



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

**Indicadores de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
(P,D&I) em Software e Serviços de TI: o Caso da Lei do Bem
(nº 11.196/05)**

Rafael Henrique Rodrigues Moreira

BRASÍLIA
2014



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

**INDICADORES DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO
(P,D&I) EM SOFTWARE E SERVIÇOS DE TI: O CASO DA LEI DO BEM
(Nº 11.196/05)**

Rafael Henrique Rodrigues Moreira

Dissertação apresentada como requisito parcial
para conclusão do Mestrado em Computação Aplicada

Orientadora
Prof.^a Dr.^a Fernanda Lima

BRASÍLIA
2014

Universidade de Brasília – UNB
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação
Mestrado Profissional em Computação Aplicada

Coordenador: Prof. Dr. Marcelo Ladeira

Banca Examinadora composta por:

Prof.^a Dr.^a Fernanda Lima (Orientadora) – CIC/UNB
Prof. Dr. Claudio Chauke Nehme – UCB
Prof. Dr. João Carlos Félix Sousa – EPR/UNB

CIP – Catalogação Internacional na Publicação

Moreira, Rafael Henrique Rodrigues

M838i

Indicadores de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I) em Software e Serviços de TI: o Caso da Lei do Bem (nº 11.196/05) / Rafael Henrique Rodrigues Moreira. Brasília: UNB, 2014. 86 f.:il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Departamento de Ciência da Computação, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, 2014.

Inclui Bibliografia.

Orientação: Fernanda Lima

1. Brasil – Lei do Bem (2005). 2. Tecnologia da Informação. 3. Pesquisa e Desenvolvimento. 4. Inovações Tecnológicas. 5. Software I. Lima, Fernanda. II. Título.

CDU – 004

Endereço: Universidade de Brasília
Campus Darcy Ribeiro – Asa Norte
CEP 70910-900
Brasília-DF – Brasil



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

**INDICADORES DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO
(P,D&I) EM SOFTWARE E SERVIÇOS DE TI: O CASO DA LEI DO BEM
(Nº 11.196/05)**

Rafael Henrique Rodrigues Moreira

Dissertação apresentada como requisito parcial
para conclusão do Mestrado em Computação Aplicada

Prof.^a Dr.^a Fernanda Lima (Orientadora)
CIC/UNB

Prof. Dr. Claudio Chauke Nehme
UCB

Prof. Dr. João Carlos Félix Sousa
EPR/UNB

Prof. Dr. Marcelo Ladeira
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada

Brasília, 23 de junho de 2014

DEDICATÓRIA

A Deus pela inspiração e o controle de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Fernanda Lima e Rodrigo Bonifácio pelo tema proposto, a orientação acadêmica e os ensinamentos ao longo da pós-graduação,

À SEPIN/MCTI pela oportunidade concedida,

Ao Secretário de Política de Informática, Virgílio Almeida, pelo apoio dado,

Aos meus pais pelo carinho e dedicação com que tiveram comigo desde meus primeiros anos de vida,

Às minhas Lili e Aninha pelo amor inesgotável e a dedicação infinita impressos em suas mínimas atitudes.

RESUMO

No caso brasileiro, quando avaliamos a cadeia de software e serviços de Tecnologia da Informação (TI) e os investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P, D&I), concluimos que há uma demanda crescente do segmento por recursos públicos e privados de P&D. Como exemplo, na última subvenção econômica da Agência de Inovação Brasileira - FINEP - o setor de TICs foi responsável por 40% da demanda total de projetos, tendo uma demanda relativa à oferta de recursos para o segmento de 268 vezes, demonstrando o grande interesse por investimentos neste segmento, ora por seu dinamismo, menor barreira à entrada em muitos subsegmentos, capacidade inovadora, bons modelos de negócio, menor influência de fatores relativos à infraestrutura, etc. De semelhante modo, o governo brasileiro nos últimos anos tem criado instrumentos de apoio e incentivos fiscais para o processo de P&D privado, tal como a edição da Lei do Bem (nº 11.196/06), que permite a dedução dos investimentos em P&D privado do Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ), assim como permite uma série de desonerações fiscais para demais despesas de atividades de pesquisa. Neste sentido, um problema existente atualmente para um maior uso dos incentivos fiscais da Lei do Bem diz respeito exatamente à dificuldade de se definir o que venha a ser atividades de P, D&I em software e serviços de TI, o que tem causado diversos problemas na relação do setor público com a iniciativa privada setorial, bem como dificuldades para a construção de análises de impacto e efetividade destes incentivos fiscais. Assim, anela-se com esta dissertação a estruturação de uma proposta de captura e seleção de projetos enquadráveis nos quesitos do que venha a ser P, D&I em software e serviços de TI, como também explorar esta base de dados ineditamente estruturada para avaliações de impacto e fatores determinantes dos gastos privados em P&D a partir de regimes fiscais diferenciados.

