcional considerada para as estimações será:

$$Y = f(\text{Intera}, \text{Tempo Dout}, \text{Dout Exterior}, \text{Sexo}, \text{Teses}, \text{Financ}, \\ \text{Dummies de Instituição e Dummies de Tempo})$$

5. Resultados

A Tabela 3 apresenta os coeficientes estimados no modelo para o número de artigos. Nas três colunas são consideradas as estimações por efeitos fixos, por efeitos aleatórios e *pooled*, respectivamente. São apresentadas duas versões para a estimação, sendo que a primeira inclui a variável de interação em tempo corrente e a segunda em que a mesma a variável de interação é defasada em um período.

TABELA 3
Resultados da estimação para o número de artigos publicados pelos pesquisadores 2003-04

Número de artigos				Número de artigos			
	NB FE	NB RE	Pooled		NB FE	NB RE	Pooled
Intera	0,1252	0,1976*	0,3059**	Intera	-0,1928*	-0,0420	0,2096
Tempo_	0,2018**	0,1162***	0,0763***	Tempo_	0,2209***	0,1107***	0,073**
Dout				Dout			
Tempo_	-0,0034***	-0,0020***	-0,0011**	Tempo_	0,0035***	0,0019***	-0,0011
Dout ²				Dout ²			
Dout_Ex-		0,2358	0,2718*	Dout_Ex-		0,2185	0,2667
terior				terior			
Sexo (0,2911	0,2506	Sexo		0,3019	0,2568
Ho-				(Ho-			
mem=1)				mem=1)			
Teses	0,0372	0,0781**	0,2523***	Teses	0,0296	0,0814***	0,2581***
(t-1)				(t-1)			
Financia-	0,0253	0,0435***	0,0459***	Financia-	0,0257	0,0450***	0,0467**
mentos				mentos			
(t-1)				(t-1)			
dummy_		-0,5194***	-0,4771***	dummy_		-0,5091***	0,4646***
Unesp				Unesp			
dummy_		0,2879	0,2471	dummy_		0,3220	0,2817
Unicamp				Unicamp			
dummy_		-0,4110	-0,3270	dummy_			-0,3224
Outros				Outros			
dummy_				dummy_			
ano02				ano02			
dummy_				dummy_			
ano04				ano04			
dummy_	-0,1610	-0,1004	0,0050	dummy_	-0,1578	-0,1441**	0,1647*
ano06				ano06			
cons-	2,7189	6,0871	-0,7271**	cons-	2,1348	14,7879	-0,5966*
tante				tante			

Fonte: Institute for Scientific Information (ISI); CNPq. Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP), Currículo *Lattes*. Elaboração dos autores.

*** Significante a 1%, ** Significante a 5%, * Significante a 10%.

No modelo de efeitos aleatórios e *pooled*, em que a variável de interação é incluída no tempo corrente, condicionados aos demais determinantes da produtividade científica, os pesquisadores que realizaram a cooperação universidade-empresa publicaram de 19,8% a 30,6% mais artigos do que aqueles que não cooperaram.

Na estimação de efeitos fixos, com a variável de interação inserida em tempo corrente, os resultados indicam um impacto positivo, mas não significativo, da

mesma sobre o número de artigos publicados. Isso sugere que a interação com o setor privado, de fato, pode não ter apresentado um efeito positivo na produtividade científica dos pesquisadores da amostra. A comparação com a especificação de efeitos aleatórios e *pooled* sugere, para a amostra utilizada, que o efeito positivo encontrado para aquelas estimações poderia estar, na verdade, “contaminado” por um efeito positivo de características não observáveis dos pesquisadores sobre a produtividade, o qual estaria correlacionado com a variável de interação com o setor privado.

Defasando a variável de interação em um período, é possível observar uma relação dinâmica que a mesma possa apresentar com a produtividade científica dos pesquisadores da amostra. Um fato digno de nota é a inversão do sinal para a estimativa do impacto da interação pelo método de efeitos fixos, indicando que a interação no período passado reduz a produtividade científica em 19,3% no período corrente, resultado esse significativo em termos estatísticos em um nível de 10% de significância. As estimações para efeitos aleatórios e *pooled* não indicaram efeito estatisticamente significativo da interação sobre o número de artigos publicados, mas pode-se observar uma redução nos valores estimados, que chega a ser negativo também para a especificação de efeitos aleatórios.

