UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE RIBEIRÃO PRETO DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA – ÁREA: ECONOMIA APLICADA

EDSON SHIMADA

Efetividade da Lei do Bem no estímulo ao investimento em P&D:

Uma análise com dados em painel

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Kannebley Jr.

RIBEIRÃO PRETO

Prof. Dr. João Grandino Rodas

Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Sigismundo Bialoskorski Neto

Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Sérgio Kannebley Jr.

Chefe do Departamento de Economia

3

EDSON SHIMADA

Efetividade da Lei do Bem no estímulo ao investimento em P&D:

Uma análise com dados em painel

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia – Área: Economia Aplicada da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Versão Corrigida. A original encontra-se disponível na FEA-RP/USP.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Kannebley Jr.

Ribeirão Preto

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Shimada, Edson

Efetividade da Lei do Bem no estímulo ao investimento em P&D: Uma análise com dados em painel Ribeirão Preto, 2013.

62 p.: il.; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Orientador: Kannebley Júnior, Sérgio.

1.P&D. 2. políticas de inovação. 3.matching. 4. avaliação de política

FOLHA DE APROVAÇÃO

T 1			α			1
Ed	01	าท	· (111	ทจ	da
1 7 1		,,,,			114	ua

Efetividade da Lei do Bem no estímulo ao investimento em P&D: Uma análise com dados em painel

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia – Área: Economia Aplicada da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Versão Original.

Aprovada em:		
BANCA EXAMINADORA		
Prof. Dr. Sérgio Kannebley Jr.		
Instituição: FEA-RP	Assinatura:	
Prof. Dr		
Instituição:	Assinatura:	
Prof. Dr		
Instituição:	Assinatura:	

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar ao meu orientador, Professor Sérgio Kannebley Júnior, por dedicar seu tempo e atenção.

À Fernanda de Negri pelo apoio no IPEA e no MCTI. Igualmente, à Glaucia Ferreira do IPEA.

Por fim, à CAPES e à FAPESP pelo auxílio financeiro.

RESUMO

SHIMADA, E. **Efetividade da Lei do Bem no estímulo ao investimento em P&D: Uma análise com dados em painel.** 2013. 62 f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2013.

O objetivo deste trabalho é contribuir para literatura empírica que avalia o impacto dos incentivos públicos à pesquisa e desenvolvimento (P&D) com dados de firmas brasileiras. Em particular foi avaliado o impacto da Lei do Bem, instrumento de incentivo fiscal à atividade de pesquisa e desenvolvimento privado. Essa avaliação foi conduzida a partir de estimações de modelos econométricos com microdados de empresas industriais brasileiras. Foi aplicado a técnica de *matching* e realizadas estimações de modelos empíricos de investimento com dados em painel. O impacto foi avaliado considerando toda amostra de empresas industriais e por intensidade tecnológica, adicionalmente foi analisado o efeito de dosagem. Os resultados trazem evidências que existe impacto positivo no dispêndio em P&D nas firmas, rejeitando a hipótese de *crowding-out*.

Classificação JEL: O31, O38, H32, C23

Palavras-chave: P&D, políticas de inovação, matching, avaliação de política

ABSTRACT

SHIMADA, E. **The Effect of 'Lei do Bem' on stimulate the R&D investment: an analysis using panel data.** 2013. 62 p. Dissertation (master degree) — Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2013.

The objective of this work is to contribute to the empirical literature that evaluates the effectiveness of public support on private R&D with Brazilian firms data. In particular was evaluated an instrument of fiscal incentive called 'Lei do Bem'. The evaluation was conducted applying econometric approach using microdata of industrial firms. A matching was conducted and estimated empirical investment equation with panel data. The effect was evaluated in full sample and dividing by technological intensity, the dosage effect was also considered. The results indicate a positive impact on the expenditure in R&D, rejecting the crowding-out hypothesis.

JEL Classification: O31, O38, H32, C23

Keywords: R&D, innovation policy, *matching*, policy evaluation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Renúncia fiscal por Lei.	15
Figura 2 - Impactos de um incentivo ao P&D	27
Figura 3 - Efeitos de um subsídio sobre o P&D sobre o dispêndio	28
Figura 4 – densidades de kernel do propensity score	43
Figura 5 – Tendência não-condicional para variável dependente: PD1 e PD2	44
Figura 6 - Tendência não-condicional para variável dependente PoTec	45

SUMÁRIO

Resumo	7
Lista de Figuras	9
Sumário	10
Introdução	11
Programas de incentivo à P&D&I no Brasil	14
1.1. Breve histórico	14
1.2. Incentivos fiscais	16
2. Revisão da Literatura	19
2.1. Introdução	19
2.2. Modelo Teórico	20
2.3. Literatura Empírica	23
3. Metodologia	26
3.1. Avaliação de políticas de incentivo ao P&D	26
3.2. Modelo Empírico	30
3.3. Estratégia de Estimação	31
3.4. Bases de Dados	35
3.4.1 PINTEC	35
3.4.2 PIA	36
3.4.3 RAIS	36
3.4.4 Dados MCT- Lei do Bem	36
3.4.5 Construção das Variáveis	36
3.4.6 Estatísticas Descritivas	39
4. Resultados e Discussões	42
4.1. Matching	42
4.2. Estimação de impacto da Lei do Bem	46
4.3. Efeitos de dosagem do incentivo	52
5. Considerações Finais	56
Referências	58
Apêndice	60
A. Matching	60
B. Inventário perpétuo	60
C. Intensidade Tecnológica	61
D. Resultados Gráficos do algoritmo de Hansen (1999)	61

INTRODUÇÃO

O conhecimento produzido pela Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) possui características de não-rivalidade, de forma que o mercado não é capaz de ensejar a produção da quantidade socialmente ótima. Adicionalmente, o problema de informação assimétrica entre administradores e investidores e o alto risco contribuem para o subinvestimento em P&D. Por outro lado, diversos estudos empíricos suportam que os retornos sociais do P&D são maiores que os retornos privados¹, evidenciando a existência de externalidades positivas. Desta forma, o estímulo governamental à atividade de P&D é justificado, desde que o P&D induzido produza benefícios à sociedade que compensem as perdas de receita do governo e aumento de impostos.

Os governos de diversos países têm feito esforços para alavancar o nível de P&D por meio de diversas ferramentas de estímulo². No Brasil esta situação não é diferente, sendo bastante explícito o esforço governamental em promover a inovação. Apesar das iniciativas governamentais crescentes no Brasil em promover a atividade de P&D privada, ainda há uma distância muito grande entre os níveis de P&D brasileiros e dos países desenvolvidos. Comparando a razão de gasto em P&D sobre o PIB, este índice fica em torno 1,9% na zona do Euro, 2,6% nos Estados Unidos e mais de 3% no Japão segundo dados da OCDE³. Conforme dados Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), no Brasil o dispêndio total em P&D foi de 1,17% do PIB em 2009, enquanto que somados apenas gastos privados este indicador corresponde a apenas 0,55% do PIB⁴.

As iniciativas governamentais para correção da falha de mercado na produção da quantidade socialmente ótima de conhecimento podem ser por meio de produção pública do conhecimento ou incentivos à produção privada. Os incentivos ao dispêndio privado em P&D podem vir na forma de incentivos fiscais, financiamentos com taxas subsidiadas, créditos sobre impostos, subvenções, ou ainda regras contábeis mais flexíveis como a depreciação

² para um survey internacional dos tratamentos de estímulo ao P&D ver Warda (2006) ³ fonte: Eurostat http://epp.eurostat.ec.europa.eu

para uma discussão ver Hall (1993).

⁴ fonte: MCTI http://mct.gov.br/index.php/content/view/9138.html (Atualização de 09/03/2012)

acelerada. Outra forma de promover o P&D é propiciar um ambiente favorável à propriedade intelectual evitando o *free-rider*, por exemplo, com a efetiva proteção por patentes.

O apoio por incentivos fiscais fundamenta-se em reduzir o custo do P&D, por outro lado, os subsídios diretos aumentam a taxa marginal de retorno do investimento (DAVID, et al., 2000). Entre as vantagens dos incentivos fiscais estão o baixo custo administrativo, a facilidade de acesso pelas empresas e a independência do setor público nas decisões de alocação de projetos e de montante a ser aplicado. No entanto sofre de desvantagens, como de ser restrito às grandes empresas, além de ter sua efetividade questionada em custo-benefício em termos de bem estar social. Apesar do conceito de incentivo fiscal compreender uma elegibilidade para todas as firmas e projetos, David, *et al.* (2000) argumentam que provavelmente o crédito será usado em projetos com maior retorno privado no curto prazo e que não são necessariamente os mesmos com maior retorno do ponto de vista do bem estar social.

Por fim, os incentivos fiscais podem ser atribuídos "em nível" ou "incremental" aos gastos em P&D. O primeiro concede o benefício sobre todo dispêndio realizado, como é o caso da Lei do Bem no Brasil. A modalidade incremental concede o benefício apenas no caso que há acréscimo de gastos entre períodos, como é o caso da França, que vem adotando incentivos incrementais baseados no acréscimo de gastos entre anos consecutivos (IENTILE e MAIRESSE, 2009).

O incentivo fiscal no Brasil para o P&D iniciou-se em 1993 com o PDTI/PDTA⁵, promovendo a inovação mediante aprovação de projetos. Em 2005 o PDTI/PDTA foi substituído pela Lei do Bem, que adquire uma forma mais moderna de incentivo fiscal, permitindo que os incentivos sejam acessados de forma automática, aumentando o número de empresas beneficiadas e o valor aplicado.

Os recursos do governo aplicados num incentivo estão sujeitos à possibilidade do efeito de *crowding-out*, ou seja, os fundos públicos substituiriam o dispêndio privado, que neste caso seria executado mesmo sem qualquer auxílio governamental. A hipótese que incentivos à inovação aumentam o dispêndio privado em P&D, embora seja amparada por exemplos internacionais, para o Brasil não há evidências robustas. O presente trabalho

⁵ Programa de Capacitação Tecnológica da Indústria e da Agropecuária (PDTI/PDTA), respaldados pela Lei nº 8.661 de 1993.

pretende, com base em métodos econométricos e com micro-dados de empresas industriais brasileiras, avaliar o impacto da Lei do Bem no incentivo à pesquisa e desenvolvimento nas firmas.

A partir de uma base de dados, proveniente de pesquisas do IBGE, de dados da RAIS, da SECEX e do MCT, com firmas industriais brasileiras de 1999 a 2009, foi construído um grupo de controle, a partir da aplicação de *propensity score matching* visando diminuir a possibilidade de viés de seleção, com aproximadamente 1500 empresas. Sobre a base de dados pareada foi estimado um modelo empírico de determinação de investimento com dados em painel e efeitos fixos. Para contornar o problema da amostra censurada foi usado o estimador semiparamétrico para modelo *tobit* com efeitos fixos proposto por Honoré (1992). Com o objetivo de determinar o efeito de dosagem do benefício fiscal sobre o indicativo de P&D foi usado o procedimento para estimação de modelos em painel proposto por Hansen (1999).

Os resultados das estimações sugerem um impacto positivo nas firmas beneficiárias da Lei do Bem no dispêndio em P&D, sendo estimado um aumento de 86 a 107% no dispêndio em P&D nas firmas e de 9% no pessoal técnico ocupado. Este impacto é significativo considerando firmas de setores considerados de baixa ou média intensidade tecnológica, e para o grupo de firmas de setores considerados de alta intensidade tecnológica não foi encontrado impacto significativo. Considerando o efeito da dosagem do incentivo fiscal, igualmente não foi encontrado um impacto estatisticamente significativo no dispêndio em P&D para o grupo de firmas considerado de alta intensidade tecnológica.

Sendo assim, essa dissertação está estruturada em cinco capítulos. O próximo capítulo aborda o tratamento da literatura no tema da avaliação do impacto de diversos programas de incentivo e metodologias existentes. No capítulo 2 são descritos aspectos metodológicos empregados. No capítulo 3, é feito um esboço do cenário de incentivo ao P&D no Brasil e uma breve descrição da Lei do Bem. O capítulo 4 apresenta os resultados empíricos e finalmente o capítulo 5 conclui com a discussão dos resultados.

1. PROGRAMAS DE INCENTIVO À P&D&I NO BRASIL

1.1. BREVE HISTÓRICO

No período recente as políticas de incentivo à Inovação no Brasil sofreram grande inflexão. A partir de 1994 até meados de 1998, no chamado período de estabilização macroeconômica do Plano Real, as políticas priorizavam a política cambial e fiscal limitando iniciativas em outras áreas como Inovação. Anterior a esse período cabe mencionar o PDTI/PDTA que iniciou em 1993 e vigorou até 2006, que promoveu a inovação através de incentivos fiscais para dispêndios em P&D e capacitação tecnológica. Em 1998 destaca-se a criação dos Fundos Setoriais, visando fornecer instrumentos de financiamentos ao P&D e inovação. A partir de 2003 houve aumento significativo da quantidade de recursos e da diversidade de instrumentos. São deste período a Lei da Inovação de 2004 e a Lei do Bem de 2005. Em síntese, estes programas e iniciativas demonstraram uma política de apoio governamental crescente à inovação e ao P&D.

A renúncia fiscal do governo federal segundo as leis de incentivo à pesquisa, desenvolvimento e capacitação tecnológica segue uma trajetória crescente⁶, que em 2010 ficou em torno de 5.8 bilhões de Reais nos instrumentos listados na Figura 1. Quanto ao volume de recursos empregado a cada programa, prevalece o acesso por incentivo fiscal pela Lei do Bem - Lei 11.196/05 e de Informática – Lei 8.248/91 e Lei 10.176/01, com significativo destaque para a Lei de Informática que no período de 1995 a 2001 respondeu de 74% a 92% da renúncia e de 2006 a 2010 com mais de 60%.

Além do crescente aumento de recursos, os mecanismos foram também se modernizando. Por exemplo, diferentemente do PDTI/PDTA que exigia a aprovação de projetos no MCTI, a Lei do Bem permite de forma automática que os incentivos sejam usados pelas empresas. O mecanismo de incentivo fiscal a Lei do Bem também conta com o de subvenção, com ressarcimento parcial de remunerações de pesquisador (mestre e doutor) pelas empresas.

Apesar dos nítidos avanços, os desafios do Brasil em inovação e P&D não são poucos, como por exemplo⁷:

⁷ baseado em Nigri e Lemos (2009)

⁶ dados do MCTI em http://mct.gov.br/index.php/content/view/9252.html

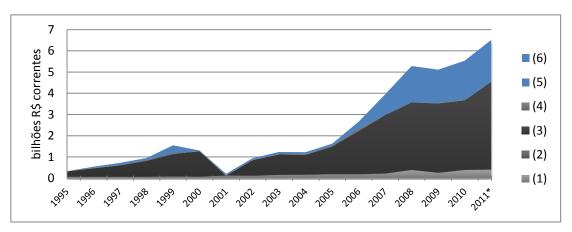


Figura 1 - Renúncia fiscal por Lei.