Palavras-Chave: Indicadores de P&D; Inovação em Software e Serviços de TI, Tecnologias da Informação e Comunicação; Lei do Bem.

ABSTRACT

In the Brazilian case, when evaluating the chain of software and Information Technology services (IT) market and investment in Research, Development and Innovation (R, D&I), we conclude that there is a growing demand for public and private resources in R&D. The Brazilian government in recent years has created tools to support and tax incentives for the process of private R&D, such as the issue of the “Goodwill Law” (11.196/06), which allows the deduction of investments in private R&D of Income Tax, as well as allowing a number of tax exemptions for other expenses of research activities. In this sense, an existing problem currently for greater use of tax incentives of the “Goodwill Law” relates exactly to the difficulty of defining what will be out R, D&I in software and IT services, which has caused several problems in respect of the public sector with the private sector. Thus, the objective with this thesis is structuring a proposal to capture, selection of projects encompassed in the questions of what will be R, D&I in software. We also evaluate the impacts and determinants of private R&D spending.

Keywords: Indicators of R&D; Innovation in IT Services and Software, Information Technology and Communications; “Goodwill Law”.

SUMÁRIO

| | | |
|-----|---|----|
| | Lista de Figuras | x |
| | Lista de Tabelas | xi |
| 1 | Introdução | 1 |
| 2 | Referencial Teórico | 5 |
| 2.1 | Indicadores e Métricas | 5 |
| 2.2 | Caracterização do P&D em SW: Exemplos Internacionais | 17 |
| 2.3 | Avaliação dos Incentivos Fiscais para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P, D&I)..... | 25 |
| 2.4 | Considerações Finais | 31 |
| 3 | Proposta Metodológica | 34 |
| 3.1 | Proposta Metodológica para identificação dos indicadores de P,D&I em software e serviços de TI – Método SIED..... | 34 |
| 3.2 | Avaliação da atividade de P&D..... | 39 |
| 3.3 | Modelo Empírico | 42 |
| 3.4 | Metodologia estatística e modelos de simulação | 52 |
| 4 | Aplicação aos Casos Reais | 59 |
| 4.1 | Aplicações às empresas beneficiárias da Lei do Bem – 2012 | 59 |
| 4.2 | Impactos da Lei do Bem | 65 |
| 5 | Conclusões | 74 |
| | Referências Bibliográficas | 79 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: Critérios para seleção de métricas e indicadores | 17 |
| FIGURA 2: Quadrantes de Inovação Tecnológica | 35 |
| FIGURA 3: Radar de P&D | 36 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1: Características desejáveis para métricas de C&T | 10 |
| TABELA 2: Categorias de métricas, com exemplos não-exaustivos, segundo Geisler | 12 |
| TABELA 3: Proposta de categorias de indicadores / métricas | 14 |
| TABELA 4: Conjuntos de KPIs para P&D e Inovação no ambiente de TICs | 14 |
| TABELA 5: Exemplos do Manual Frascati para software | 18 |
| TABELA 6: Exemplos do que deve ser considerado como P&D em software | 23 |
| TABELA 7: Exemplos do que não deve ser considerado como P&D em software | 23 |
| TABELA 8: Incertezas, desafios e inovações tecnológicas | 42 |
| TABELA 9: Formas de estimação de um painel | 57 |
| TABELA 10: Indicadores Selecionados – Aplicações Lei do Bem TIC – 2012 | 59 |
| TABELA 11: Critérios Mínimos de enquadramento para projetos de P&D | 61 |
| TABELA 12: Quadro de projetos de empresa do setor de equipamentos de telecomunicações | 63 |
| TABELA 13: Avaliação dos projetos de P&D de empresa do setor de telecomunicações | 64 |
| TABELA 14: Avaliação dos projetos de P&D: empresa de telecomunicações | 65 |
| TABELA 15: Variáveis disponíveis para estimacões | 66 |
| TABELA 16: Estimacões para uma variante do modelo com método OLS | 68 |
| TABELA 17: Estimacões por GMM | 69 |
| TABELA 18: Estimacões para um modelo com método Painel-Efeitos Fixos (EGLS) | 70 |
| TABELA 19: Estimacões para uma variante do modelo com método OLS | 72 |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O setor de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) representa atualmente no país mais de 4,4% do PIB segundo dados de entidades empresariais. Comparado a outros setores da economia muito reconhecidos por seu papel de geração de divisas e empregos no país, por exemplo, o setor automobilístico e o setor de mineração, ambos possuem respectivamente 5,2% e 4% do PIB nacional¹. Quando avaliamos apenas o setor de software e serviços de TI chegamos a um valor de aproximadamente 37 bilhões de reais de geração de receita, tendo um grande percentual ora não capturado pelos dados de mercado e oficiais, haja vista a grande pervasividade do uso de TI nos demais setores econômicos do país.