Como resultado geral, pode-se observar que a superioridade dos pesquisadores que realizaram a cooperação, em número de publicações, decresceu à medida que se controlou (de forma cada vez melhor) o viés de variável omitida das especificações. Em outras palavras, comparados em termos não condicionais, pesquisadores que realizaram a interação publicaram em média um artigo a mais (56%), por período, do que aqueles que não haviam interagido. Quando controlado pelas características observáveis dos pesquisadores, mostrou-se que essa superioridade seria menor, com um diferencial de produtividade em torno de 12% a 20%. Controlando-se para as heterogeneidades não observáveis, por fim, verificou-se que tal diferença pode não existir, sendo que a interação pode apresentar impacto negativo no número de publicações científicas em termos dinâmicos.

O tempo de pesquisa se revelou importante para explicar a produtividade docente em termos do número de artigos publicados, confirmando a hipótese de um pico de produtividade docente. Em ambos modelos foi estimado um pico de produtividade em pesquisa em torno de 29 anos posteriormente à obtenção do Doutorado.¹²

12 *Ceteris paribus*, considerando a número de artigos publicados (y) como função do tempo de experiência (x), basta calcular o ponto de máximo pela condição de primeira ordem, igualando a primeira derivada a zero, com base nas estimativas obtidas.

Os resultados das estimações para efeitos aleatórios e *pooled* indicam uma relação positiva e estatisticamente significativa entre o número de orientações de Doutorado e a produtividade docente: cada orientação de tese de Doutorado concluída no período corrente impactou num aumento médio do número de artigos publicados no período posterior entre 7,8% e 25,2% (entre 8,1% e 25,8%, para o modelo com a variável de interação defasada).

Esses modelos também destacam a relação positiva entre a participação em projetos de pesquisa financiados por órgãos de fomento e a produtividade científica (média superior entre 4,4% e 4,7% no número de artigos publicados no período posterior). Apenas a estimação *pooled*, para o modelo com a variável de interação no período corrente, indica que pesquisadores que obtiveram o título de doutor no exterior publicaram, em média, 27,2% mais artigos do que aqueles que obtiveram o título no país, resultado estatisticamente significativo em nível de 10%.

De modo semelhante à análise das estimativas do efeito da interação com o setor privado sobre a produtividade científica, as estimativas para todas as outras covariadas devem ser consideradas sob a possibilidade de captarem também o efeito da correlação com características não observáveis dos pesquisadores, quando são estimados os modelos de efeitos aleatório e *pooled*.

A Tabela 4 apresenta a análise para o indicador qualitativo de produtividade, com os coeficientes estimados no modelo para o IFPA como variável dependente.

De modo análogo à análise para o número de artigos publicados, os resultados obtidos também sugerem impacto positivo da interação (corrente) sobre a produtividade científica ponderada pelo fator de impacto das publicações nas estimações dos modelos de efeitos aleatórios e *pooled*. As estimativas indicam IFPA superior entre 16,7% e 28,9% para os pesquisadores que realizaram a interação em relação àqueles que não o fizeram. Na estimação de efeitos fixos, o impacto se mostrou inferior e não significativo estatisticamente, um indicativo de que o efeito positivo das estimativas de efeitos aleatórios e *pooled* era resultado da correlação com as heterogeneidades não observadas dos pesquisadores, viesando os coeficientes.

Quanto ao modelo com a variável *intera* defasada em um período, os resultados seguiram o padrão em que a interação com o setor privado é considerada na forma contemporânea. A interação no período passado eleva o IFPA corrente dos pesquisadores entre 12,1% e 30,4% na estimação para efeitos aleatórios e *pooled*, enquanto no modelo para efeitos fixos os resultados foram não significantes estatisticamente, observando-se ainda uma inversão de sinal no coeficiente.