(1) Leis Importação de equipamentos para pesquisa pelo CNPq (Lei 8.010/90), (2) Isenção ou redução de impostos de importação (Lei 8.032/90), (3) Lei de informática (8.248/91 e 10.176/01), (4) Capacitação tecnológica da indústria e da agropecuária (Leis 8.661/93 e 9.532/97), (5) Lei de informática Zona Franca (Lei 8.387/91) e (6) Lei do Bem (Lei 11.196/05)

*valores estimados pela Receita Federal do Brasil

fonte: MCTI http://mct.gov.br/index.php/content/view/9252.html (atualizado em 28/04/2011) e para a Lei do Bem em http://mct.gov.br/index.php/content/view/8563.html

- Em termos de dispêndio como proporção do PIB ainda há uma grande lacuna para os países desenvolvidos. Comparando média a países da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) de 2% com 1.17% para o Brasil em 2009, significa uma diferença de mais de 29 bilhões de Reais em gastos com P&D⁸.
- A qualidade dos gastos é um item difícil de acessar, mas é possível verificar que Brasil tem um foco diferente dos países líderes, que notadamente dão ênfase a eletrônica, biotecnologia e tecnologias de informação.
- A abrangência e alcance dos programas de incentivo ainda é limitada. O PDTI/PDTA de 1994 a 2005, por exemplo, teve 217 acessos através de 179 empresas⁹. A Lei do Bem por sua natureza automática superou 300 acessos no segundo ano, e em 2010 chegou a 875 empresas cadastradas¹⁰. No entanto o acesso aos incentivos ainda é bem limitado no Brasil: em 2008 11.5% dos

⁸ valores R\$ de 2010

⁹ fonte: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12561.doc

fonte: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0023/23188.pdf

gastos privados em inovação receberam financiamento público, e 87.9% foram realizados com recursos próprios¹¹.

- Ambiente macroeconômico como o alto custo do crédito e alta taxa de juros real, alta volatilidade do produto e conseqüentemente alto risco, além de cambio desfavorável à competição internacional.
- Baixa interação universidade-empresa.
- Pouca experiência das firmas em setores tecnologicamente avançados.
- A oferta e demanda dos setores envolvidos é desarticulada.

Os instrumentos atuais de incentivo visam diminuir alguns destes obstáculos. Por exemplo, a Lei de Inovação beneficia a pesquisa e o desenvolvimento de novos processos e produtos nas empresas a partir da integração de esforços entre universidades, instituições de pesquisa e empresas de base tecnológica, além de subvenção no custeio e favorecimento na contratação de pesquisadores. A FINEP¹², com programas de financiamentos a projetos com taxas subsidiadas tenta contornar o problema de financiamento.

1.2. INCENTIVOS FISCAIS

Um mecanismo pioneiro no Brasil que incorpora os incentivos fiscais é a Lei de Informática¹³, no entanto é limitado ao setor de informática e automação. A Lei de Informática substituiu a reserva de mercado e instituiu incentivos fiscais ao setor, no entanto os projetos beneficiados são dependentes de aprovação.

Os incentivos fiscais à indústria em geral iniciaram com o PDTI/PDTA, instituído em 1993 pela Lei nº. 8.661/93 e vigorou até 2005 quando foi revogada e substituída pela Lei nº. 11.196/2005, a 'Lei do Bem'. Os incentivos no PDTI/PDTA eram concedidos mediante aprovação do projeto pelo MCTI. O PDTI foi muito restrito, em parte atribuído à burocracia de aprovação de projetos: segundo o MCTI, de 1994 a 2005 apenas 152 projetos foram aprovados e somados PDTI e PDTA foram 161 projetos e 144 empresas beneficiadas com R\$ 287 milhões em incentivos sob forma de renúncia fiscal.

¹³ Instituída pela Lei no. 7.232 de 1984 e substituída em 1991 pela Lei no. 8.248, que por sua vez é modificada pela Lei no. 10.176 de 2001.

¹¹ fonte: PINTEC 2008 – Pesquisa de Inovação Tecnológica realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

¹² Financiadora de Estudos e Projetos, órgão ligado ao MCTI.

A Lei do Bem, de 21 de novembro de 2005, eliminou a necessidade de aprovação dos projetos para usufruto dos incentivos fiscais. Assim como o PDTI/PDTA os benefícios de incentivo fiscal somente se aplicam às empresas optantes pelo sistema de tributação pelo Lucro Real com lucros tributáveis, e entre os principais instrumentos constam:

- deduções para apuração de lucro líquido de Imposto de Renda IRPJ e da base para Contribuição sobre o Lucro Líquido CSLL de 160% dos dispêndios efetuados em atividades de P&D (somente para empresas sob tributação de Lucro Real). Este valor pode chegar a 170% caso a empresa incrementar o número de pesquisadores em até 5% e 180% se incrementar acima de 5% este número. Além disso, caso tenha uma patente concedida ou cultivar registrado pode excluir do lucro líquido e da base do CSLL mais 20%;
- depreciação acelerada para máquinas e equipamentos para P&D (somente para empresas sob tributação de Lucro Real);
- amortização acelerada de bens intangíveis (somente para empresas sob tributação de Lucro Real);
- redução de 50% do IPI na compra de máquinas e equipamentos para P&D;
- isenção do Imposto de Renda retido na fonte nas remessas efetuadas para o exterior destinada ao registro e manutenção de marcas, patentes e cultivares;
- subvenção na folha de pagamento de pesquisadores;

As empresas beneficiárias pela Lei do Bem são obrigadas anualmente a fornecer informações sobre seus programas ao MCTI, através de um sistema eletrônico de pesquisa¹⁴. Na Tabela 1 é apresentada uma síntese dos resultados divulgados pelo MCTI, sumarizando os principais indicadores dos cinco anos primeiros anos.

Tabela 1 – Resultados Gerais da Lei do Bem

	número de empresas		Renúncia Fiscal	Investimento	
ano	cadastradas	habilitadas	(R\$ milhões)	em P&D (R\$ milhões)	
2006	130	130	229.0	2109.4	
2007	332	300	883.9	5107.8	
2008	552	460	1582.7	8804.1	
2009	635	542	1382.8	8331.2	
2010	875	639	1727.1	8622.0	

fonte: elaboração própria com base em informações do MCTI

14 http://www.mct.gov.br/formpd/fontes/php/telas-formpd-1.pdf

Comparando número de acessos à Lei do Bem com o PDTI verifica-se um crescimento na acessibilidade: no segundo ano a Lei do Bem já supera o número de 144 empresas alcançado em mais de 10 anos de PDTI. Estas empresas são tipicamente de grande porte, com investimento médio anual em P&D de mais de 13 milhões de Reais para o ano de 2010. Em termos de renúncia fiscal, de 2007 a 2010, cada empresa recebeu um benefício, em média, de mais de 2 milhões de Reais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. INTRODUÇÃO

O comportamento do P&D e do investimento físico têm grandes semelhanças e na literatura há uma convergência de tratamentos. Conforme Hall e Hayashi (1989) as semelhanças nas respostas de ambos às expectativas ao lucro, às oportunidades tecnológicas e aos preços de fatores sugere o mesmo tratamento metodológico, com o P&D produzindo capital em conhecimento. Da mesma forma que no investimento físico o preço do capital e a situação financeira da firma são determinantes na decisão de investir em P&D.

Quanto às diferenças na teoria de investimento em P&D e de investimento físico, Hall e Lerner (2010) destacam: Primeiro, o dispêndio de P&D consiste em mais de 50% em salários de pessoal técnico, científico e engenheiros. O produto intangível do trabalho é detido pelos pesquisadores, e é perdido pela firma em caso de saída ou demissão do funcionário da empresa. O resultado é que as firmas tendem a ter uma inércia nos gastos, evitando demissões e suavizando os gastos. Dessa forma o investimento em P&D responde muito mais lentamente que o investimento físico e com altos custos de ajustamento. A segunda diferença é que o retorno do investimento em P&D é muito mais incerto, e esta incerteza tende a ser maior no início de uma atividade.

Outro fator influente na decisão de investimento físico e em P&D das firmas é sua condição financeira. É esperado que uma firma estabelecida e com lucros líquidos positivos tenha vantagens em obter financiamento. Assume-se normalmente que as opções da firma em obter recursos para aumento de capital são: i) com recursos próprios advindos de lucros líquidos positivos, ii) por meio de empréstimos e iii) por meio de novos sócios ou emissão de ações. Modigliani-Miller¹⁵ em um conhecido teorema demonstrou que sob mercado perfeito de capitais o custo do investimento independe da condição financeira da firma. No entanto, são hipóteses fortes e há evidências de casos em que o custo do capital depende da condição financeira. Neste pressuposto, a literatura divide as condições financeiras das firmas entre as firmas sem restrição financeira ou *unconstrained* (sob a qual vale o teorema de Modigliani-Miller) e *constrained*, com restrição financeira. Empiricamente esta condição não é observável, sendo motivo de debate.

¹⁵ Modigliani e Miller (1958)

2.2. MODELO TEÓRICO

Conforme mencionado, o P&D pode ser modelado como o investimento físico. O estudo da variabilidade do investimento tem sido um campo de discussões e diferentes abordagens, focando dados agregados ou ao nível de firma. Um dos modelos mais antigos de estudo do investimento, originalmente para dados agregados é o Acelerador do Investimento¹⁶. O acelerador parte da hipótese que uma parte do produto é o estoque de capital desejado, em outras palavras que a razão capital-produto é fixa ($K_t = \alpha Y_t$), sendo que o investimento é a diferença de estoques de capital entre os períodos, $I_t = K_{t+1} - K_t$, então:

$$I_t = \alpha(Y_{t+1} - Y_t)$$

Apesar de uma adequação satisfatória com dados ao nível de firma, o modelo acelerador ainda não era derivado de micro-fundamentos. Jorgenson (1967) introduz os chamados modelos neoclássicos de determinação do investimento com otimização dinâmica ao nível de função produção. A hipótese base do modelo neoclássico é a que cada firma i maximiza seu valor presente (V_{it}), considerando a soma de seu fluxo de lucros. Esta formulação pode assumir a forma como em Bond e Reenen (2007), omitindo o índice i de cada firma por simplicidade de notação:

$$V_{t}(\mathbf{K_{t+1}}) = \max_{\mathbf{X_{t}}, \mathbf{I_{t}}} \{ \Pi_{t}(\mathbf{K_{t}}, \mathbf{X_{t}}, \mathbf{I_{t}}) + \beta_{t+1} E_{t}[V_{t+1}(\mathbf{K_{t}})] \}$$
 (1.1)

em que V_t é o valor presente da firma no período t, Π_t a função de lucro líquido da firma, $K_t = (K_t^1, ..., K_t^N)$ é o vetor de N bens capital, $X_t = (X_t^1, ..., X_t^R)$ um vetor de outros insumos como trabalho e materiais consumidos na produção e I_t o investimento, $\beta_{t+1} = (1 + r_{t+1})^{-1}$ é o fator de desconto onde r_{t+1} é a taxa de juros livre de risco entre os instantes t e t+1 e finalmente $E_t[.]$ é o operador de expectativas com base em informações do período t. Esta formulação é geral, sendo que o vetor de capital K_t pode conter capital físico e capital em conhecimento (os quais denotamos por K_t e G_t , respectivamente), igualmente I_t pode conter investimento físico e P&D (os quais denotamos por I_t e R_t , respectivamente).

Como restrição do problema de maximização considera-se a equação de acumulação de capital, que para uma depreciação fixa no tempo δ e para cada tipo de bem de capital fica estabelecida como: $K_t = I_t + (1 - \delta) K_{t-1}$. Assume-se uma função de produção duas vezes

¹⁶ para o modelo acelerador ver Samuelson (1939)

diferenciável, com taxa de substituição marginal positiva entre insumos e produtividade marginal positiva para os insumos e convexidade estrita. A função lucro líquido, no caso de um produto único, pode ser expressa em valores nominais como o valor da venda da produção subtraídos seus custos:

$$\Pi_{t}(\mathbf{K}_{t}, \mathbf{X}_{t}, \mathbf{I}_{t}) = p_{t}F(\mathbf{K}_{t}, \mathbf{X}_{t}) - \mathbf{p}_{t}^{K}\mathbf{I}_{t} - \mathbf{p}_{t}^{X}\mathbf{X}_{t}$$

$$(1.2)$$

sendo p_t o preço do produto, p_t^K o vetor de preço de cada bem de capital, p_t^X o vetor de preços do vetor de outros insumos X_t . Das condições de primeira ordem, e sob a hipótese de mercado perfeito de capitais, conclui-se que a firma investe até o ponto em que o produto marginal do capital (PMC) iguala o custo do uso do capital (u_t/p_t) (ou *user-cost of capital*), para cada bem de capital:

$$PMC = \frac{\partial F}{\partial K_t} = \frac{p_t^K}{p_t} \left(1 - \frac{1 - \delta}{1 + r_{t+1}} E_t \left[\frac{p_{t+1}^K}{p_t^K} \right] \right) = \frac{u_t}{p_t} = \text{custo de uso}$$
 (1.3)

Neste modelo, o custo de uso pode ser interpretado como o custo de aluguel de uma unidade de capital (u_t/p_t) , e depende do preço do bem de capital (p_t^K) , de sua taxa de depreciação (δ) , da taxa de juros sem risco entre períodos (r_{t+1}) e da expectativa de preços dos bens de capital para o próximo período. Da expressão, o custo de aluguel do capital depende positivamente da taxa de juros real livre de risco e da taxa de depreciação, negativamente da expectativa de aumento no preço dos bens de capital. Um aumento na taxa de juros ou uma expectativa de aumento do preço do capital levariam a um aumento do custo de uso.

Com essa abordagem, o modelo de Jorgenson permite a dedução a trajetória ótima de estoque de capital ou também chamado de *steady-state*. No entanto, as hipóteses do modelo ainda são muito restritivas, por exemplo, assumindo que o estoque de capital se ajusta à solução ótima instantaneamente e sem custo. Uma forma de modelamento do ajuste gradual do estoque de capital ao seu valor ótimo é com custos de ajustamento. Em geral assume-se que a forma dos custos de ajustamento é convexa, ou seja, custos marginais de ajustamento crescentes com o investimento. No entanto, a forma do ajustamento do capital é motivo de debate: contra a hipótese de convexidade da forma de ajustamento é a de que grandes investimentos e em menor quantidade têm vantagens sobre investimentos menores distribuídos no tempo. Outra crítica é que a forma de ajustamento deveria contemplar a irreversibilidade do investimento e custos fixos.