Neste contexto, o setor de software e serviços correlatos tem reconhecida importância no ganho recente de produtividade de diversas cadeias produtivas em âmbito global, tais como podemos identificar nos trabalhos de BRYNJOLFSSON (2011) e KATZ (2009) que estimam que o uso de TIC tenha um grande impacto no PIB das nações. Isto coloca o seguimento com uma dinâmica de mercado própria, extremamente promissora, com uma grande correlação entre desenvolvimento científico e tecnológico, com a inovação. Há uma visão intensa de proximidade entre os investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação e as soluções e sistemas criados para atendimento a demandas crescentes e complexas do mercado privado e da sociedade. Assim, há uma tentativa em diversos países de capturar os efeitos e externalidades dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação na área de software e serviços de TI.

No caso brasileiro, quando avaliamos a cadeia de software e serviços de TI e os investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, concluímos que há uma demanda crescente do segmento por recursos públicos e privados de P&D. Como exemplo, na última subvenção econômica da Agência de Inovação Brasileira - FINEP - o setor de TICs foi responsável por 40% da demanda total de projetos,

¹ Dados das Associações Empresariais respectivas, ANFAVEA e ABM.

tendo uma demanda relativa à oferta de recursos para o segmento de 268 vezes, demonstrando o grande interesse por investimentos nesta área, ora por seu dinamismo, menor barreira à entrada em muitos subsegmentos, capacidade inovadora, bons modelos de negócio, menor influência de fatores relativos à infraestrutura, etc. De semelhante modo, o governo brasileiro nos últimos anos tem criado instrumentos de apoio e incentivos fiscais para o processo de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P, D&I) privado, tal como a edição da Lei do Bem (nº 11.196/06), que permite a dedução dos investimentos em P&D privado do Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ), assim como permite uma série de desonerações fiscais para a remessa de *royalties* e pagamento de licenças de software para as atividades correlatas de P&D, despesas com patenteabilidade de produtos e serviços, diferimento e desoneração fiscal para importação dos bens de capital adquiridos para as atividades de P&D. A título ilustrativo, a Lei do Bem alcançou renúncia fiscal para todos os setores da economia de R\$ 1,7 bilhões no ano de 2011, com o setor de software e serviços representando 35%, com uma renúncia fiscal de R\$ 600 milhões (MCTI, 2011).