TABELA 4
Resultados da estimação para o IFPA
2003-04

Ln (1+IFPA)				Ln (1+IFPA)			
	FE	RE	Pooled		FE	RE	Pooled
Intera	0,0407	0,1672***	0,2887***	Intera	0,0407	0,1672***	0,2887***
Tempo_	-0,0100	0,0130	0,0063	Tempo_	-0,0100	0,0130	0,0063
Dout				Dout			
Tempo_	0,0002	0,0000	0,0000	Tempo_	0,0002	0,0000	0,0000
Dout²				Dout²			
Dout_Ex-		0,1342	0,1407	Dout_Ex-		0,1342	0,1407
terior				terior			
Sexo (Ho-		0,1650***	0,1516**	Sexo (Ho-		0,1650***	0,1516**
mem=1)				mem=1)			
Teses (t-1)	-0,0126	0,0351	0,09645***	Teses	-0,0126	0,0351	0,09645***
				(t-1)			
Financia-	0,0020	0,0169**	0,0172**	Financia-	0,0020	0,0169**	0,0172**
mentos				mentos			
(t-1)				(t-1)			
dummy_		0,1293*	0,1254*	dummy_		0,1293*	0,1254*
Unesp				Unesp			
dummy_		0,0986	0,0747	dummy_		0,0986	0,0747
Unicamp				Unicamp			
dummy_		0,0093	0,0118	dummy_		0,0093	0,0118
Outros				Outros			
dummy_				dummy_			
ano02				ano02			
dummy_				dummy_			
ano04				ano04			
dummy_	0,4004	0,0075	0,0363	dummy_	0,4004	0,0075	0,0363
ano06				ano06			
constante	0,4996**	0,0073	-0,0209	constante	0,4996**	0,0073	-0,0209

Fonte: Institute for Scientific Information (ISI); CNPq. Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP), Currículo *Lattes*. Elaboração dos autores.

*** Significante a 1%, ** Significante a 5%, * Significante a 10%.

Portanto, em termos gerais, observou-se um resultado muito parecido com a análise para o número de artigos publicados pelos pesquisadores da amostra. Enquanto o IFPA daqueles que interagiram foi bastante superior (190%) ao dos pesquisadores que não realizaram a interação U-E em termos não condicionais, a análise econométrica permitiu verificar que o controle pelas características observáveis e não observáveis resultou na estimação de um impacto sensivelmente menor, ou mesmo nulo da variável de interação sobre o IFPA dos pesquisadores.

Quanto à relação do impacto da idade de pesquisa com a evolução qualitativa da produtividade científica, a mesma relação quadrática não pôde ser observada. Os coeficientes associados às variáveis *Temp_Dout* e *Temp_Dout*² não se demonstraram significativos estatisticamente em nenhum dos modelos estimados. Contudo, pode-se observar novamente a correlação positiva entre orientação de teses de Doutorado e produtividade científica, agora traduzida pelo IFPA, que expressa um aumento médio de 4,5% a 10,6% no IFPA associado ao pesquisador. Já a participação em projetos de pesquisa financiados por órgãos de fomento possui impacto pequeno na produtividade científica, porém significativa em nível de 5%, indicando aumento médio de 1,6% a 1,7% no IFPA associado ao pesquisador. O IFPA associado aos pesquisadores do sexo masculino, em média, é de 15,1% a 16,5% maior do que o IFPA associado às mulheres, estimativas significantes em nível de 5%.

6. Considerações finais

Este estudo buscou estimar o impacto da interação universidade-empresa na produtividade científica dos pesquisadores universitários, em termos do número de artigos publicados e do impacto dos trabalhos publicados. Foi realizado um *matching* que permitiu a comparação com um grupo de controle de pesquisadores da mesma área e com o mesmo tempo de Doutorado. Os modelos econométricos utilizados para a análise da produtividade científica procuram levar em consideração as características observáveis e não observáveis dos pesquisadores, assim como sua relação com a própria realização da interação com empresas por parte dos cientistas.

Os efeitos encontrados das variáveis explicativas utilizadas neste trabalho sobre a produtividade dos pesquisadores vão de encontro com os resultados observados nos estudos empíricos da literatura internacional. O impacto do ciclo de vida na produtividade científica, encontrado para o número de artigos publicados, é corroborado nas evidências encontradas em outros trabalhos, assim como o diferencial de produtividade entre os sexos. Também se observou a correlação positiva entre a orientação de teses de Doutorado e a produtividade científica dos pesquisadores aqui analisados.

Os resultados obtidos nas especificações para efeitos aleatórios e *pooled* sugeriram efeito positivo da interação universidade-empresa na produtividade docente, tanto em termos puramente quantitativos como ajustados qualitativamente pela ponderação do fator de impacto. Considerando a possibilidade de viés desses resultados, derivado da correlação entre a interação com o setor privado e as heterogeneidades não observadas

dos pesquisadores, estimou-se um modelo para efeitos fixos. Os resultados para essa especificação foram bastante interessantes e indicaram que a interação universidade-empresa em si não apresenta impacto positivo sobre a produtividade, sendo que a 10% de significância o modelo de efeitos fixos indicou efeito negativo da interação passada sobre a produtividade científica corrente.