No sentido de introduzir ao modelo neoclássico de custo de uso os efeitos de impostos e subsídios, assumindo que não há expectativa de mudança no preço real do capital, Hall e Jorgenson (1969) propõem uma correção à equação (1.3), que assume a forma corrigida para tributação e incentivos fiscais:

$$u' = \frac{(1-c)(1-\tau A)}{1-\tau}(r + \delta)$$
 (1.4)

em que τ é a alíquota de imposto sobre a renda da firma, A é o valor presente das deduções de impostos sobre lucro, r a taxa de juros real e c o crédito tributário de um programa de incentivo. O crédito tributário claramente diminui o custo de uso, enquanto o efeito dos impostos τ para o custo de uso depende do valor de A. Para A=1 (gastos totalmente dedutíveis) o custo de uso não depende de τ , para A=0 (gastos não dedutíveis) o custo de uso aumenta com a alíquota τ , e para A>I o custo de uso diminui com a alíquota de imposto τ .

Para determinar uma solução *steady-state* para o estoque ótimo de capital em conhecimento (G_t) , assume-se, por exemplo, um formato de função de produção do tipo CES: $s_t = \left(a_K G_t^{\rho} + a_X X_t^{\rho}\right)^{\frac{\nu}{\rho}}$ (assumindo por simplicidade apenas um bem de capital em conhecimento G_t). Adicionando às condições de primeira ordem do problema (1), e sendo X_t o vetor de demais insumos, resulta a equação de demanda de estoque de capital:

$$g_{it}^* = \alpha_t + (\sigma + \frac{1 - \sigma}{v})s_{it} - \sigma(u_{it} - p_{it})$$
 (1.5)

para cada firma i. Em que a é uma constante, σ é a elasticidade de substituição entre o capital e outros insumos ($\rho = \frac{1-\sigma}{\sigma}$), ν é parâmetro da escala, s_{it} é o log produto da firma i no período t, p_{it} o log preço do produto da firma i no período t e o sobrescrito * indica a solução do problema de otimização, ou seja o equilíbrio de longo prazo. Este modelo indica que o estoque de capital ótimo varia positivamente com o produto e negativamente com o custo de uso, que por sua vez é descrito por (1.4). Portanto, espera-se que para um choque positivo na taxa de juros livre de risco (r), ou na combinação entre tributos, e incentivos que elevem o custo de uso tenham impacto negativo no estoque ótimo de capital, com a possível diminuição do investimento no ajustamento.

2.3. LITERATURA EMPÍRICA

Devido à complexidade da análise, estudos do impacto de um incentivo no bem estar social são bem menos numerosos. Parsons e Phillips (2007) avaliam o impacto no bem estar do programa canadense de incentivo fiscal ao P&D usando um modelo de equilíbrio parcial, estimam um ganho líquido de bem estar de 10.9% por dólar de renúncia fiscal.

Quanto ao nível de agregação dos dados, usualmente os estudos são conduzidos com microdados, com amostras da indústria. No entanto, o uso de dados agregados por país ou por indústria ou região é possível, como em Bloom, *et al.* (2002) que investiga o efeito de políticas de incentivo fiscal em um painel com 9 países da OECD, controlando pelo custo de uso de capital.

Na avaliação empírica do impacto de incentivos ao P&D, duas estruturas se destacam: a avaliação de um impacto do tratamento considerando, ou não, efeitos de viés de seleção, e estimação de modelos estruturais similares à condição de primeira ordem apresentada anteriormente. O propensity score matching é o método com uso destacado para o tratamento da seleção, como em Czarnitzki, et al. (2005) que, com uma base cross-section, conduz uma análise de propensity score matching para avaliar o impacto do programa canadense de incentivo fiscal em firmas manufatureiras. Avaliaram como indicativo de impacto os resultados (outputs) do P&D representados por novos produtos e novas vendas e a performance da firma (lucratividade, market share, competitividade perante concorrentes), encontrando um impacto positivo nos resultados diretos mas nenhum impacto significativo em indicadores de performance.

González e Pazó (2008) igualmente aplicam um *matching* para avaliar o efeito dos subsídios espanhóis ao P&D privado. Utilizam uma base de dados com 2214 firmas manufatureiras de 1990 a 1999, os autores encontram evidências contra a hipótese de *crowding-out* entre os dispêndios públicos e privados. No entanto, concluem que a presença de subsídios não estimula o dispêndio privado além do seu nível contrafactual.

Com um painel de 1233 firmas entre 1989 e 2003, Carboni (2008) aplica um *matching* para analizar o efeito dos programas italianos ao P&D privado. O autor considera o dispêndio em P&D por trabalhador como variável indicativa de P&D e encontra evidências de um impacto positivo e igualmente rejeita a hipótese de *crowding-out*.

Segundo uma especificação estrutural Mairesse e Mulkay (2004), com dados de firmas francesas de 1980 a 1997, estimam um modelo o qual faz uso de um ADL¹⁷ (3,3) para captura da dinâmica de ajustamento do capital. Os autores estimam as elasticidades da taxa investimento em função de uma decomposição do custo de uso do capital em quatro componentes: efeito das imperfeições de mercado, efeitos de impostos, efeito de depreciação e efeitos de incentivos fiscais. Com este método encontram uma elasticidade de longo prazo do capital em P&D com respeito ao componente de incentivo fiscal do custo de uso do capital fortemente significativa de -2.7.

Usando especificação estrutural semelhante, Lokshin e Mohnen (2010) avaliam o efeito de incentivos fiscais holandeses para o P&D usando dados de firmas num painel desbalanceado entre 1996 e 2004. Os autores encontram resultados de elasticidade de longo prazo do P&D ao custo de uso do capital entre -0.54 e -0.79. Para o velocidade de ajustamento estimam que 90% do ajustamento se dá entre 2 a 3 anos. O autores também calculam o chamado BFTB "Bang for the buck" (efeito de aumento do dispêndio devido a uma unidade de incentivo), separadamente para firmas de diferentes tamanhos. Encontram que o incentivo é ineficiente nas grandes empresas (para cada centavo de incentivo é gerado 0.78 centavos de investimento adicional) e eficiente nas pequenas empresas holandesas (para cada centavo de incentivo é gerado 3.24 centavos de investimento adicional).

Um problema na estimação de modelos estruturais é a identificação. Para estimação da elasticidade preço é preciso que o custo de uso varie entre firmas e no tempo. Parisi e Sembenelli (2003), em uma base de dados com 726 firmas na Itália estimam um painel balanceado entre 1992 e 1997. Os autores usam variações no sistema fiscal e variações na taxa de juros real de acordo com variações geográficas, estrutura de capital e de tamanho da firma para assegurar a identificação. Devido à censura da variável dependente (investimento em P&D) aplicam a um estimador *tobit* em painel e encontram uma elasticidade com respeito ao custo de uso de -1.7 a -1.5.

Com um painel de dados agregados por países da OECD de 1979 a 1997, Bloom, *et al.* (2002) estima a resposta do investimento em P&D com respeito ao custo de uso de capital em nível macroeconômico. Os autores confiam a identificação às variações fiscais nos países e variação na taxa de juros real para construção do custo de uso como variável dependente. Para

 $^{^{17}}$ Autoregressive distributed lag model ou modelo autoregressivo de defasagens distribuídas

controle da endogeneidade usa variáveis instrumentais e encontra uma elasticidade de longo prazo com respeito ao custo de uso de -0.97 e -0.14 para a elasticidade de curto prazo.

Usando modelos estruturais Ientile (2008) estuda o efeito de incentivos fiscais na França com um painel de 1986 a 2003 com 9321 firmas, dentre quais 13% realizaram P&D em pelo menos um ano do período observado. Usa uma abordagem que procura corrigir o problema da auto seleção com uma estimação com 3 estágios e estima uma equação de gastos em P&D em função de componentes do custo de uso do capital semelhante à Mairesse e Mulkay (2004), usando a razão de Mills invertida e o componentes custo de uso do capital como regressores. Encontra valores mais altos para elasticidade de longo prazo do capital em P&D com respeito ao componente de incentivo fiscal do custo de uso do capital, com estimativas de -4.5.

Para o caso brasileiro, Araújo, *et al.* (2010) com dados de empresas beneficiadas com os Fundos Setoriais ¹⁸ encontraram evidências que os fundos contribuíram para o incremento no P&D. Neste trabalho os autores escolheram usar um *Propensity Score Matching* (PSM) visando de eliminar o viés de seleção decorrente da seleção no acesso aos fundos. Estimando o efeito dos fundos setoriais nos esforços tecnológicos com o método de diferenças-dediferenças, encontram evidências de um impacto positivo estatisticamente significativo.

Outro estudo brasileiro foi realizado por Kannebley e Porto (2012) avaliando o impacto de dois instrumentos de incentivo fiscal (Lei de Informática e Lei do Bem) utilizando dados provenientes da RAIS de 2001 a 2008 e como indicador de resultado o número de pessoal técnico ocupado (PoTec¹⁹). Os autores usam em uma base com pareamento por *Propensity Score Matching*, um estimador *tobit* (Honoré, 1992) e uma especificação semelhante à (1.6). Para a Lei do Bem encontram evidências de um impacto estatisticamente significativo e positivo e para Lei de Informática não encontram um impacto significativo. O coeficiente encontrado no modelo tobit para o efeito da Lei do Bem sobre a média dos logaritmos da PoTec foi de aproximadamente 7%, significativo a 1%.

¹⁹ ver o Quadro 1 para descrição da variável PoTec.

¹⁸ instrumentos de financiamento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação

3. METODOLOGIA

3.1. AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS DE INCENTIVO AO P&D

A avaliação da efetividade de uma política governamental de incentivo pode ser feita sob diversas abordagens. Quanto aos resultados desejados de uma atividade de P&D é possível que avaliar o sucesso do programa conforme estes diferentes objetivos, seja aumentar a participação da indústria do país no mercado global por motivos estratégicos, aumentar a lucratividade de uma indústria, aumentar do emprego de mão-de-obra ou aumentar o bemestar social. Idealmente para avaliação de uma política é desejável verificar se os recursos públicos realmente estão sendo eficientemente empregados, em termos de bem estar social.

A Figura 2 ilustra um possível cenário de impactos de um incentivo. Em equilíbrio geral, o primeiro efeito de uma política de incentivo é a diminuição de recursos disponíveis pelo governo, o que no longo prazo pode criar uma demanda por aumento de impostos. A menor disponibilidade de recursos pode gerar uma queda no bem-estar social. Por exemplo, em um orçamento governamental limitado, poderia haver um destino superior em termos de bem-estar recebendo menos recursos. Analisando o impacto privado na firma que recebe o incentivo, este incentivo pode causar um aumento do esforço de P&D nesta firma aumentando seus dispêndios reais, o que demandaria mais fatores de P&D, como mão de obra especializada. Um efeito secundário desse aumento de esforço pode ser o aumento de salários de pesquisadores. O aumento de esforço de P&D pela firma, medido através de seus gastos, pode gerar um aumento do nível de P&D e em caso de sucesso destes projetos, um aumento dos resultados de P&D. Alguns dos resultados diretos privados são novos produtos, novos processos, ou melhoria de produtos, processos e ainda patentes. Alguns retornos privados na firma que realiza o P&D podem o aumento na lucratividade, da produtividade ou das exportações. Na presença de externalidades positivas, outras firmas podem ser beneficiadas pela atividade de P&D, gerando o efeito de transbordamento. Todos os efeitos dos resultados inovativos, assim como transbordamentos, podem promover o aumento do bem-estar social. Finalmente, o incentivo é socialmente desejável se há um saldo positivo quando contabilizado o custo social, na forma de perda de receita do governo ou aumento de impostos, e o benefício social.

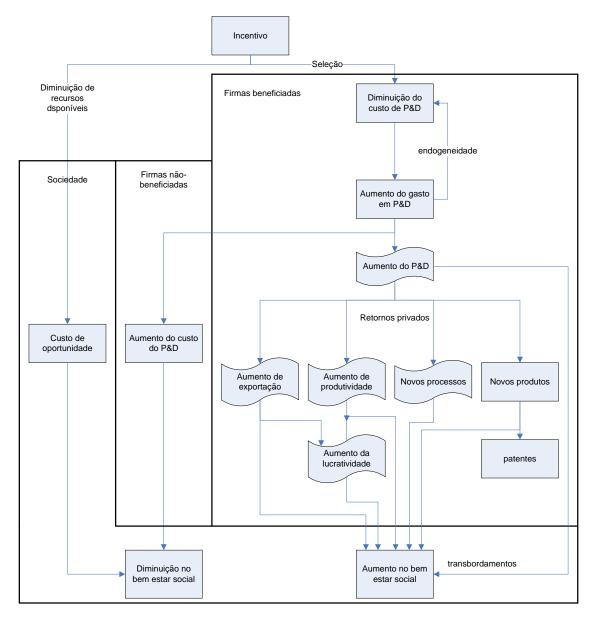


Figura 2 - Impactos de um incentivo ao P&D **fonte**: elaboração própria, baseado em Ientile e Mairesse (2009)

Considerando apenas os efeitos diretos sob ponto de vista privado, devido à intangibilidade do conhecimento não é possível encontrar uma variável observável que expresse o aumento de conhecimento. No problema de avaliação de impacto, devido a essa impossibilidade, o usual é avaliar pelos seus esforços na atividade de P&D, ou seja, se o incentivo recebido pela firma aumenta o dispêndio ou esforços em P&D para além de seu contrafactual. Esta abordagem pelos *inputs* tem a vantagem de ter dados mais facilmente disponíveis, no entanto os resultados e a eficiência da atividade de P&D não são computados.

Outro inconveniente se usado os dispêndios em termos reais, apontado por Goolsbee (1998), é o efeito de aumento dos salários do pessoal científico em resposta ao aumento da demanda. No presente trabalho foram escolhidas duas variáveis indicativas, uma baseada no dispêndio em P&D e outra baseada no número de pessoas empregadas que evita a contabilização deste efeito.

Considerado uma abordagem do impacto nos esforços, em particular pelo dispêndio, como é o tratamento usual, a questão é verificar se os fundos públicos estão estimulando a atividade de P&D ou somente substituindo fundos privados (efeito *crowding-out*). David, *et al.* (2000) em um *survey* de diversos estudos verificaram evidências de *crowding-out* em um terço dos estudos. O efeito *crowding-out* pode ser total (quando a firma substitui integralmente os fundos privados pelos públicos, sem alterar o nível de P&D) ou parcial (quando a firma aumenta o nível de P&D abaixo do valor do incentivo público), ou pode haver estímulo ao dispêndio privado, aumentando o nível de P&D para além do subsídio.

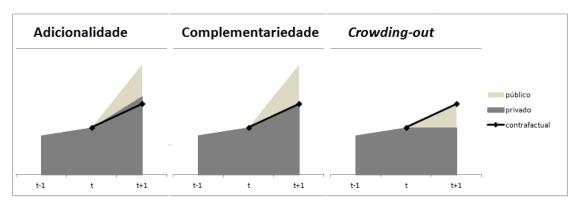


Figura 3 - Efeitos de um subsídio sobre o P&D sobre o dispêndio

fonte: elaboração própria

A Figura 3 mostra alguns possíveis cenários de um dispêndios em P&D de firma submetida a um incentivo na forma de subsídios, subvenção ou incentivo fiscal. A princípio nesta ilustração assume-se que não há incentivo até o instante t e em t+1 é recebido um incentivo público. No eixo X são indicados estes três períodos e no eixo Y o valor do investimento em P&D, a linha sólida indica o valor do investimento não observável em P&D em t+1 caso não houvesse incentivo, ou contrafactual. No primeiro quadro é apresentado o cenário que os fundos públicos diminuem a percepção de preço do P&D pela firma, a qual investe mais do que o valor contrafactual, possívelmente novos projetos são realizados e há um aumento do investimento privado para além do contrafactual. No segundo quadro os fundos públicos complementam o privado, há aumento do dispêndio para além do seu

contrafactual, porém não há aumento no gasto privado. E no quadro da direita os fundos públicos substituem os privados e não há aumento de dispêndio total em P&D para além do seu contrafactual.