Adicionalmente, outro instrumento de apoio aos investimentos no setor de software e serviços de TI tem sido o uso intenso da Lei de Informática (Lei nº 8.248/1991). As empresas de hardware se beneficiam de desonerações fiscais para a colocação de seus produtos no mercado brasileiro, mas possuem uma contrapartida de P&D de até 4% da receita líquida auferida com os bens incentivados. Apesar de o benefício ser aplicado a indústria de hardware através de desonerações fiscais sobre o Imposto de Produtos Industrializados (IPI), a grande alocação de P&D atualmente tem se dado na área de software e serviços de TI, conforme demonstram em estudo detalhado SALLES FILHO et al (2010). Segundo os autores, do total de investimentos alocados como contrapartida em P&D, 65% são projetos orientados para o desenvolvimento de soluções, software embarcado, etc.

Ademais, devido às possibilidades existentes na legislação, tem crescido também o número de empresas que não são definidas como da indústria brasileira de software e serviços de TI (IBSS), contudo, são muito demandantes da atividade de software e serviços para os seus negócios, tais como o setor financeiro, as

empresas de telecomunicações, e a indústria do petróleo, que passaram, a partir de 2009, a utilizar em grande escala os incentivos legais, com destaque para a Lei do Bem. Porém, apesar da existência de regramentos legais para a alocação das despesas contábeis, a definição do que venha a ser uma atividade de P&D, principalmente na área de software e serviços, não possui uma estrutura técnica de definição, mesmo com o uso dos Manuais de Frascati e Oslo para a definição das atividades de P&D. Assim, há grande número de projetos glosados, aumentando a incerteza jurídica do uso da legislação pertinente pelo setor privado, que ora aloca projetos que não condizem com qualquer atividade de P&D, ora se receia de ampliar os investimentos em P&D atrelados à possibilidade de deduzi-los de seu IRPJ. Outro agravante diz respeito à atração de centros globais de P&D de multinacionais que se instalam no país precificando a possibilidade de utilizar tais instrumentos para a geração de pesquisa avançada no Brasil.

Neste sentido, um problema existente atualmente para um maior uso dos incentivos fiscais da Lei do Bem diz respeito exatamente à dificuldade de se definir o que venha a ser atividades de P, D&I em software e serviços de TI, o que tem causado diversos problemas na relação do setor público com a iniciativa privada setorial.

Adicionalmente, tem crescido internacionalmente estudos que buscam avaliar os impactos dos incentivos fiscais para P, D&I em termos de eficiência das firmas, competição entre nações, aumentos de bem-estar social, assim como os determinantes no nível da firma para as atividades de P&D privada. Neste sentido, não foi encontrado estudo no Brasil que considere a avaliação de impacto dos incentivos fiscais para a indústria de software e serviços de TI, que neste trabalho expandiremos para o conceito de incluir como setor de TI os investimentos em P, D&I realizados *in-house* por firmas de outros setores da economia. Como exemplo, um grande banco brasileiro tem 90% dos seus investimentos em P, D&I em um ano concentrados em atividades de TI. Dessa maneira, propõem-se avaliar um escopo mais amplo do que propriamente os grandes e pequenos logos do setor de TI, tornando esta dissertação o primeiro trabalho de avaliação profunda, com dados no nível da firma, sobre a efetividade e determinantes dos investimentos incentivados em P, D&I para a indústria de setor e serviços de TI.

Portanto, a presente dissertação tem como objetivo atender duas demandas claras:

- A primeira no tocante a construir uma proposta de metodologia para a aplicação de projetos de P, D&I referentes à Lei do Bem, tratando dos indicadores necessários para uma avaliação no nível da firma e como *inputs* para os estudos de avaliação e impacto;
- A segunda demanda diz respeito a estudos de avaliação da efetividade e dos determinantes para os investimentos incentivados em P, D&I, utilizando uma base de dados inédita no Brasil, aplicando a ela modelos internacionais de avaliação, bem como novos algoritmos computacionais para a estimação destes modelos.