Portanto, as estimações apresentaram evidências de que a maior produtividade científica observada entre os pesquisadores que realizaram a interação U-E pode ser consequência de suas características não observáveis, as quais apresentariam correlação positiva com a interação com o setor privado e, quando não controladas, implicariam o viés positivo do coeficiente estimado para o efeito da interação U-E sobre a produtividade dos pesquisadores.

Como observação geral, constatou-se que a influência dos fatores não observáveis pode ser um determinante importante da produtividade em pesquisa dos cientistas universitários da área de Ciências Exatas e da Terra considerados nesse estudo. Em outras palavras, seja explicado pela hipótese da “centelha divina”, e/ou por um mecanismo de retroalimentação, é importante destacar que as heterogeneidades individuais dos pesquisadores são indutoras para um diferencial mais amplo na *performance* produtiva do pesquisador, demonstrado pelo seu número de orientações, capacidade de angariar financiamento e, inclusive, de realizar interações com empresas.

Por fim, devem-se ressaltar as limitações deste estudo quanto à abrangência das áreas e às universidades pesquisadas. Como apenas a grande área de Ciências Exatas e da Terra foi considerada, restrita ainda aos pesquisadores das universidades estaduais paulistas, é fundamental certa precaução antes de extrapolar os resultados para o universo de pesquisadores e associar os resultados deste artigo aos pesquisadores de outras áreas e instituições.

Referências bibliográficas

ALLISON, P.; STEWART, J. Productivity differences among scientists: evidence for accumulative advantage. *American Sociological Review*, v. 39, p.596-606, Aug. 1974.

ALLISON, P.; LONG, J.; KRAUZE, K. Cumulative advantage and inequality in science. *American Sociological Review*, v. 47, p. 615-25 Out. 1982.

BECKER, G. Investment in human capital: a theoretical analysis. *Journal of Political Economy*. v. 70, n. 5, p. 9-49, 1962.

BRITO CRUZ, C. A universidade, a empresa e a pesquisa que o país precisa. *Política e Organização da Inovação Tecnológica*, v. 8, p. 5-30, 2000.

CAMERON, C.; TRIVEDI, P. *Microeconometrics using Stata*. Texas: Stata Press, 2009.

CARAYOL, N.; MATT, M. Does research organization influence academic production? Laboratory level evidence from a large European university. *Research Policy*, v. 33, p. 1081-1102, Jul. 2004.

COLE, J. R.; COLE, S. Social stratification in science. *American Journal of Physics*, v. 42, n. 10, p.923-924 Out. 1974.

COLE, S. Age and scientific performance. *American Journal of Sociology*. v. 84, n. 4, p. 958-977, Jan. 1979.

FOX, M. Publication productivity among scientists: a critical review. *Social Studies of Science*. Londres, v.13, n.2, p. 285-305, May 1983.

_____. Research, teaching, and publication productivity: mutuality versus competition in Academia. *Sociology of Education*, v. 65, n. 4, p. 293-305, Out. 1992.

GONZALEZ-BRAMBILA, C.; VELOSO, F. M. The determinants of research output and impact: a study of mexican research. *Research Policy*, v. 36, n. 7, p. 1035-1051 Set. 2007.

GULBRANDSEN, M.; SMEBY, J. Industry funding and university professors' research performance. *Research Policy*. Amsterdam, v. 34 p. 932-50 2005.

HANSEN, W.; WEISBROD, B.; STRAUSS, R. Modeling the Earnings and Research Productivity of Academic Economists. *Journal of Political Economy*, vol. 86, p. 729-41 1978.

HAUSMAN, J.; BRONWYN, H.; GRILICHES, Z. Econometric Models for Count Data with an Application to the Patents-R & D Relationship. *Econometrica*, v. 52, p. 909-38, 1984.

LETA, J.; BRITO CRUZ, C. A produção científica Brasileira. In: VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. M. (Orgs.). *Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

LEVIN, S.; STEPHAN, P. Research productivity over the life cycle: evidence for academic scientists. *The American Economic Review*, v. 81, n. 1, p. 114-132, mar. 1991.