Ainda sob ponto de vista privado, uma análise pode ser conduzida verificando o impacto em indicadores dos resultados do P&D, como por exemplo, através de número de patentes.

Outra abordagem possível além da análise do impacto das políticas intra-firma (impacto direto) é conduzir uma análise através de efeitos de transbordamentos das firmas diretamente beneficiadas para outras firmas (impacto indireto). Os transbordamentos ocorreriam em firmas não diretamente beneficiadas, mas que foram beneficiadas por alguma externalidade positiva. A capacitação técnica é um possível canal.

Dentre as metodologias econométricas para avaliação do impacto de uma política, é possível destacar os experimentos naturais, quasi-experimentos e modelos estruturais. Em experimentos naturais a equação de demanda por P&D é estimada controlando pelos seus determinantes, assumindo uma amostra aleatória, de modo geral:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta T_{it} + \theta' X_{it} + \varepsilon_{it}$$
 (1.6)

em que y_{it} é o indicador de P&D de interesse, como por exemplo dispêndio em P&D em termos reais, T_{it} é uma variável *dummy* indicando se foi recebido algum incentivo, ε_{it} é o termo estocástico, i é o índice para firma e t para tempo e X_{it} o vetor de controles. Conforme Hall e Reenen (2000) este método tem a vantagem da simplicidade, porém os resultados são possivelmente imprecisos, sofrendo de problemas como seletividade da amostra.

No quasi-experimento a mesma especificação é usada, porém é considerada a seleção prévia da amostra. Assume-se que grupo de participantes do programa e o de não participantes têm diferenças, invalidando a hipótese de amostra aleatória. O mecanismo de seleção pode ser de auto-seleção, quando os próprios participantes decidem participar do programa, o que os diferencia dos agentes que decidem por não participar. Ou o mecanismo pode ser devido ao programa, que escolhe os participantes, baseado em algum critério de seleção. Dentre os motivos para decisão de não buscar o benefício são, por exemplo, a

burocracia do processo, a maior complexidade e custo do sistema tributário de lucro real, a ignorância da existência de incentivos, o receio de um maior rigor fiscal, entre outros²⁰.

A metodologia dos modelos estruturais busca uma especificação econométrica através de um modelo econômico, derivado a partir de hipóteses comportamentais dos agentes, por exemplo o modelo (1.5). A abordagem por modelos estruturais tem a vantagem de diretamente estimar a elasticidade preço do investimento, no entanto requer que o custo de uso de capital varie no período em estudo para sua identificação. Para a aplicabilidade dos modelos estruturais é necessário a variabilidade do custo de uso do capital devido às alterações na tributação, na medida em que se busca estimar a reação dos dispêndios em P&D a variações do seu preço relativo, o custo de uso. No entanto, esse tipo de modelo não é aplicável ao caso brasileiro até o momento dado que não foram promovidas alterações na lei capazes de promoverem variações no custo de uso do capital em razão de alterações tributárias.

3.2. MODELO EMPÍRICO

No modelo empírico assumimos que o nível de dispêndio em P&D pode ser escrito em função de características das firmas em um modelo linear com variáveis em logaritmos, como em (1.6). Expressando num modelo linear com variáveis em logaritmos:

$$r_{it} = \alpha_i + \alpha_t + \beta BEM_{it} + \theta' X_{it}$$
 (1.7)

em que, para firma i e período t, em anos, r_{it} é o logaritmo do dispêndio em P&D, BEM_{it} é a variável *dummy* que representa o acesso ao benefício:

$$BEM_{it} = \begin{cases} 0 & \text{, se BEM_RENU}_{it} = 0 \text{ para } \forall t \\ 1 & \text{, caso contrário} \end{cases}$$
 (1.8)

 α_i são os componentes invariantes no tempo ou efeitos fixos, α_t os componentes temporais representando a mudança técnica para o período, BEM_RENU_{it} indica se a firma i faz uso do incentivo e \mathbf{X}_{it} o vetor de controles, com as variáveis: tamanho da empresa, estoque de capital físico (K), educação média dos funcionários (representada pela proporção de funcionários com primeiro grau, prop_pgrau) e a *dummy* indicativa de que firma é exportadora.

²⁰ para um survey ver Kannebley e Porto (2012)

O tamanho da empresa é provavelmente um determinante do nível de P&D. As empresas de maior porte têm uma melhor estrutura, melhores condições de acesso ao crédito e à informação, e possivelmente podem transpor os custos fixos mais facilmente. O número de funcionários (PO), valor de vendas e idade da empresa podem ser usados como *proxy* do tamanho da empresa. O número de funcionários não relacionados ao P&D foi escolhido para representação do tamanho da empresa.

$$poliq = PO - PoTec$$

em que *PO* é o número de funcionários e *PoTec* é o número de pessoal técnico ocupado (a construção das variáveis é detalhada na seção 3.4.5) indicando o número de funcionários médio não-relacionado à pesquisa.

Assumindo que existe uma grande heterogeneidade entre os diversos setores, foram usados *dummies* de setor industrial e o estoque de capital físico. O custo de uso de capital, conforme Mulkay, *et al.* (2000), é representado pela combinação de efeitos fixos (α_i) e temporais (α_t). As demais características invariantes no tempo (α_i) são consideradas na estimação com o uso do estimador de efeitos fixos.

Outro fator relevante é que firmas exportadoras provavelmente diferenciam das demais devido à exposição a uma competição mais acirrada, sendo representada pela *dummy*:

$$dexport_{it} = \begin{cases} 0 & \text{, se } exp_{it} = 0 \\ 1 & \text{, se } exp_{it} > 0 \end{cases}$$

em que exp_{it} é o valor exportado.

3.3. ESTRATÉGIA DE ESTIMAÇÃO

Baseado no conceito de contrafactual o objetivo é estimar o impacto da Lei do Bem no nível de P&D, ou no respectivo dispêndio, em relação ao cenário alternativo, sem o benefício fiscal da Lei do Bem. Devido às características do investimento em P&D - como presença de custos irreversíveis, alto grau de incerteza, necessidade de investimento contínuo e problemas de apropriação de retornos - a atividade de P&D se torna restrita principalmente às empresas capazes de financiar-se com lucros internos. Portanto, as empresas do grupo que decide receber o incentivo diferenciam-se das demais. A decisão de receber o incentivo pode ser explicada através de características observáveis e não-observáveis das empresas. Baseado na hipótese de que é possível descrever esta decisão com características observáveis foi feito um

pareamento da amostra pelo método de *matching*. E baseado na hipótese de que as características não-observáveis são invariantes no tempo foi, posteriormente ao *matching*, aplicado um estimador de painel com efeitos fixos.

A participação no programa de estímulo, é denominado na literatura de *matching* em termos gerais como 'tratamento', obviamente não é possível observar ao mesmo tempo os resultados de uma firma tratada e o resultado sem o tratamento na mesma firma. Em geral, este problema de estimação pode ser expresso da forma:

$$E(Y_{it}|T_{it} = 1) - E(Y_{it}|T_{it} = 0)$$
(1.9)

em que Y_{it} é a variável de resultado de interesse (por exemplo, o nível de dispêndio em P&D) e T_{it} a variável indicativa de tratamento ($T_{it} = BEM_{it} = 1$, para beneficiário da Lei do Bem). $E(Y_{it}|T_{it}=1)$ é diretamente observável, porém o seu contrafactual $E(Y_{it}|T_{it}=0)$ não é observável. O procedimento de *matching* baseia-se na construção de um grupo de controle tal que seja diretamente comparável ao grupo tratado:

$$E(Y_{it}^{T}|T_{i}=0) = E(Y_{it}^{C}|T_{i}=0), i \neq j$$
 (1.10)

O método de *matching* busca tornar a amostra tal que elementos do grupo de controle possam ser usados como contrafactual dos elementos tratados. O método requer duas hipóteses:

• Conditional Independence Assumption (CIA) ou Unconfoundedness ou Selection on Observables: Existe um conjunto de variáveis observáveis X=x tal que, controlando por essas covariadas X, o resultado (Y) é independente do tratamento(T).

$$(Y = 0, Y = 1) \perp (T|X = x)$$
 (1.11)

• *Common Support ou Overlap:* Para cada valor de *X*, existe uma probabilidade de um tratado ou um não tratado.

$$c < P(T = 1 | X = x) < 1 - c, com c > 0$$
 (1.12)

A hipótese de CIA implica que, controlado pelas características X, o tratamento (no caso, o recebimento de um incentivo fiscal) é aleatório, e portanto toda diferença dos resultados (Y, efetuar dispêndio em P&D ou aumentar o gasto em P&D) dos grupos de

tratados e controle pode ser atribuída ao tratamento. No método de *Propensity Score*, quando é válido o pareamento de unidades baseado em X, é igualmente válido o pareamento pela probabilidade de receber o tratamento dado X, p(x) = P(T = 1 | X = x). Com isso é possível reduzir a dimensão do problema para apenas o *Propensity Score*, que sumariza toda informação relevante em X.

No modelo de probabilidade foi usada como referência a *cross-section* do ano de 2005, com dados dos anos de 2004 e 2005, como forma de capturar a tendência comum presente anterior à Lei do Bem (que tem seus primeiros efeitos em 2006). A variável dependente é o recebimento do crédito em qualquer ano da amostra ($BEM_i = 1$ se $BEM_{it} = 1$ para algum t):

$$Pr(BEM_i = 1 | \mathbf{X^m}_{i2005}, \mathbf{X^m}_{i2004}) = \Phi(\mathbf{X^m}_{i2005}, \mathbf{X^m}_{i2004})$$

em que Pr(.|X) indica a probabilidade condicional a X^m , e $\Phi(.)$ a distribuição acumulada gaussiana.

Na especificação empírica (1.7), a variável dependente é o nível de investimento em P&D, que pode estar em uma solução de canto sendo que a firma realiza o investimento se o retorno esperado é maior que o custo percebido. Desta forma, a variável dependente observada é zero em grande parte da população e da amostra, caracterizando um problema de censura em zero:

$$r_{it}^* = \alpha_{it} + \beta BEM_{it} + \theta' X_{it} + \epsilon_{it}$$

$$r_{it} = \max(r_{it}^*, 0)$$
(1.13)

em que r_{it}^* é a variável latente da medida do dispêndio em P&D da firma i no tempo t. Sob censura, o estimador de Mínimos Quadrados ordinário é inconsistente e viesado. Os estimadores de painel com efeitos fixos e dados censurados por métodos de estimação por maximização da função de verossimilhança sofrem de problemas de inconsistência mesmo com a especificação da distribuição dos erros correta. Para este problema Honoré (1992) propõe um estimador de painel *tobit* semiparamétrico com efeitos fixos para dados censurados ou truncados (*Trimmed Least Absolute Deviations — Trimmed LAD*) consistente e assintoticamente normal, sob as devidas condições de regularidade, quando o número de indivíduos tende ao infinito. Este estimador não requer especificar a forma paramétrica dos erros e não é assumida homocedasticidade entre indivíduos.

Uma extensão do contexto da especificação empírica (1.13), que considera que as firmas com tratamento têm uma tendência na média diferente distinta das demais, é considerar o efeito da intensidade do tratamento, ou efeito de dosagem. Uma especificação possível é substituindo a *dummy BEM_i*, binária, para *dummies* que dependam de um valor limiar. A especificação em (1.13) pode ser reescrita como:

$$r_{it}^* = \alpha_{it} + \boldsymbol{\beta}' BEM_{it}(\gamma) + \boldsymbol{\theta}' \boldsymbol{X}_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$r_{it} = \max(r_{it}^*, 0)$$
(1.14)

em que γ é a variável limiar de intensidade. Para variável de intensidade foi escolhida o valor de crédito fiscal recebido em Reais de 2009 por unidade de pessoal técnico (PoTec) e para a escolha dos valores limiares foi usado o método proposto por Hansen (1999) para um painel com efeitos fixos. O caso particular de apenas um valor limiar pode ser escrito como:

$$r_{it} = \alpha_{it} + \begin{cases} \beta_1 \text{BEM}_{it}(\gamma) + \mathbf{\theta}' \mathbf{X}_{it} + \varepsilon_{it}, & \text{para } \gamma_{it} \leq \hat{\gamma} \\ \beta_2 \text{BEM}_{it}(\gamma) + \mathbf{\theta}' \mathbf{X}_{it} + \varepsilon_{it}, & \text{para } \gamma_{it} > \hat{\gamma} \end{cases}$$
(1.15)

em que
$$\gamma_{it} = ln \, \left(\frac{BEM_RENU}{PoTec}_{it} \right)$$
 .

O algoritmo de Hansen calcula $\hat{\gamma}$ de forma que o erro quadrático médio concentrado é minimizado:

$$\hat{\gamma} = \underset{\gamma}{\operatorname{argmin SSE}(\gamma)} \tag{1.16}$$

em que $SSE(\gamma) = \hat{e}^*(\gamma)'\hat{e}^*(\gamma) = [Y^* - X^*(\gamma)\widehat{\beta}(\gamma)]'[Y^* - X^*(\gamma)\widehat{\beta}(\gamma)]$ e X^* e Y^* são os vetores de x_{it} e y_{it} empilhados livres da média. O autor propõe testar a presença de limiar com um teste de hipótese: H_0 : $\beta_1 = \beta_2$. Portanto, sob H_0 não é possível afirmar a hipótese de existência limiar. O teste é conduzido com um teste de razão de verossimilhança baseado na estatística $F_1 = (SSE_0 - SSE_1(\gamma))/\hat{\sigma}^2$, em que SSE_0 é a estimativa de soma do quadrado dos erros para o estimador de mínimos quadrados ordinários. Segundo o autor, a distribuição de F_1 não é padrão e domina a distribuição padrão χ^2 , no entanto com um procedimento bootstrap propõe que pode ser simulada uma distribuição assintótica e calculados os valores críticos. Com os valores de limiar provenientes do algoritmo de Hansen, (1.15) foi estimada com o estimador tobit de Honoré (1992) com efeitos fixos.