A presente dissertação se divide em um capítulo para o referencial teórico, que se subdivide na parte referente à construção de uma metodologia de aplicação de projetos e seus indicadores, e o estado da arte em termos de técnicas de modelagem e computacionais para uma estimação dos impactos e determinantes destes investimentos. O terceiro capítulo apresenta a proposta inicial de metodologia e de indicadores que balizarão a análise dos projetos de centenas de firmas que aplicaram para incentivos em P, D&I para a área de software e serviços de TI, assim como a modelagem teórica de avaliação de impactos e os algoritmos estatístico-computacionais para esta avaliação. Por fim, o quarto capítulo apresenta os resultados esperados e os impactos da Lei do Bem, sendo seguido da conclusão desta dissertação.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO

No presente capítulo faz uma análise do referencial teórico, com a exposição dos principais autores e estudos sobre a emergência de indicadores e métricas para a avaliação de pesquisa e desenvolvimento, bem como os processos de escolha dos indicadores de processo e resultado. Neste tocante alguns países selecionados são estudados, tais como Israel, Canadá e Austrália, buscando um comparativo internacional de práticas referentes ao conjunto de incentivos fiscais oferecidos por tais governos.

Por fim, este capítulo estrutura um referencial teórico nacional e internacional sobre a avaliação de incentivos fiscais para P, D&I, com destaque para a recente literatura acerca dos impactos e as motivações para que governos adotem incentivos fiscais para atividades de pesquisa e desenvolvimento.

2.1. Indicadores e métricas

No contexto das ciências sociais, a avaliação de uma determinada variável, de um determinado fator ou de uma determinada ação nem sempre é uma tarefa fácil. Há situações em que o que se deseja avaliar não é diretamente mensurável ou sequer pode ser medido.

Fazendo um paralelo com o contexto físico, um exemplo didático é o seguinte (ZACKIEWICZ, 2013): suponha-se que se deseja avaliar “o calor” de um ambiente, se ele está quente, frio, muito quente, etc. Do ponto de vista físico, calor é equivalente a energia, mas esse conceito é complexo e uma medida assim pode não ser prática se não estiver disponível algum tipo de equipamento altamente especializado e caro. Contudo, a temperatura do ambiente é mais fácil de ser medida com um termômetro simples. Embora temperatura e calor não seja exatamente a mesma coisa, a temperatura é um indicador do calor daquele ambiente. É uma variável que pode ser medida e que pode ser usada para

representar a variável associada “calor”. A escala de temperatura, isto é, uma propriedade matemática da variável – graus Celsius ou Fahrenheit – é a métrica que serve para avaliar o indicador.

P&D em geral, e P&D em software em particular, é um exemplo de variável muito difícil de ser medida. Mas é possível buscar indicadores que nos ajudem nessa avaliação. Esta seção é dedicada a discutir e entender o conceito, as taxonomias e algumas aplicações de indicadores no contexto de P&D e de C&T. Seu foco é conceitual e, portanto, a apresentação será mantida no nível mais geral possível, sem entrar muito em especificidades da questão de software, aspecto que será deixado para outra seção desta dissertação.

2.1.1. Conceito

Segundo Godin (2003), a noção de indicador foi criada pelos governos em associação com os cientistas sociais. O uso de indicadores econômicos surgiu na década de 1930, seguindo-se à mesma época, o de indicadores sociais. Nesse contexto governamental, ainda segundo o autor, os indicadores eram definidos em um documento do governo norte-americano de 1970 como:

“uma estatística de interesse normativo direto que facilita julgamentos concisos, abrangentes e equilibrados sobre aspectos importantes da sociedade”.

Essa definição tem três características implícitas importantes:

- A medida de um “aspecto da sociedade”, conseqüentemente, permite o acompanhamento das mudanças desse estado e a avaliação das ações sobre ele, haja vista o interesse “normativo” do indicador;
- Implica em coletas recorrentes, já que se busca avaliar estados que podem mudar com ou por causa de ações normativas;
- Por ser “conciso e abrangente”, um indicador está normalmente associado a um modelo teórico subjacente, a um conjunto de hipóteses e premissas.