LONG, J. Productivity and academic position in the scientific career. *American Sociological Review*, v. 43, n. 6, p. 889-908, Dec. 1978.

_____. Measures of sex differences in scientific productivity. *Social Forces*, v. 71, n. 1, p. 159-178, Sep. 1992.

LOTKA, A. The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Science*, v. 5, n. 16, Jun. 1926.

LOWE, R. A.; GONZALEZ-BRAMBILA, C. Faculty entrepreneurs and research productivity. *The Journal of Technology Transfer*, v. 32, n. 3, p. 173-194, Jun. 2007.

MACHADO, A.; ANDRADE, M.; ALBUQUERQUE, E. *Atraso tecnológico, atraso social: uma investigação sobre as relações de produção científico-tecnológica e desenvolvimento humano no Brasil*. Belo Horizonte: Cedeplar/Universidade Federal de Minas Gerais, 2003 (Textos para discussão, 197).

MERTON, R. The Matthew Effect in science. *Science*, v. 159, n. 3810, p. 56-63, Jan. 1968.

MOWERY, D.; SAMPAT, B. The Bayh-Dole Act of 1980 and university-industry technology transfer: a model for other OECD governments? *Journal of Technology Transfer*, v. 30, p. 115-127, 2005.

RAPINI, M. Interação universidade-empresa no Brasil: evidências do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq. *Estudos Econômicos*, v. 37, n. 1, p. 211-233, jan. 2007.

SOMBATSOMPOP, N.; MARKPIN, T. Making an equality of ISI impact factors for different subject fields. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 56, n. 7, p. 676-683, Jan. 2005.

STEPHAN, P. The economics of science. *Journal of Economic Literature*, v. 34, n. 3, p. 1199-1235, Sep. 1996.

SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. *A interação entre universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil*. Belo Horizonte: Cedeplar/ Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2008 (Texto para discussão, 329).

THURSBY, J.; THURSBY, M. *Who is selling the Ivory Tower?* Sources of growth in university licensing. NBER, 2000 (Working paper, 7718).

THURSBY, M.; THURSBY, J.; GUPTA-MUKHERJEE, S. *Are there real effects of licensing on academic research?* A life cycle view. NBER, 2005 (Working paper, 11497).

TURNER, L.; MAIRESSE, J. *Individual productivity differences in public research: how important are non-individual determinants? An econometric study of french physicist's publications (1986-1997)*. Paris-1 Univ., maio 2002 (Texto para discussão).

VAN LOOY, B.; RANGA, M. CALLAERT, J.; DEBACKERE, K.; ZIMMERMANN, E. Combining entrepreneurial and scientific performance in academia: towards a compounded and reciprocal Matthew-effect? *Research Policy*. Amsterdam, vol. 33, p. 425-41, 2004.

VAN LOOY, B.; CALLAERT, J.; DEBACKERE, K. Publication and patent behavior of academic researchers: conflicting, reinforcing or merely co-existing? *Research Policy*, v. 35, p. 596-608, 2006.

VELLOSO, J. Universidade na América Latina: rumos do financiamento. *Cadernos de Pesquisa*, N. 110, p. 39-66, jul. 2000.

XIE, Y.; SHAUMAN, K. Sex evidences in research productivity: new evidences about an old puzzle. *American Sociological Review*, v. 63, n. 6, p.847-870, Dec. 1998.

WOOLDRIDGE, J. *Introductory econometrics*. 2 ed. South-Western, 2003.

Anexo

TABELA 1
Distribuição dos pesquisadores, por situação de interação com o setor produtivo, segundo vínculo empregatício
2001-06

Em porcentagem

Biênios	Vínculo empregatício	Não Interagem	Interagem	Total
2001-02	Outros	12,0	0,0	12,0
	Unesp	29,0	3,0	32,0
	Unicamp	7,0	2,0	8,0
	USP	43,0	5,0	48,0
	Total	91,0	9,0	100,0
2003-04	Outros	7,0	5,0	12,0
	Unesp	17,0	15,0	32,0
	Unicamp	4,0	4,0	8,0
	USP	26,0	22,0	48,0
	Total	54,0	46,0	100,0
2005-06	Unesp	27,0	5,0	32,0
	Unicamp	6,0	2,0	8,0
	USP	41,0	7,0	48,0
	Total	85,0	15,0	100,0

Fonte: Institute for Scientific Information (ISI); CNPq. Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP), Currículo *Lattes*. Elaboração dos autores.