3.4. BASES DE DADOS

Para estimação serão utilizados dados provenientes das pesquisas:

- PINTEC (Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), de onde serão provenientes os dados de acesso aos instrumentos de incentivo;
- PIA (Pesquisa Industrial Anual do IBGE), como fonte de estoque de capital;
- RAIS (Relação Anual de Informações Sociais do MTE), como fonte de dados de ocupação de pessoal técnico e outros dados referentes ao pessoal ocupado.
- Base de dados do MCT referente à Lei do Bem, com dados de valores dispêndio em P&D e crédito fiscal;
- Dados da SECEX (Secretaria de Comércio Exterior, ligada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC), para dados de exportação.

3.4.1 PINTEC

A PINTEC é uma pesquisa amostral realizada pelo IBGE, sendo que estão disponíveis as pesquisas de 2000, 2003, 2005 e 2008. A PINTEC contém informações das empresas industriais cadastradas como extrativas ou de transformação (CNAE 2.0 seções B e C, respectivamente) mais as divisões Telecomunicações (61) e Atividades dos serviços de tecnologia da informação (62) da seção J (Informação e Comunicação) e a divisão Pesquisa e Desenvolvimento Científico (72) da seção M (Atividades Profissionais, Científicas e Técnicas), ativas e com mais de 10 pessoas ocupadas. Devido à periodicidade da pesquisa, as informações quantitativas referem somente ao último ano do período.

Como inovação é um fenômeno raro, a amostragem da pesquisa visa aumentar a probabilidade de seleção de empresas inovadoras, utilizando dados do MCT, banco de dados de patentes, entre outras, assim construindo indicadores de inovação, definindo as empresas potencialmente inovadoras. Na PINTEC definem-se três estratos: estrato certo, com as empresas que possuem um indicador de inovação ou mais de 500 pessoas ocupadas; o estrato elegível, com empresas inovadoras, porém com menos indicadores; e o estrato não elegível com as empresas que não possuem nenhum indicador. A distribuição da pesquisa é de modo que 80% das empresas da amostra são originárias de empresas potencialmente inovadoras.

3.4.2 PIA

A PIA é uma pesquisa realizada anualmente pelo IBGE que captura características básicas do segmento industrial no País. A PIA contém informações de empresas industriais no território nacional, cadastradas como extrativas ou de transformação (categorias CNAE seção C e D) com pelo menos cinco pessoas ocupadas no ano de referência.

A amostragem é obtida por estratificação simples, sendo que são definidos estratos de acordo com a atividade e com o número de pessoas ocupadas e receita bruta, por exemplo, em 2008 das 394,739 empresas cadastradas, foram selecionadas 51,581 empresas. Definem-se na PIA dois estratos: o estrato certo (empresas com pelo menos 30 pessoas ocupadas) e o estrato aleatório (empresas com 5 a 30 pessoas ocupadas), as empresas do estrato certo são selecionadas com probabilidade igual a um e as empresas do estrato aleatório são selecionadas aleatoriamente sem reposição.

3.4.3 RAIS

A RAIS é uma base de dados coletada anualmente pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) que contém informações sobre o mercado de trabalho formal. A RAIS tem uma cobertura elevada do mercado de trabalho (97% para RAIS 2009), com dados como faixa etária, escolaridade e rendimentos por trabalhador.

3.4.4 DADOS MCT- LEI DO BEM

Como parte das obrigações as empresas pleiteantes aos incentivos fiscais da Lei do Bem preenchem um formulário do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação com dados referentes aos projetos de P&D e detalhamento do dispêndio em P&D e dos valores do incentivo²¹.

3.4.5 CONSTRUÇÃO DAS VARIÁVEIS

Na Tabela 2 é apresentada a descrição das variáveis e fonte dos dados.

²¹ http://www.mct.gov.br/formpd/fontes/php/telas-formpd-1.pdf

Tabela 2 – Variáveis base

Variável	Descrição	Fonte de Dados
dispendio	dispêndio em P&D (R\$)	PINTEC/IBGE
cnae4	código CNAE 4 dígitos	PINTEC/IBGE, PIA/IBGE
K	estoque de capital físico (R\$)	PIA/IBGE
estr	origem do capital (dummy = 1 se estrangeiro)	PINTEC/IBGE
bem_renu	incentivo fiscal da Lei do Bem (R\$)	Lei do Bem/MCTI
bem_disp	dispêndio em P&D (R\$)	Lei do Bem/MCTI
exp	exportações (US\$ FOB)	SECEX
PO	número médio de funcionários	RAIS/MTE
empr_anos	idade da empresa (anos)	RAIS/MTE
РоТес	número médio de funcionários técnico científico	RAIS/MTE
prop_tgrau	proporção de funcionários com terceiro grau	RAIS/MTE
prop_sgrau	proporção de funcionários com segundo grau	RAIS/MTE
prop_pgrau	proporção de funcionários com primeiro grau	RAIS/MTE
prop_feminino	proporção de funcionários do sexo feminine	RAIS/MTE
educa	número médio de anos de estudo dos funcionários	RAIS/MTE

fonte: elaboração própria

O estoque de capital é calculado com base em variáveis de investimento físico da PIA conforme em Alves e Silva (2008). A idade da empresa e o número médio de anos de estudo dos funcionários são variáveis construídas pelo IPEA com a partir de informações da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS – MTE).

Para taxa de obsolescência ou depreciação δ do capital intangível, Hall, *et al.* (2009) e Goto e Suzuki (1989) sugerem que há variação conforme o setor, apesar dos números exatos serem de difícil estimação. A Tabela 3 mostra os valores sugeridos por Hall para os setores da indústria de transformação, classificados de acordo com a CNAE 1.0:

Devido à periodicidade da PINTEC apenas o dispêndio em P&D dos anos de 2000, 2003, 2005 e 2008 estão disponíveis. Para construção da variável dependente de dispêndio foram usados dois métodos, produzindo duas estimativas da variável dependente de dispêndio em P&D: *PD1* e *PD2*. A variável de dispêndio foi deflacionada pelo IPCA-IBGE e as variáveis de vendas líquidas pelo IPA-OG (Índice de preços por atacado – Oferta Global calculado pela Fundação Getúlio Vargas) disponível por setor de atividade, todos os preços foram deflacionados para o ano de referência de 2009.

Tabela 3 – Classificação setorial segundo o CNAE 1.0 e depreciação do conhecimento

Categoria		CNAE 1.0	depreciação
Agroindústria	setor 1	16	7%
Alimentos	setor 2	15	7%
Bens de Consumo	setor 3	19,20	7%
Eletro-Eletrônica	setor 4	29,31,32,33	36%
Farmacêutica	setor 5	245	15%
Mecânica e Tranportes	setor 6	34,35	15%
Metalurgia	setor 7	27	7%
Moveleira	setor 8	28,36	7%
Papel e Celulose	setor 9	21	7%
Petroquímica	setor 10	23	18%
Química	setor 11	24,25,26	18%
Textil	setor 12	17,18	7%

fonte: elaboração própria

O primeiro método é pela simples interpolação linear dos valores *missings* do dispêndio a valores de 2009: os valores não observados entre dois valores observados são construídos interpolação linear, e valores extremos observados são repetidos nos extremos não observados. Esta variável foi denominada *PD1*.

No segundo método é efetuado o cálculo uma variável auxiliar de *Dpotec* = Dispêndio/PoTec para os anos em que o dispêndio é observado, e o mesmo método de interpolação é usado nesta variável para os valores *missings* sendo construída a variável \widehat{Dpotec} . A estimativa de dispêndio é então construída para os anos *missings*, com base na PoTec observada e a variável construída: $PD2 = \widehat{Dpotec} * PoTec$.

Adicionalmente às variáveis de dispêndio foi utilizado a variável dependente *PoTec*, conforme descrita em Araújo, *et al.* (2009), representando o número médio de pessoal ocupado técnico. A variável *PoTec* é definida segundo a Classificação Brasileira de Ocupações, construída com base em dados da RAIS conforme o Quadro 1.

A Tabela 4 apresentam o coeficiente de correlação entre as 3 variáveis para o representação dispêndio em P&D (*PoTec*, *PD1* e *PD2*) com o valor apresentado na pesquisa do MCTI das firmas beneficiárias da Lei do Bem (*bem_disp*), devido a ser proveniente da Receita Federal espera-se um menor grau de erro de medida nesta variável. A variável *bem_disp* é apenas observada nas firmas beneficiárias da Lei do Bem, portanto apesar da

precisão não é possível usá-la como variável dependente. Os resultados de correlação entre as variáveis construídas da PINTEC (PD1 e PD2) de 2005 e 2008 com os dispêndios observados das firmas beneficiárias entre 2006 e 2008 indica uma alta correlação (0.945 e 0.932 respectivamente) e com a *proxy PoTec* (de 2005 a 2008) de 0.849.

Tabela 4 – Coeficiente de correlação PD1, PD2, PoTec e bem_disp

	coeficiente	N
bem_disp vs PD1	0.945	987
bem_disp vs PD2	0.932	1002
bem_disp vs PoTec	0.849	1367

fonte: elaboração própria

Quadro 1 – Grupos ocupacionais da variável *PoTec*

Grupo ocupacional	Códig	Códigos (CBO 02)						
Pesquisadores	203	pesquisadores						
Enconhoine	202	engenheiros mecatrônicos						
Engenheiros	214	engenheiros civis, etc.						
Diretores e	1237	diretores de P&D&I						
gerentes de P&D&I	1426	gerentes de P&D&I						
	201	biotecnologistas, geneticistas, pesquisadores em metrologia e especialistas em calibrações metereológicas						
	211	matemáticos, estatísticos e afins						
Profissionais "científicos"	212	profissionais de informática						
	213	físicos, químicos e afins						
	221	biólogos e afins						

fonte: elaboração própria, baseada em Araújo et al. (2009)

3.4.6 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

A base de dados é uma amostra composta de firmas, em número variando conforme o ano, com dados anuais para o período de 1999 a 2009. A base de dados foi construída com base na firma, representada pelo seu número identificador CNPJ²², combinando as pesquisas anteriormente descritas. A base de dados representa uma amostra da indústria de transformação. O painel é desbalanceado, sendo que, em cada ano da amostra, de 1.4% a 2.2% das firmas da amostra recebeu o incentivo da Lei do Bem em algum momento. A Tabela

²² número único identificador de pessoa jurídica, Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica

5 apresenta o número de firmas observado na amostra geral. Na amostra geral constam todas as firmas em que os dados estão disponíveis, na subamostra ' $Realiza\ P\&D$ ' ($PD_i=1$) são firmas que em algum momento apresentou algum dispêndio em P&D baseado na variável da PINTEC e na subamostra ' $Recebe\ Lei\ do\ Bem$ ' ($BEM_i=1$) são firmas que em algum momento foi beneficiada pela Lei. Por exemplo, em 1999, antes do início da Lei do Bem, 483 firmas das 21.951 da amostra receberam o incentivo em algum momento.

Tabela 5 - Distribuição das observações na amostra

ano	Amostra Geral	Realiza P&D	Recebe Lei do Bem
1999	21951	3759	483
2000	24295	3925	499
2001	26171	4061	511
2002	27499	4091	523
2003	28970	4136	540
2004	29892	4142	555
2005	39294	4214	568
2006	40507	4157	586
2007	41342	4020	593
2008	42671	3911	604
2009	39660	3793	590

fonte: elaboração própria

A Tabela 6 mostra outras estatísticas descritivas para toda amostra, para as firmas que realizam P&D e para as firmas beneficiadas pela Lei do Bem. Observa-se que, em média, as firmas que realizam P&D diferenciam-se substancialmente e estatisticamente das demais, e as que recebem o incentivo (ou Tratamento) diferenciam do segundo grupo. As firmas que recebem o incentivo são, em média, maiores que as firmas que somente realizam P&D sem o auxílio fiscal, que por sua vez, em média, são maiores que as demais: as firmas da amostra geral têm, em média, 133 funcionários, enquanto que as que realizam P&D têm 564 funcionários e que recebem tratamento têm 1621 funcionários, em média.

Em média, as firmas que realizam P&D são 10 anos mais antigas, possuem estoque de capital físico e nível de vendas muito maior, além do valor exportado por estas firmas ser muito superior que as demais. O grupo de firmas que recebem o incentivo da Lei do Bem se diferencia ainda mais, indicando que são firmas de um porte muito maior. 37% das firmas que recebem o incentivo têm capital estrangeiro ou misto, sendo que 17% das firmas que somente

realizam P&D sem o auxílio fiscal têm capital estrangeiro ou misto. A variável *PoTec*, indicativa de número de pessoal técnico ocupado e *proxy* do dispêndio em P&D, é quatro vezes maior para firmas que recebem a Lei do Bem sobre as que realizam P&D.

Tabela 6 – Estatísticas descritivas

	Amostra Geral		Real	Realiza P&D		Lei do Bem
	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.
estr	0.03	0.18	0.17	0.38	0.37	0.48
empr_anos	17.51	12.11	27.69	13.87	32.60	14.40
prop_tgrau	0.08	0.14	0.16	0.17	0.26	0.20
prop_feminino	0.29	0.27	0.25	0.20	0.22	0.16
Po	132.71	648.11	563.94	1657.94	1621.98	3964.91
Potec	2.27	54.25	15.94	160.96	69.48	407.98
prop_pgrau	0.55	0.28	0.43	0.25	0.28	0.21
prop_sgrau	0.37	0.26	0.42	0.20	0.46	0.17
mk	22.81	759.05	147.18	2168.38	652.74	5792.25
mexp	2.37	68.96	16.90	203.26	75.25	510.75
N†	37080		4168		571	

fonte: elaboração própria

[†] Número médio de empresas

mk e mexp referem-se às variáveis k e exp, respectivamente, em milhões.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. MATCHING

No apêndice são apresentados os resultados do modelo de probabilidade *probit* da firma receber o 'tratamento' do crédito fiscal da Lei do Bem. Para elaboração do modelo final de probabilidade foi utilizado o algoritmo de seleção de modelos do geral para o restrito, permanecendo no modelo apenas variáveis significantes em 20%.

A etapa seguinte foi realizar o *matching* segundo o *propensity score* estimado, resultando em uma subamostra dentro do suporte comum. A Figura 4 apresenta a densidade do *propensity score* para a subamostra de tratados (recebem a Lei do Bem) e não tratados, para a amostra geral e a para subamostra pareada (dentro do suporte comum). O resultado do modelo de probabilidade sugere que o grupo de firmas que não recebe o incentivo tem uma concentração de densidade próxima à zero, pr(X) = 0, ou seja, o modelo sugere que as firmas, em sua grande maioria, têm probabilidade zero de participar da Lei do Bem, o que difere significativamente do grupo tratado.

Pelo método de pareamento de *nearest neighbor* e cinco vizinhos, são descartadas as observações não pareadas e as densidades de probabilidade das subamostras de tratados e nãotratado (controle) se aproximam (Figura 4, quadro da direita). No entanto estes grupos são originalmente muito distintos e há um *trade-off* no pareamento entre um critério de pareamento que torne as densidades muito próximas e o número de observações com pareamento.