Ainda segundo Godin, a passagem da noção de indicador (es) para o campo da C&T, manteve a essência dessas definições. Em 1976, a OCDE definiu indicadores de C&T como

“uma série de dados que mede e reflete os esforços de C&T de um país, demonstra suas forças e fraquezas e acompanha seu caráter de mudança com a finalidade de prover alerta antecipado de eventos e tendências que poderiam prejudicar a sua capacidade de atender as necessidades do país” (GODIN, 2003).

Como ocorre com outros conceitos, especialmente aqueles que foram elaborados recentemente e que são usados frequentemente em contextos cotidianos de pouco rigor², a definição de indicador não é única ou direta. De uma noção que nasceu associada a uma avaliação do estado de coisas em determinada área de um país, indicadores passaram a ser utilizados também em ambiente privado, como será visto adiante.

Esforços para tornar o conceito mais abstrato e, portanto, mais geral também foram envidados. Segundo (FERREIRA, et al., 2009), por exemplo,

“(...) o indicador é uma medida, de ordem quantitativa ou qualitativa, dotada de significado particular e utilizada para organizar e captar as informações relevantes dos elementos que compõem o objeto da observação. É um recurso metodológico que informa empiricamente sobre a evolução do aspecto observado”.

GEISLER (1999), ao estudar a problemática da avaliação tecnológica, faz uma abordagem um pouco diferente para tratar essa generalização, e a terminologia não é definida exatamente da mesma forma que na discussão até aqui. Inicialmente, ele introduz a noção de métrica. Para ele,

“uma métrica é um sistema de medição que inclui o item a ser medido, a unidade de medida e o valor da unidade”.

Estabelecendo uma correspondência entre a conceituação de Geisler e aquilo que foi apresentado até o momento, o item a ser medido equivale à variável em

² É o caso, por exemplo, da palavra “inovação”. Ver (LOURAL, 2013).

observação, ou seja, o que está sendo medido; a unidade de medida é como estamos medindo; o valor da unidade é o valor intrínseco (não o valor numérico) da medida, isto é, o aspecto econômico, social ou de C&T que se deseja avaliar. O indicador é equivalente à unidade de medida, mas o seu significado está ligado ao sistema como um todo. Em outras palavras, a importância de um indicador depende da maneira como foi construído o sistema de medição, isto é, a métrica.

No contexto de avaliação em C&T e, por decorrência, em P&D, um exemplo para melhor compreender as definições de Geisler é o da avaliação pelos pares [Geisler, 1999]. A avaliação pelos pares é uma métrica que produz pareceres subjetivos sobre artigos ou publicações de pesquisadores, com o objetivo de avaliar sua produtividade. Nesse caso, a tabulação abaixo, resume a aplicação dos conceitos:

| | | |
|---------------------------|------------------------|--|
| Valor intrínseco → | Aspecto a ser avaliado | Produtividade dos pesquisadores. |
| Métrica → | Método | Avaliação pelos pares |
| Item → | Variável mensurável | Produção científica (artigos, livros). |
| Unidade → | Indicador | Parecer subjetivo |

Outro exemplo, num contexto tecnológico, é o de resultados de P&D e inovação de uma empresa:

| | | |
|---------------------------|------------------------|--|
| Valor intrínseco → | Aspecto a ser avaliado | Capacidade de inovação tecnológica da empresa. |
| Métrica → | Método | Resultado de PD&I da empresa |
| Item → | Variável mensurável | Inovações de produto |
| Unidade → | Indicador | Número de novos produtos lançados por ano |

Em ambos os casos, os aspectos ou atividades a serem avaliados são relacionados à P&D. Porém, neste segundo exemplo, o foco não é a avaliação de “aspectos da sociedade” como um todo, mas “aspectos da empresa”. A partir de sua

origem pública, na primeira metade do século XX, o uso de indicadores para avaliar desempenho empresarial tornou-se uma prática usual³.

Portanto, o uso dos conceitos aqui expostos cabe tanto no que se refere ao contexto público quanto privado. Assim sendo, pode-se propor uma síntese que será adotada como referência neste trabalho:

Indicadores. São unidades de medida utilizadas para avaliar determinados aspectos de atividades econômicas ou sociais, aí se incluindo pesquisa e desenvolvimento e inovação. Seu escopo é tanto público quanto privado.