TABELA 2
Distribuição dos pesquisadores, por situação de interação com o setor produtivo, segundo sexo 2001-06

Em porcentagem				
Biênios	Sexo	Não Interação	Interação	Total
2001-02	Mulheres	23,42	1,90	25,32
	Homens	67,09	7,59	74,68
	Total	90,51	9,49	100,00
2003-04	Mulheres	14,24	11,08	25,32
	Homens	39,87	34,81	74,68
	Total	54,11	45,89	100,00
2005-06	Mulheres	22,47	2,85	25,32
	Homens	62,34	12,34	74,68
	Total	84,81	15,19	100,00

Fonte: Institute for Scientific Information (ISI); CNPq. Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP), Currículo *Lattes*. Elaboração dos autores.

TABELA 3
Pesquisadores, por situação de interação com o setor produtivo, segundo número de artigos publicados 2001-06

Nº de artigos	2001-02			2003-04			2005-06		
	Não Interação	Interação	Total	Não Interação	Interação	Total	Não Interação	Interação	Total
0	150	10	160	94	56	150	129	11	140
1	44	6	50	24	25	49	50	6	56
2	15	1	16	16	13	29	23	7	30
3	24	0	24	3	11	14	17	3	20
4	16	4	20	10	8	18	18	4	22
5	6	0	6	6	6	12	5	4	9
6	9	0	9	6	3	9	4	3	7
7	6	1	7	4	7	11	3	4	7
8	4	3	7	1	4	5	4	3	7
9	1	1	2	2	1	3	4	0	4
10 ou mais	11	4	15	5	11	16	11	3	14
Total	286	30	316	171	145	316	268	48	316

Fonte: Institute for Scientific Information (ISI); CNPq. Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP), Currículo *Lattes*. Elaboração dos autores.

TABELA 4
Pesquisadores, por situação de interação com o setor produtivo, segundo o IFPA 2001-06

IFPA	2001-02			2003-04			2005-06		
	Não Interação	Interação	Total	Não Interação	Interação	Total	Não Interação	Interação	Total
0-1	218	17	235	145	89	234	205	24	229
1-2	27	3	30	12	17	29	23	9	32
2-3	13	3	16	4	14	18	16	3	19
3-4	5	1	6	1	5	6	10	2	12
4-5	4	1	5	3	2	5	7	4	11
5-6	1	0	1	1	4	5	2	2	4
6-7	10	1	11	1	3	4	1	1	2
7-8	2	1	3	1	2	3	1	1	2
8-9	1	0	1	0	2	2	1	2	3
9-10	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Maior que 10	5	3	8	2	7	9	2	0	2
Total	286	30	316	171	145	316	268	48	316

Fonte: Institute for Scientific Information (ISI); CNPq. Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP), Currículo *Lattes*. Elaboração dos autores.

TABELA 5
Teste de Hausman – modelos de Efeitos Fixos (EF) e Efeitos Aleatórios (EA)

Modelos estimados		Modelo adequado	
Variável Dependente	Variável de Interação	Conclusão	EF ou EA
Número de artigos	Corrente	Rejeita hipótese nula	EF
Número de artigos	Defasada	Rejeita hipótese nula	EF
IFPA	Corrente	Rejeita hipótese nula	EF
IFPA	Defasada	Rejeita hipótese nula	EF

Fonte: Institute for Scientific Information (ISI); CNPq. Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP), Currículo *Lattes*. Elaboração dos autores.