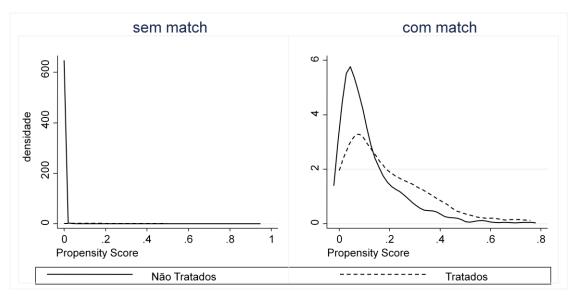


Figura 4 – densidades de kernel do propensity score fonte: elaboração própria

A Tabela 7 apresenta os testes para a média e o desvio padrão das variáveis para as amostras geral e pareada, dividindo os grupos de firmas que recebem o crédito fiscal da Lei do Bem ($T_i = BEM_i = 1$: grupo de tratamento) e das demais ($T_i = BEM_i = 0$: grupo de controle). Antes do pareamento as diferenças entre o grupo de empresas que recebe a Lei do Bem são estatisticamente significantes em 1% para todas variáveis. Após o pareamento, essas diferenças das variáveis de controle (covariadas) não são mais estatisticamente significativas, como indicado para o teste t²³. A variável de dispêndio PD1 é estatisticamente diferente entre os grupos, sugerindo um impacto no dispêndio dentro das limitações já discutidas.

Tabela 7 – Teste de balanceamento

	An	Amostra sem pareamento			Amostra com pareamento			
	T=1	T=0	t	p> t	T=1	T=0	t	p> t
				Covaria	adas			
$log(PO_t)$	6.39	4.02	47.09	0.00	5.95	6.05	-1.17	0.24
$log(PoTec_t)$	2.50	0.29	75.89	0.00	1.92	1.97	-0.57	0.57
$\log(PO_t)^2$	42.83	17.70	58.14	0.00	36.87	38.22	-1.28	0.20
estr _t	0.38	0.03	42.14	0.00	0.30	0.33	-1.00	0.32
empr_anos _t	32.96	18.19	28.05	0.00	30.25	31.50	-1.25	0.21
educa _t	10.49	8.19	28.69	0.00	10.26	10.21	0.47	0.64
prop_tgrau _t	0.25	0.08	30.50	0.00	0.23	0.23	0.11	0.91
prop_pgrau _t	0.25	0.54	-24.87	0.00	0.28	0.29	-0.48	0.63
setor1 _t	0.01	0.00	2.45	0.01	0.00	0.00	-0.32	0.75
setor2 _t	0.11	0.11	-0.33	0.74	0.12	0.13	-0.23	0.82
setor3 _t	0.03	0.11	-6.07	0.00	0.04	0.04	-0.52	0.60

 $^{^{23}}$ H_0 : as médias dos grupos de T=1 e T=0 são iguais.

setor4 _t	0.28	0.17	6.83	0.00	0.29	0.28	0.40	0.69
setor5 _t	0.26	0.19	4.38	0.00	0.25	0.27	-0.43	0.66
setor6 _t	0.14	0.05	10.07	0.00	0.10	0.09	0.40	0.69
setor7 _t	0.05	0.02	4.72	0.00	0.03	0.03	0.32	0.75
setor8 _t	0.08	0.14	-4.08	0.00	0.10	0.10	0.09	0.93
setor9 _t	0.00	0.00	-1.64	0.10	0.00	0.00	-0.45	0.66
$setor10_t$	0.03	0.03	-0.54	0.59	0.03	0.02	1.32	0.19
setor11 _t	0.00	0.01	-1.15	0.25	0.00	0.00	-0.45	0.66
	Variável dependente							
PD1 _t	9.55	0.30	13.34	0.00	1.86	1.07	2.51	0.01

fonte: elaboração própria

A partir da subamostra com pareamento é possível verificar a validade da tendência comum incondicional das variáveis de interesse. A Figura 5 apresenta o gráfico da média incondicional do dispêndio para cada grupo por ano. A observação das tendências sugere que antes da Lei do Bem (antes de 2005) ambos os grupos têm tendências similares. No entanto há uma diferença na média do dispêndio sugerindo a existência de seleção no tratamento de firmas já com maior nível de P&D. Após 2005, quando inicia a Lei do Bem, a média do dispêndio em P&D do grupo de controle segue a mesma tendência anterior à 2005, enquanto do grupo de tratamento tem um aumento na média. Na Figura 6 é possível verificar a mesma diferença de tendência da média das subamostras de tratados e controle antes e depois de 2005 para o número de pessoal técnico ocupado, indicando que compartilham a mesma tendência um ano antes do início do instrumento.

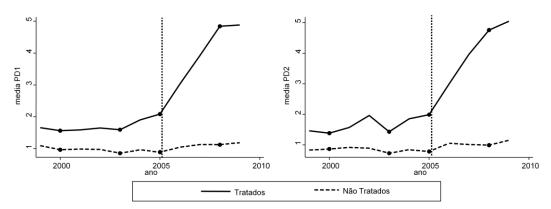


Figura 5 – Tendência não-condicional para variável dependente: PD1 e PD2 **fonte**: elaboração própria

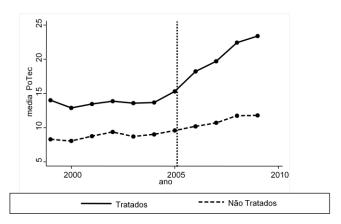


Figura 6 - Tendência não-condicional para variável dependente PoTec fonte: elaboração própria

A Tabela 8 repete a apresentação de estatísticas descritivas, somente para as observações pareadas, confirmando que na amostra pareada as variáveis já não apresentam diferenças sensíveis.

Tabela 8 - Estatísticas descritivas após o pareamento

	Amostr	ra Pareada	Reali	Realiza P&D		Lei do Bem
	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.
estr	0.27	0.44	0.33	0.47	0.31	0.46
empr_anos	29.65	13.95	33.21	13.21	30.53	13.73
prop_tgrau	0.20	0.18	0.21	0.17	0.23	0.17
prop_feminino	0.23	0.17	0.23	0.17	0.23	0.17
po	650.58	1237.58	856.21	1387.57	786.94	1437.46
potec	11.50	29.19	16.15	35.45	16.53	37.42
prop_pgrau	0.35	0.23	0.34	0.22	0.32	0.21
prop_sgrau	0.45	0.18	0.46	0.17	0.46	0.17
mk	114.77	360.91	159.52	450.73	148.94	484.66
mexp	14.05	79.34	17.66	83.83	13.52	54.85

fonte: elaboração própria

mk e mexp referem-se às variáveis k e exp, respectivamente, em milhões.

4.2. ESTIMAÇÃO DE IMPACTO DA LEI DO BEM

A Tabela 9 apresenta os resultados das estimações dos determinantes do investimento em P&D para amostra pareada para toda indústria de transformação. Também foram realizadas estimação segundo subamostras conforme a categorização por intensidade tecnológica dos setores industriais (baixa, media-baixa, média-alta e alta intensidade)²⁴. As estimações correspondem a um modelo de painel com efeitos fixos, com os resultados do estimador de efeitos fixos within na coluna (1) e do estimador tobit de Honoré (1992) nas colunas de (2) a (6). A coluna (2) corresponde à estimação sobre toda amostra e as demais colunas sobre as subamostras de firmas classificadas segundo a intensidade tecnológica: (3) baixa, (4) média-baixa, (5) média-alta intensidade e (6) intensidade tecnológica alta.

Comparativamente os resultados do estimador de efeitos fixos within e tobit (colunas 1 e 2, respectivamente) não apresentam diferenças significativas para variável de interesse, BEM_t . Nas três variáveis dependentes $(PD1_t, PD2_t e PoTec_t)$ o nível de significância estatística permanece em 1% para variável de interesse e com valores muito próximos: para $PD1_t$ de 0.623 para o estimador within e 0.625 para o estimador tobit; para o $PD2_t$ de 0.733 para o estimador within e 0.665 para o estimador tobit e para o PoTect de 0.106 para o estimador within e 0.087 para o estimador tobit. Nesse sentido, é importante observar que, a despeito de uma pequena diferença em magnitude, o estimador tobit tende a produzir uma estimativa de impacto ligeiramente inferior à estimativa proporcionada pelo estimador de within, embora as maiores diferenças proporcionadas pelos métodos encontrem-se nos outros coeficientes associadas às variáveis de controle²⁵.

Para as duas variáveis dependentes de dispêndio em P&D (PD1_t e PD2_t) a variável indicativa de acesso à Lei do Bem é estatisticamente significativa em 1% para amostra geral, indicando um efeito de médio de aumento de dispêndio da ordem de 86% a 107% ²⁶. Para a PoTec, o efeito do acesso é significativo em 1%, indicando que há um acréscimo de 9% no número de profissionais relacionados à pesquisa. Esta diferença pode ser devido ao efeito Goolsbee, em que o incentivo aumenta significativamente o gasto devido ao aumento do

ver apêndice para o detalhamento
 É importante observar que essas diferenças seriam substanciais caso não tivesse realizada a etapa prévia de controle pra o viés de seleção, o pareamento via p.s.m., conforme demonstrado pelas estimativas presentes em Kannebley e Porto (2012).

 $^{^{26}}$ em %: $100(e^{\beta}-1)$

salário dos pesquisadores ou pode ser devido à composição do dispêndio adicional ser em outros fatores e não baseado em contratação de pessoal.

As estimações nas subamostras definidas segundo o grau de intensidade tecnológica dos setores, sugerem que o efeito no dispêndio é significativo para todos subgrupos, exceto para a com firmas do setor de alta intensidade tecnológica, em que não foi encontrado impacto estatisticamente significante. Para as variáveis dependentes $PD1_t$ e $PD2_t$, o setor com maior impacto é o de tecnologia média-baixa, com coeficiente de 1.428 e 1.479 respectivamente, significante a 1%. Os setores de baixa e média-alta tecnologia têm resultados próximos, com coeficientes de 0.566 e 0.450 respectivamente para $PD1_t$ e 0.662 e 0.467 respectivamente para $PD2_t$. Para variável dependente PoTec somente o setor de tecnologia média-alta teve estimação estatisticamente significante, com coeficiente de 0.101 significante a 1%.

O tamanho da empresa, representado pela $proxy\ poliq$, é significativo em todas estimações em 1%, exceto para intensidade média-baixa, e sugere um efeito positivo. A dummy indicativa de exportação $(dexport_{t-1})$ se mostrou estatisticamente nula em todas estimações. E os resultados para o estoque de capital físico $(lk_t = ln\ (K_t))$ indicam um efeito positivo em um nível de significância estatística de 10% para as três variáveis dependentes para amostra geral.

Tabela 9 – Estimações de efeito de tratamento

			Dispêndio e	em PD - <i>PD1</i>		Dispêndio em PD - PD1 _t						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)						
	MQO	geral	baixa	mbaix	malta	alta						
BEM_t	0.623***	0.625***	0.566**	1.428***	0.450**	0.113						
	(0.138)	(0.155)	(0.284)	(0.433)	(0.221)	(0.363)						
lpoliq _t	0.743***	1.145***	1.391***	0.664	0.940***	1.114**						
	(0.122)	(0.177)	(0.375)	(0.502)	(0.262)	(0.434)						
prop_pgrau _t	-1.367**	-1.897**	-2.957*	-0.376	-1.241	-2.394						
	(0.538)	(0.833)	(1.675)	(2.228)	(1.263)	(1.546)						
dexport _{t-1}	-0.069	-0.109	-0.171	-0.559	-0.163	0.103						
	(0.138)	(0.219)	(0.516)	(0.656)	(0.316)	(0.302)						
lk _t	0.190**	0.266**	-0.030	1.085**	0.839***	-0.082						
	(0.088)	(0.136)	(0.383)	(0.424)	(0.282)	(0.087)						
Número de observações	10022	10022	2946	2333	3563	1104						
Número de firmas	1327	1327	374	367	508	161						
	Dispêndio em PD - PD2,											
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)						
	MQO	geral	baixa	mbaix	malta	alta						
BEM _t	0.733***	0.665*** 0.662**		1.479***	0.467*	0.296						
	(0.142)	(0.172)	(0.313)	(0.502)	(0.247)	(0.392)						
lpoliq _t	0.924***	1.735***	1.825***	1.414**	1.729***	1.469**						
	(0.113)	(0.223)	(0.387)	(0.598)	(0.305)	(0.463)						
prop_pgrau _t	-1.161**	-1.971**	-2.507	0.135	-1.347	-4.826**						
	(0.464)	(0.919)	(1.724)	(2.600)	(1.398)	(2.049)						
dexport _{t-1}	0.031	0.123	0.003	-0.517	0.264	0.011						
	(0.115)	(0.235)	(0.557)	(0.739)	(0.296)	(0.406)						
lk_t	0.125**	0.573*	0.534*	1.227**	1.124***	-0.041						
	(0.051)	(0.295)	(0.309)	(0.309) (0.540)		(0.152)						
Número de observações	11301	11301	3220	2855	3964	1186						
Número de firmas	1320	1320	376	371	512	160						
	Pessoal Técnico - <i>PoTec</i> _t											
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)						
	MQO	geral	baixa	mbaix	malta	alta						
BEM _t	0.106 ***	0.087 ***	0.034	0.100	0.101 ***	0.099						
	(0.028)	(0.027)	(0.055)	(0.074)	(0.038)	(0.069)						
lpoliq _t	0.512 ***	0.648 ***	0.533 ***	0.559 ***	0.731 ***	0.738 **						
	(0.029)	(0.030)	(0.048)	(0.071)	(0.048)	(0.090)						
prop_pgrau _t	-0.419 ***	-0.531 ***	-0.806 ***	-0.282	-0.541 ***	-0.313						
	(0.095)	(0.108)	(0.195)	(0.241)	(0.164)	(0.362)						
dexport _{t-1}	0.018	0.026	0.068	-0.003	0.039	-0.063						
	(0.024)	(0.027)	(0.052)	(0.052)	(0.049)	(0.059)						
lk _t	0.005	0.025 *	0.117 ***	0.030 *	0.033	-0.030						

Erros padrão entre parênteses, * : significante em 10%, **: significante em 5%, *** : significante em 1%.

(0.014)

13887

1552

(0.008)

1552

dummies de ano omitidos da apresentação

fonte: elaboração própria

Número de observações

Número de firmas

Uma tentativa de buscar verificar a robustez dos resultados até o momento apresentados é a tentativa de inferência para o efeito dinâmico do recebimento do incentivo.