A coleta periódica dos dados que os compõem e a geração subsequente de indicadores permite acompanhar a evolução temporal dos aspectos e atividades que eles medem. Indicadores não são isolados de contextos, inserindo-se em sistemas abrangentes de medição, que podem ser também designados como **métricas**.

Indicadores e métricas carregam com eles modelos e premissas sobre as atividades e aspectos em avaliação.

2.1.2. Características

Um indicador, e o sistema de medição ou métrica em que ele se insere, está associado a uma ação. Essa característica está associada a sua origem normativa e não apenas descritiva. Em outras palavras, não existe sentido em avaliar uma atividade, utilizando indicadores para mensurá-la, se não houver um propósito de agir sobre aquela atividade.

Especificamente no que se refere à C&T, (KOSTOFF, sd) argumenta que “toda métrica e dados associados devem ter um foco de decisão” e contribuir para recomendar ações futuras. Essa afirmação, feita dentro de um contexto particular, é consistente com as conceituações mais gerais sobre indicadores. Para Ferreira et al (2009), por exemplo, “um sistema de monitoramento bem estruturado permite diferenciar as informações que serão relevantes e úteis para os diferentes níveis hierárquicos de tomada de decisão”.

Um indicador deve ainda ter outros atributos como validade e confiabilidade, isto é, pertinência e adequação para avaliar ou aferir o aspecto ou atividade sob

³ A título de exemplo desse uso no ambiente empresarial, ao tema “indicadores” é reservado um capítulo inteiro no livro “A Bíblia da Inovação” (De BES & KOTLER, 2011).

análise (FERREIRA, et al., 2009). É claro que um bom indicador também deve ter um custo de obtenção razoável e ser passível de coletas recorrentes e periódicas.

As características desejadas numa determinada métrica ou num determinado indicador podem servir também como critério de seleção ou escolha do indicador mais adequado em cada situação. Geisler (1999) por preferir uma abordagem sistêmica, partindo de métricas, propôs uma relação não exaustiva de características desejáveis ou critérios de escolha, relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características desejáveis para métricas de C&T

| Categoria | Natureza | Características desejáveis (critérios de escolha) |
|----------------------|---|---|
| Metodologia | Critérios relacionados à medição e análise das métricas: o que elas devem fazer e como. | Qualidade dos dados; Interpretação e análise com significado; Padronização e generalização através das disciplinas; Abrangência para medir parte substancial do objeto; Facilidade de coletar, processar e interpretar os dados. |
| Ontologia | Critérios relacionados à construção das métricas: como elas devem ser. | Abrangência para cobrir aspectos críticos; Integração e convergência com outras métricas; Validade: mede o que pretende; Inclusão de medidas de diferentes aspectos. |
| Organização e Gestão | Critérios relacionados ao uso das métricas: o que elas devem atingir ou realizar. | Relevância para os objetivos da política; Relevância para tomadas de ação / decisão; Credibilidade das métricas; credibilidade da avaliação em lidar com elas; Custo e custo/benefício; Relação e relevância para com métricas usadas em diferentes avaliações. |

Embora a Tabela 1 seja mencionada por Geisler (1999) para o contexto de métricas, deve-se lembrar de que, para o autor, indicadores são parte da métrica e, portanto, é natural que características desejáveis também sejam aplicadas aos indicadores *per se*.

2.1.3. Tipos

GEISLER (1999) propõe uma longa listagem de métricas (e, portanto, de indicadores) para C&T, classificadas em 8 grandes categorias. As expressões “indicadores de C&T” e “indicadores de P&D” se confundem na sua discussão, embora isso não seja tratado explicitamente, pois há um pressuposto implícito de que P&D é a forma como se faz C&T, posição, aliás, com a qual concorda o presente trabalho.