TABELA 6
Resultado das estimações para a especificação mais abrangente

Número de artigos				Número de artigos			
	NB FE	NB RE	Pooled		NB FE	NB RE	Pooled
Intera	0,1219	0,1892*	0,3030**	Intera	-0,1951*	-0,0468	0,204
Tempo_	0,2100*	0,1185***	0,0741**	Tempo_	0,2283*	0,1131***	0,0712**
Dout				Dout			
Tempo_	-0,004**	0,0024**	0,0012	Tempo_	-0,0041**	0,0022***	0,0011
Dout ²				Dout ²			
Tempo_	0,0373	0,0161	0,0043	Tempo_	0,0384	0,0195	0,0068
po_LD				po_LD			
Posdoc	0,049	0,0622	-0,0807	Posdoc	0,0654	0,1163	0,0009
Dout_Ext		0,2574	0,2719*	Dout_Ext		0,2427	0,2696*
Sexo (Ho- mem=1)		0,2528	0,2435	Sexo (Ho- mem=1)		0,2582	0,245
Teses (t-1)	0,0378	0,0775**	0,2496***	Teses (t-1)	0,0299	0,0802***	0,2545***
Financiamentos (t-1)	0,0227	0,04030***	0,0449***	Financiamentos (t-1)	0,0232	0,0446***	0,455***
Dissertações (t-1)	-0,0182	-0,0088	0,0164	Dissertações (t-1)	0,0200	-0,0048	0,0226
dummy_Unesp		-0,5028***	-0,4811***	dummy_Unesp		-0,4910***	-0,4672***
dummy_Unicamp		0,3731	0,2668	dummy_Unicamp		0,4232	0,3127
dummy_Outros		-0,3569	-0,3064	dummy_Outros		0,3445	-0,2891
dummy_ano02				dummy_ano02			
dummy_ano04				dummy_ano04			
dummy_ano06	0,1775	-0,1027	0,86	dummy_ano06	0,1701	-0,1419**	-0,1582***
constante	2,1385	12,6798	0,7097**	constante	2,1075	13,684	0,5935**

(continua)

TABELA 6
Resultado das estimações para a especificação mais abrangente

(continuação)

	Ln (1+IFPA)				Ln (1+IFPA)		
	FE	RE	Pooled		FE	RE	Pooled
Intera	0,0455	0,1626***	0,2781***	Intera	-0,0491	0,1131**	0,2907***
Tempo_	-0,0099	0,0147	0,0105	Tempo_	-0,0078	0,015	0,0114
Dout				Dout			
Tempo_	0,0001	-0,0002	-0,0001	Tempo_	0,0001	-0,0002	-0,0001
Dout²				Dout²			
Tempo_	0,0074	0,0107	0,0074	Tempo_	0,0102	0,0115	0,0077
LD				LD			
Posdoc	0,0681	-0,0512	-0,0095	Posdoc	-0,0629	-0,0178	0,0205
Dout_Ex-		0,1339	0,1433	Dout_Ex-		0,1321	0,1436
terior				terior			
Sexo (Ho-		0,1458**	0,1390**	Sexo (0,1451**	0,1386**
mem=1)				Ho-			
				mem=1)			
Teses	-0,01333	0,033	0,937**	Teses	-0,0153	0,0421*	0,1050**
(t-1)				(t-1)			
Financia-	0,0022	0,0163**	0,0177**	Financia-	0,0022	0,0156*	0,0167*
mentos				mentos			
(t-1)				(t-1)			
Disserta-	0,0092	-0,0008	-0,0195	Disserta-	0,0092	-0,0016	-0,0179
ções (t-1)				ções (t-1)			
dummy_		-0,1231*	-0,1250*	dummy_		-0,1180	-0,1165*
Unesp				Unesp			
dummy_		0,1434	0,1013	dummy_		0,1503	0,1025
Unicamp				Unicamp			
dummy_		0,0182	0,0237	dummy_		0,02	0,0264
Outros				Outros			
dummy_				dummy_			
ano02				ano02			
dummy_				dummy_			
ano04				ano04			
dummy_	0,4019	0,0064	0,0324	dummy_	0,4041	-0,0973***	-0,1581***
ano06				ano06			
constante	0,4828**	0,0191	-0,0144	constante	0,4835**	0,0747	0,0714

*** Significante a 1%, ** Significante a 5%, * Significante a 10%.

Fonte: Institute for Scientific Information (ISI); CNPq. Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP), Currículo *Lattes*. Elaboração dos autores.

ENDEREÇOS PARA CORRESPONDÊNCIA:

Rodrigo Baggi Prieto Alvarez – rodrigobaggi@hotmail.com
FEA-RP/USP - Departamento de Economia
Avenida dos Bandeirantes, 3.900
14040-905 - Ribeirão Preto/ SP

Sérgio Kannebley Júnior – skj@usp.br
FEA-RP/USP - Departamento de Economia
Avenida dos Bandeirantes, 3.900
14040-905 - Ribeirão Preto/ SP

Murilo Damiano Carolo – murilocarolo@yahoo.com.br
FEA-RP/USP - Departamento de Economia
Avenida dos Bandeirantes, 3.900
14040-905 - Ribeirão Preto/ SP