(0.036)

412

(0.018)

(0.021)

5214

637

(0.022)

1441

192

Ou seja, dado que o recebimento da isenção fiscal é um recebimento ex-post ao gasto é interessante observar se o impacto obtido a partir da variável dummy em tempo corrente seria resultado também da disponibilidade de recursos proporcionados pelo incentivo recebido no anterior. A Tabela 10 apresenta os resultados, em que é adicionado ao modelo (1.7) a variável BEM defasada em um período. Não se ignora aqui a possibilidade desses resultados serem função da forma de construção da variável de dispêndio, devendo ser considerados com a devida cautela. Nesse sentido, a principal atenção aqui se concentra na significância estatística dos coeficientes, ficando a magnitude dos coeficientes em um segundo plano. Para amostra geral os resultados indicam que a variável defasada em um ano é estatisticamente significante em 1% para variáveis $PD1_t$ e $PD2_t$, e em um nível de significância estatística de 10% para o modelo de PoTec. Para as variáveis de dispêndio os coeficientes estimados para amostra geral não diferem substancialmente: nos modelos para PD1 e PD2 o coeficiente do incentivo no ano corrente é de 0.488 enquanto que do ano anterior é de 0.497, significantes a 1%. Para PoTec o efeito do recebimento do ano corrente é maior (0.074, significativo a 1%) que o do ano anterior (0.048, significativo a 10%).

Os resultados para os setores classificados segundo intensidade tecnológica, analogamente ao caso anterior, sugerem que o efeito é mais significativo para intensidade média-baixa e não é estatisticamente significativo para intensidade tecnológica alta, considerando um nível de significância estatística de 10%. Analisando o efeito sobre as variáveis de dispêndio $PD1_t$ e $PD2_t$, o efeito do incentivo defasado é superior para o grupo de setores de baixa intensidade tecnológica (0.378 contra 0.730 para $PD1_t$ e 0.481 contra 0.710 para $PD2_t$) e significante a 1%. Para os setores de intensidade tecnológica média-baixa ocorre o inverso (1.167 contra 0.845 para $PD1_t$ e 1.233 contra 0.750 para $PD2_t$) e com significância estatística a 1% para o coeficiente relativo ao incentivo no ano corrente. Para os setores com intensidade tecnológica média-alta para $PD1_t$ somente o coeficiente do benefício no ano corrente é significativo a 5%, enquanto que para para $PD2_t$ ambos são significativos a 10%. Nos setores de média-baixa intensidade o impacto se deve à isenção fiscal corrente, enquanto nos setores de média-alta intensidade tecnológica o impacto deve tanto à isenção corrente, como defasada em período.

Para variável dependente *PoTec*, , que diferentemente das variáveis de dispêndio, tem periodicidade e disponibilidade de dados anual, somente o coeficiente do grupo de setores de intensidade média-alta é estatisticamente significativo. Neste grupo, o efeito corrente ou

defasado é igual com coeficiente de 0.079 ambos em um nível de significância estatística de 5%.

Tabela 10 – Estimações com variável de tratamento defasada

3	com variavei de tra	Dispêndio em PD - PDI_t					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
	geral	baixa	mbaix	malta	alta		
BEM_t	0.488 ***	0.378	1.167 ***	0.393 **	0.012		
	(0.129)	(0.255)	(0.354)	(0.185)	(0.307)		
BEM_{t-1}	0.497 ***	0.730 ***	0.845 **	0.223	0.375		
	(0.129)	(0.235)	(0.361)	(0.199)	(0.294)		
lpoliq _t	1.134 ***	1.380 ***	0.652	0.936 ***	1.103 **		
	(0.177)	(0.375)	(0.502)	(0.263)	(0.434)		
prop_pgrau _t	-1.889 **	-2.874 *	-0.390	-1.236	-2.438		
	(0.833)	(1.667)	(2.225)	(1.262)	(1.532)		
dexport _{t-1}	-0.116	-0.186	-0.555	-0.168	0.095		
	(0.219)	(0.513)	(0.654)	(0.317)	(0.303)		
lk _t	0.265 *	-0.034	1.070 **	0.838 ***	-0.082		
	(0.136)	(0.381)	(0.422)	(0.282)	(0.087)		
N. de observações	10022	2946	2333	3563	1104		
N. de firmas	1327	374	367	508	161		
		Γ	Dispêndio em PD -	$PD2_t$			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
	geral	baixa	mbaix	malta	alta		
BEM_t	0.527 ***	0.481 *	1.233 ***	0.361 *	0.252		
	(0.146)	(0.283)	(0.421)	(0.208)	(0.342)		
BEM_{t-1}	0.488 ***	0.710 ***	0.750 *	0.394 *	0.169		
	(0.141)	(0.267)	(0.391)	(0.214)	(0.337)		
lpoliq _t	1.726 ***	1.815 ***	1.406 **	1.723 ***	1.464 ***		
	(0.223)	(0.387)	(0.598)	(0.305)	(0.463)		
prop_pgrau _t	-1.960 **	-2.416	0.120	-1.332	-4.847 **		
	(0.918)	(1.718)	(2.601)	(1.391)	(2.040)		
dexport _{t-1}	0.115	-0.013	-0.516	0.255	0.006		
	(0.235)	(0.558)	(0.737)	(0.297)	(0.406)		
lk _t	0.568 *	0.527 *	1.210 **	1.124 ***	-0.041		
	(0.295)	(0.309)	(0.542)	(0.299)	(0.152)		
N. de observações	11301	11301	3220	2855	1186		
N. de firmas	1320	1320	376	371	160		
		P	Pessoal Técnico - Pe	$oTec_t$			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
	geral	baixa	mbaix	malta	alta		
BEM _t	0.074 ***	0.040	0.092	0.079 **	0.086		
•	(0.023)	(0.049)	(0.061)	(0.033)	(0.061)		
BEM_{t-1}	0.048 *	-0.023	0.023	0.079 **	0.050		
t-1	(0.025)	(0.052)	(0.061)	(0.036)	(0.073)		
lpoliq _t	0.647 ***	0.534 ***	0.559 ***	0.728 ***	0.736 ***		
1 10	(0.030)	(0.048)	(0.071)	(0.048)	(0.090)		
prop_pgrau _t	-0.531 ***	-0.807 ***	-0.283	-0.542 ***	-0.313		
	(0.107)	(0.195)	(0.241)	(0.164)	(0.361)		
dexport _{t-1}	0.026	0.068	-0.003	0.040	-0.064		
_	(0.027)	(0.051)	(0.052)	(0.049)	(0.059)		
lk_t	0.025 *	0.117 ***	0.030 *	0.034	-0.030		
	(0.014)	(0.036)	(0.018)	(0.021)	(0.022)		
N. de observações	13887	13887	3546	3598	1441		
N. de firmas	1552	1552	412	449	192		

Erros padrão entre parênteses, *: significante em 10%, **: 5%, ***: 1%. dummies de ano omitidos da apresentação **fonte:** elaboração própria

4.3. EFEITOS DE DOSAGEM DO INCENTIVO

Os resultados anteriores baseados na especificação (1.13) consideram o efeito binário do tratamento, ou o efeito médio na utilização ou não do incentivo fiscal. Os efeitos de intensidade (ou dosagem) do tratamento ainda não são considerados no modelo. Uma forma de incluir o efeito de dosagem é introduzir *dummies*, conforme (1.14).

As *dummies* de tratamento, considerando os efeitos de intensidade, são construídas usando a formulação para cada variável dependente (PD1, PD2 e PoTec):

Para a variável de intensidade de tratamento foi escolhido o valor de crédito fiscal recebido em Reais de 2009 por pessoal técnico (*PoTec*). Para escolha dos valores limiares foi usado o método proposto por Hansen (1999) conforme (1.15). A Tabela 11 apresenta os resultados dos testes de não linearidade proposto por Hansen para existência de valores limiares. As estatísticas F dos testes e os p-valores são obtidos através do método *bootstrap* e mostram a hipótese nula de linearidade (ou a não existência de um limiar) é rejeitada em um nível de significância estatística de 10%, para as variáveis PD1 e PD2, o que evidencia a existência de ao menos um valor limiar. Nos testes seguintes, a hipótese de existência de apenas um valor limiar não é rejeitada, a não ser para o caso do modelo de *PoTec*, em que não é possível rejeitar a presence de dois valores limiares.

Tabela 11 – Teste para efeitos limiares segundo Hansen (1999)

	PD1	PD2	PoTec
Teste para efeitos de um valor limiar			
Estatística F	15.02	14.88	35.74
p-valor	0.05	0.08	0.00
Valores Críticos (10%, 5%, 1%)	(12.8, 14.1, 23.6)	(14.6, 16.2, 24)	(11, 13.1, 17.6)
Teste para efeitos de dois valores limiares	· •		
Estatística F	4.85	5.12	32.22
p-valor	0.68	0.93	0.00
Valores Críticos (10%, 5%, 1%)	(12.1, 13.5, 16.6)	(24.7, 31, 31.9)	(10.5, 12.4, 16.8)

fonte: elaboração própria

A estimativa do valor limiar é apresentada na Tabela 12 e os gráficos resultantes são apresentados no apêndice. Para variável dependente PD1 a estimativa de limiar é de 3.158, correspondente que existem diferenças no coeficiente β para o valor de corte de 22.4 mil R\$ por pesquisador (em R\$ de 2009)²⁷. Para o PD2 é estimado que há diferenças para o valor de corte de 26.0 mil R\$ por pesquisador. E para a variável PoTec o algoritmo não rejeita a existência de dois limiares: 0.619 e 4.895, no entanto o primeiro limiar está no limite inferior da distribuição da variável γ (aproximadamente 1.8 mil R\$ por pesquisador)²⁸, desconsiderado nas estimações presentes.

Tabela 12 – Valores limiares estimados no modelo Hansen

variável dependente	limiar (ŷ)	e ^{limiar} ‡
PD1	3.158	22.44
PD2	3.260	26.05
PoTec	4.895	133.62

fonte: elaboração própria ‡ em mil R\$ por pesquisador

A Tabela 13 apresenta os resultados das estimações considerando os efeitos de um incentivo por pesquisador segundo faixa "inferior" do limiar ($BEM0_t = 1$) e faixa "superior" do limiar ($BEM1_t = 1$). Inicialmente é importante observar que os resultados estimados para efeito de dosagem independem do estimador utilizado (within ou Tobit), havendo coerência nas estimativas. Também é importante notar que as estimações considerando valores limiares não produzem resultados simétricos para os modelos em que as variáveis dependentes são os dispêndios, PD1 e PD2. Comparativamente aos resultados da Tabela 9, estes resultados sugerem para PD1, em termos médios, um retorno decrescente para o incentivo para amostra geral - o coeficiente para PD1 de 0.788 reduz para 0.504, conforme o valor do incentivo aumenta. Este padrão repete, por exemplo, com firmas do grupo de intensidade média-baixa, em que os coeficientes foram significativos estatisticamente a 1% e 5%. Para o grupo de empresas dos setores de intensidade tecnológica baixa, o efeito de dosagem "superior" não é significativo, e o efeito para dosagem "inferior" é significativo em 1% com coeficiente estimado de 0.865. Para o grupo de empresas dos setores de intensidade tecnológica média-

²⁸ ver gráficos do apêndice D.

 $^{^{27}}$ $e^{\gamma} \approx 22.4$ (mil R\$/pesquisador), em R\$ de 2009

alta, o efeito de dosagem "inferior" não é significativo, e o efeito para dosagem "superior" é significativo em 10% com coeficiente estimado de 0.483.

Tabela 13 – Estimações com efeitos de dosagem

Tabela 13 – Estillaç	çoes com cienos de	dosagem					
	Dispêndio em P&D - $PD1_t$						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
	MQO	geral	baixa	mbaix	malta	alta	
$BEM0_t$	0.816 ***	0.788 ***	0.865 ***	1.502 ***	0.393	0.686	
	(0.175)	(0.187)	(0.322)	(0.539)	(0.258)	(0.422)	
BEM1 _t	0.498 ***	0.504 **	0.302	1.339 **	0.483 *	-0.284	
	(0.178)	(0.200)	(0.393)	(0.555)	(0.277)	(0.472)	
N. de observações	10022	10022	2946	2333	3563	1104	
N. de firmas	1327	1327	374	367	508	161	
	Dispêndio em P&D - PD2 _t						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
	MQO	geral	baixa	mbaix	malta	alta	
BEM0 _t	-0.108	-0.232	-1.544	0.374	0.223	-1.025 *	
	(0.243)	(0.453)	(1.339)	(1.414)	(0.455)	(0.539)	
BEM1 _t	0.835 ***	0.725 ***	0.773 **	1.560 ***	0.486 *	0.356	
	(0.151)	(0.175)	(0.313)	(0.494)	(0.259)	(0.398)	
N. de observações	11301	11301	3220	2855	3964	1186	
N. de firmas	1320	1320	376	371	512	160	
	Pessoal Técnico - $PoTec_t$						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
	MQO	geral	baixa	mbaix	malta	alta	
BEM0 _t	-0.002	0.115 *	-0.001	-0.035	0.164 *	0.612 **	
	(0.063)	(0.069)	(0.123)	(0.124)	(0.096)	(0.250)	
BEM1 _t	0.125 ***	0.084 ***	0.039	0.116	0.094 **	0.070	
•	(0.030)	(0.027)	(0.058)	(0.078)	(0.040)	(0.066)	
N. de observações	13887	13887	3546	3598	5214	1441	
N. de firmas	1552	1552	412	449	637	192	

Erros padrão entre parênteses, *: significante em 10%, **: 5%, ***: 1%.

lpoliq, prop_pgrau, l_dexport, lk e *dummies* de ano omitidos da apresentação

fonte: elaboração própria

Já os resultados para o modelo da variável dependente *PD2* indicam uma relação inversa, em de, em termos médios, um retorno para incentivo somente na faixa superior do valor limiar. O coeficiente da amostra geral não é estatisticamente significativo para o efeito de dosagem "inferior", o coeficiente estimado para dosagem "superior" é de 0.725, em um nível de significância de 1%. O coeficiente não é estatisticamente significativo para o efeito de dosagem "inferior" para as subamostras de firmas nos setores de intensidade tecnológica baixa, média-baixa e média-alta e para dosagem "superior" para as subamostras de firmas nos

setores de intensidade tecnológica alta. O coeficiente estimado para subamostras de firmas nos setores de intensidade tecnológica alta e dosagem "baixa" negativo de -1.025, estatisticamente significante a 5%. Ou seja, somente para os setores de média-alta intensidade tecnológica tem-se um resultado coerente entre os modelos *PD1* e *PD2*. Os resultados, o que está em concordância com os resultados obtidos pelo o modelo linear apresentado anteriormente.

Para variável dependente *PoTec* verificou-se um padrão de resposta ao incentivo do tipo retornos crescentes, quando se considera o estimador de M.Q.O., e um retorno decrescente do incentivo quando se considera o resultado proporcionado pelo estimador *tobit*. O coeficiente da amostra geral é de 0.115, estatisticamente significativo em 10% para o efeito de dosagem "inferior", e o coeficiente estimado para dosagem "superior" é de 0.084, estatisticamente significativo em 1%. Os coeficientes não são estatisticamente significativos para subamostras de firmas nos setores de intensidade tecnológica baixa e média-baixa. Para subamostra de firmas nos setores de intensidade tecnológica média-alta o coeficiente referente à dosagem "inferior" é de 0.164, estatisticamente significativo em 10% e o coeficiente referente à dosagem "superior" é de 0.094, estatisticamente significativo em 5%. Para subamostra de firmas nos setores de intensidade tecnológica alta o coeficiente referente à dosagem "inferior" é de 0.612, estatisticamente significativo em 5% e o coeficiente referente à dosagem "superior" não é estatisticamente significativo considerando um nível de significância estatística de 10%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho objetivou-se contribuir com evidências para questão do impacto dos incentives públicos no P&D privado nas firmas. Em particular foi analisado o impacto do instrumento de incentivo fiscal da Lei do Bem sobre o dispêndio privado em P&D e sobre o número de pessoal técnico empregado em empresas industriais brasileiras usando microdados. Uma política pública de incentivo suportando financeiramente a atividade privada de P&D está sujeita ao efeito de *crowding-out*, ou seja, os fundos públicos substituindo os recursos privados, sem efeito no nível do P&D.

Para estimação do impacto foram usados micro-dados com dados anuais de empresas industriais provenientes de duas pesquisas do IBGE, a PINTEC e a PIA, dados da RAIS do MTE, dados da SECEX e dados do MCTI específicos da Lei do Bem. O período analisado foi de 1999 a 2009, sendo que 7 períodos são anteriores à Lei do Bem. Para minimizar os efeitos de viés de seleção foi usado o método de *propensity score matching*, construindo uma base de dados em painel desbalanceado com aproximadamente 1500 firmas por período. A partir da base de dados pareada foi estimado um modelo empírico de determinação do dispêndio em P&D e do número de pessoal técnico ocupado. Para estimação foram usados o estimador de efeitos fixos *within* e um estimador de painel *tobit* semiparamétrico. Consideraram-se as diferenças de intensidade tecnológicas entre os diversos setores da indústria, os efeitos dinâmicos e os efeitos de dosagem do incentivo em diferentes estimações.

Os resultados deste trabalho sugerem que, em geral, não há o efeito de *crowding-out* total para o período e instrumento analisado nas firmas industriais brasileiras. Os modelos econométricos sugerem um impacto positivo no nível de dispêndio em P&D e pessoal técnico ocupado. Os modelos estimam que aumento no dispêndio em P&D devido ao incentivo seja em média de 86% a 108%, enquanto que o aumento estimado no número de pessoal técnico é de 9% em média.

No entanto, foram encontradas evidências que pode existir o efeito de *crowding-out* para firmas de setores de alta intensidade tecnológica, sendo que não é possível verificar estatisticamente que dado o recebimento de um incentivo houve impacto positivo no nível de dispêndio para estas firmas. O resultado do recebimento do incentivo fiscal em um ano anterior, para o setor de alta tecnologia, igualmente não é estatisticamente significativo. O impacto estimado no dispêndio para as firmas pertencentes aos setores de baixa intensidade

tecnológica foi de 76% a 94%. Estes resultados são similares aos encontrados por González e Pazó (2008), por exemplo, que encontram maior efetividade dos programas espanhóis em empresas operando em setores de baixa tecnologia, no entanto sem correspondência no efeito na variável *PoTec*.

Segundo as estimações, o impacto de recebimento do incentivo fiscal em um ano anterior igualmente é estatisticamente significativo em 1% para as variáveis de dispêndio. A análise do impacto defasado permite verificar uma diversidade nos resultados, indicando que para os setores de baixa intensidade tecnológica o efeito defasado é significativo estatisticamente, enquanto que o efeito corrente não é significativo. Para *PoTec*, o efeito do recebimento defasado é menor do que o corrente e com baixa significância estatística.

A análise considerando os efeitos de dosagem indica que o incentivo é estatisticamente significativo no dispêndio para amostra geral e para os setores de baixa e média-baixa intensidade tecnológica. Os resultados não são conclusivos para os efeitos de dosagem alta ou baixa no dispêndio. O efeito de dosagem na variável de pessoal ocupado indica que para amostra geral e a subamostra de setores com intensidade tecnológica média-alta, o impacto é maior para um incentivo baixo, porém com baixa significância estatística. No entanto a análise por intensidade tecnológica indica que o coeficiente não é estatisticamente significativo para baixa e média-baixa intensidades. O efeito é estatisticamente significativo em 5% para as firmas dos setores de alta intensidade tecnológica com dosagem baixa, sendo que nenhuma estimação anterior resultou em impacto significativo para as firmas dos setores de alta intensidade tecnológica.

Apesar de rejeitar o *crowding-out* para as firmas em geral, não é possível dizer que o instrumento provoca um estímulo a um gasto adicional privado. A extensão para uma recomendação de política ainda não é possível, visto que não foi feita a análise de bem estar. Ainda, não foi possível não foi possível rejeitar o *crowding-out* em alguns segmentos, como em firmas dos setores de alta intensidade.

Este trabalho pode ser futuramente aprofundado com uma análise do impacto dinâmico intra-firma do incentivo, ou investigando os impactos em indicadores de performance da firma, ou a presença de externalidades, por fim poderia ser efetuada a análise completa sob o ponto de vista de bem estar social.

REFERÊNCIAS

- ALVES, P.; SILVA, A. M. Estimativa do estoque de capital das empresas industriais brasileiras. **IPEA**, v. Texto para Discussão 1325, 2008.
- ARAÚJO, B. C. et al. Impactos dos Fundos Setoriais nas Empresas. ANPEC, 2010.
- ARAÚJO, B. C.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. Variáveis proxy para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (Rais). **Radar: Tecnologia, Produção e Comercio Exterior**, v. 5, 2009.
- BLOOM, N.; GRIFFITH, R.; REENEN, J. V. Do R&D tax credits work? Evidence from a panel of countries 1979-1997. **Journal of Public Economics**, v. 85, n. 1, p. 1-31, 2002.
- BOND, S.; REENEN, J. V. Microeconometric models of investment and employment. **Handbook of econometrics**, v. 6, n. June, p. 4417-4498, 2007.
- CARBONI, O. The Effect of R&D Subsidies on Private R&D: Evidence from Italian Manufacturing Data, n. 200815, 2008.
- CZARNITZKI, D.; HANEL, P.; ROSA, J. M. Evaluating the Impact of R&D Tax Credits on Innovation: A Microeconometric Study on Canadian Firms, n. 05-01, 2005.
- DAVID, P. A.; HALL, B. H.; TOOLE, A. A. Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence. **Research Policy**, v. 29, n. 4-5, p. 497-529, 2000.
- GONZÁLEZ, X.; PAZÓ, C. Do public subsidies stimulate private R&D spending? **Research Policy**, v. 37, n. 3, p. 371-389, 2008.
- GOOLSBEE, A. Does Government R&D Policy Mainly Benefit Scientists and Engineers? **American Economic Review**, v. 88, n. 2, p. 298-302, 1998.
- GOTO, A.; SUZUKI, K. R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries. **The Review of Economics and Statistics**, v. 71, n. 4, p. 555-64, 1989.
- HALL, B. H. R&D Tax Policy During the Eighties: Success or Failure? **Hoover Institution**, **Stanford University**, n. e-93-1, 1993.
- HALL, B. H.; LERNER, J. The Financing of R&D and Innovation. **United Nations University, Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology**, n. 012, 2010.
- HALL, B. H.; MAIRESSE, J.; MOHNEN, P. Measuring the Returns to R&D. **National Bureau of Economic Research, Inc**, n. 15622, 2009.
- HALL, B.; HAYASHI, F. Research and Development As An Investment. **NBER Working Papers**, n. 2973, 1989.

HALL, B.; REENEN, J. V. How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence. **Research Policy**, v. 29, n. 4-5, p. 449-469, 2000.

HALL, R. E.; JORGENSON, D. W. Tax Policy and Investment Behavior: Reply and Further Results. **American Economic Review**, v. 59, n. 3, p. 388-401, 1969.

HANSEN, B. E. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference. **Journal of Econometrics**, v. 93, n. 2, p. 345-368, 1999.

HONORÉ, B. E. Trimmed LAD and Least Squares Estimation of Truncated and Censored Regression Models with Fixed Effects. **Econometrica**, v. 60, n. 3, p. 533-65, 1992.

IENTILE, D. Econometric Evaluation of the R&D Tax Credit, 2008.

IENTILE, D.; MAIRESSE, J. A policy to boost R&D: Does the R&D tax credit work? **EIB Papers**, n. 6/2009, 2009.

JORGENSON, D. The Theory of Investment Behavior. **NBER Chapters**, p. 129-188, 1967.

KANNEBLEY, S.; PORTO, G. S. Incentivos fiscais à pesquisa, desenvolvimento e inovação no Brasil: Uma avaliação das políticas recentes. **Inter-American Development Bank Publications**, n. 76698, 2012.

LOKSHIN, B.; MOHNEN, P. How effective are level-based R&D tax credits? Evidence from the Netherlands. **United Nations University, Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology**, n. 040, 2010.

MAIRESSE, J.; MULKAY, B. Une evaluation du credit d'impot recherche en France, 1980-1997. **Centre de Recherche en Economie et Statistique**, n. 2004-43, 2004.

MODIGLIANI, F.; MILLER, M. H. The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. **The American Economic Review**, v. 48, p. 261-297, 1958.

MULKAY, B.; HALL, B. H.; MAIRESSE, J. Firm level investment and R&D in France and the United States: a comparison. **NBER Working Papers**, 2000.

NIGRI, J. D.; LEMOS, M. Avaliação das Políticas de Incentivo à P&D e Inovação Tecnológica no Brasil. **Nota Técnica IPEA**, v. 1, p. 11, 2009.

PARISI, M.; SEMBENELLI, A. Is Private R&D Spending Sensitive to Its Price? Empirical Evidence on Panel Data for Italy. **Empirica**, v. 30, n. 4, p. 357-377, 2003.

PARSONS, M.; PHILLIPS, N. An Evaluation of the Federal Tax Credit for Scientific Research and Experimental Development. **Working Paper 2007-2008**, 2007. Department of Finance, Canada.

SAMUELSON, P. A. Interactions between the Multiplier Analysis and the Principle of Acceleration. **The Review of Economic Statisties**, v. vol. 21, p. 75-78, 1939.

WARDA, J. Tax Treatment of Business Investments in Intellectual Assets: An International Comparison, n. 2006/4, 2006.

APÊNDICE

A. Matching

Tabela 14 – Modelo probit: probabilidade de participação com t=2005

	Coef.	d.p.	Z	pr> z
$ln(po_t)$	0.511	0.133	3.84	0.00
$\ln(\mathrm{po_t})^2$	0.028	0.015	1.84	0.07
ln(empr_anos _t)	-45.335	19.069	-2.38	0.02
ln(educa _t)	2.909	0.520	5.59	0.00
prop_feminino _t	-1.549	0.724	-2.14	0.03
ln(exp _t)	0.020	0.010	2.12	0.03
$\ln(\mathrm{po}_{\mathrm{t-1}})^2$	-0.032	0.010	-3.13	0.00
ln(educa _{t-1})	-0.110	0.059	-1.86	0.06
prop_tgrau _{t-1}	1.294	0.249	5.19	0.00
prop_feminino _{t-1}	1.149	0.719	1.60	0.11
$ln(exp_{t-1})$	0.029	0.010	2.93	0.00
Número de observações			30948	
LR chi2 (22)			2738.4	
Prob > chi2			0.00	
Ln likelihood			-1416.50	
Pseudo R2			0.4915	

fonte: elaboração própria

Obs.: dummies regionais e setoriais omitidas da apresentação

estr, prop_tgraute pot removidos devido a p>20%

B. Inventário perpétuo

O estoque de capital em P&D (G_{it}) foi construído com uso do inventário perpétuo

$$G_{it} = (1 - \delta)G_{it-1} + R_{it}$$

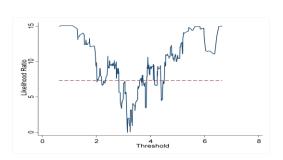
porém não há muita base para construção do valor inicial. Assumindo que G_{it} cresce à taxa constante no tempo v_i : $G_{it}=(v_i+1)$ G_{it-1} então: $G_{i0}=\frac{R_{i0}}{\delta+v_i}$

C. Intensidade Tecnológica

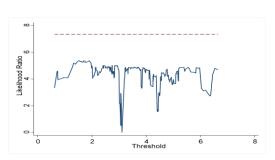
Descrição CNAE	Setor	CNAE 1.0	
Baixa			
Fabricação de Produtos Alimentícios e Bebidas	Alimentos	15	
Fabricação de Produtos do Fumo	Agroindústria	16	
Fabricação de Produtos Têxteis	Têxtil	17	
Confecção de Artigos Do Vestuário E Acessórios	Têxtil	18	
Preparação de Couros e Fabricação de Artefatos De Couro, Artigos Para Viagem e Calçados	Bens de Consumo	19	
Fabricação de Produtos de Madeira	Bens de Consumo	20	
Fabricação de Celulose, Papel e Produtos de Papel	Papel e Celulose	21	
Impressão e Reprodução de Gravações	•	22	
Média-			
Baixa			
Fabricação de Coque, de Produtos Derivados do Petróleo e de Biocombustíveis	Petroquímica	23	
Fabricação de Produtos de Borracha e de Material Plástico	Químico	25	
Fabricação de Produtos de Minerais Não-Metálicos	Químico	26	
Metalurgia	Metalurgia	27	
Fabricação de Produtos de Metal, Exceto Máquinas e Equipamentos	Moveleira	28	
Fabricação de Móveis e Indústrias diversas	Moveleira	36	
Média-			
Alta			
Fabricação de Produtos Químicos	Química	24	
Fabricação de Máquinas, Aparelhos E Materiais Elétricos	Eletro-Eletrônica	31	
Fabricação de Máquinas E Equipamentos	Eletro-Eletrônica	29	
Fabricação e Montagem de Veículos Automotores, Reboques	Mecânica e Tranportes	34	
e Carrocerias			
Alta			
Fabricação de Produtos Farmoquímicos e Farmacêuticos	Química	24-5	
Fabricação de Material Eletrônico e de Aparelhos de comunicações	Eletro-Eletrônica	32	
Fabricação de Equipamentos de Instrumentação Médico- Hospitalares,	Eletro-Eletrônica	33	
Instrumentos de Precisão e Ópticos, Equipamentos			
para Automação Industrial, Cronômetros e Relógios			
Fabricação de Outros Equipamentos de Transporte	Mecânica e Tranportes	35	

D. Resultados Gráficos do algoritmo de Hansen (1999)

PD1 – limiar 1

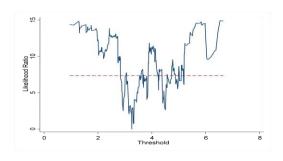


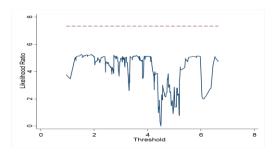
PD1 – limiar 2



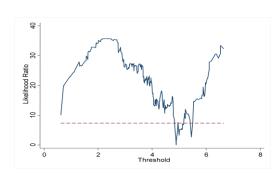
PD2 – limiar 1

PD2 – limiar 2





PoTec – limiar 1



PoTec – limiar 2