As categorias escolhidas por GEISLER (1999) são:

- 1) **Investimentos (*inputs*) em C&T.** Incluem medidas como total de investimentos em P&D, investimentos por estágio do processo de P, D&I, investimentos por categoria de despesas (pessoal, equipamento, etc.)
- 2) **Métricas econômico-financeiras.** Incluem clássicas como retorno sobre investimentos, *payback* e outras mais sofisticadas, como “parcela de rendas ou receitas que pode ser atribuída a P&D”.
- 3) **Métricas comerciais e de negócios.** Abrangem medidas como percentual da receita atribuída a novos produtos, receitas projetadas a partir de P&D, contribuição de P&D para a escala de satisfação de clientes.
- 4) **Bibliometria.** De uso principalmente acadêmico, como número de publicações ou análise de citações.
- 5) **Patentes.** De uso eminentemente industrial, a métrica clássica é o número de patentes (no caso de software, por causa das especificidades da legislação, esse pode não ser um bom indicador).
- 6) **Revisão por pares.** Também é uma métrica muito usada no ambiente acadêmico. É mais adequada em avaliações qualitativas do que quantitativas.
- 7) **Métricas organizacionais, estratégicas e gerenciais.** São métricas essencialmente práticas, voltadas à eficiência dos projetos e das unidades de P&D, tais como duração do ciclo de desenvolvimento, aderência orçamentária, percentual de sucesso.

8) **Resultados.** Incluem medidas em estágios do processo de P&D (normalmente por meio de outras métricas como bibliométricas ou comerciais) bem como o impacto dos resultados na empresa ou na sociedade.

Um resumo mais fácil de ser visualizado e com mais exemplos é mostrado na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Categorias de métricas, com exemplos não-exaustivos, segundo Geisler

| | |
|--|--|
| <i>Input</i> (investimentos) | Econômico-financeiras |
| <ul style="list-style-type: none"> - Despesas com P, D&I. - Despesas por período de tempo. - Distribuição por categoria de despesas (por exemplo, pesquisadores). - Fontes de recursos. - Comparação de despesas (benchmarking): por competidores, por segmento, etc. | <ul style="list-style-type: none"> - Redução de custos. - Retorno sobre investimentos. - Retorno sobre ativos. - <i>Payback</i>. - Diferenciais de preço atribuíveis a fatores de P&D. - Lucro ou Receita / Custo de P&D ou RH de P&D. |
| Comerciais / de Negócio | Bibliométricas |
| <ul style="list-style-type: none"> - Percentual de receita de novos produtos (ou receita atribuída a resultados de P&D em um dado ano). - Percentual do lucro atribuível a resultados de P&D. - Satisfação dos clientes. - Atendimento à regulação. - Qualidade e confiabilidade. - <i>Time-to-market</i> de novos produtos. - Receitas de propriedade intelectual (ou seu percentual sobre a receita total). | <ul style="list-style-type: none"> - Publicações - Análise de citações - Apresentações “honorárias” (<i>keynote, invited paper, ...</i>) |
| Patentes | Revisão por pares |
| <ul style="list-style-type: none"> - Contagem de patentes (absoluta ou por período de tempo ou por número de pesquisadores, ...). - Patentes relevantes para proporcionar vantagem competitiva. - Comparação (p. ex., com <i>benchmarking</i> do setor). - Custo da patente. | <ul style="list-style-type: none"> - Avaliação interna (inclui eventual pontuação / <i>ranking</i>). - Avaliação externa. - Avaliações específicas, direcionadas (por produto, programa de P&D, etc.). |
| Métricas organizacionais, estratégicas e gerenciais | Resultados e impactos |
| <ul style="list-style-type: none"> - Gestão de projeto: tempo do ciclo comercial (do desenvolvimento até a primeira venda de um novo produto). | <ul style="list-style-type: none"> - Resultados imediatos (p.ex., produção científica, número de patentes, novos produtos, ...). |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Avaliação das capacitações científicas e tecnológicas da unidade ou da organização. - Relação com objetivos estratégicos. - Desempenho e <i>benchmarking</i> (“<i>best practices</i>”). | <ul style="list-style-type: none"> - Resultados intermediários. - Resultados últimos: impactos na sociedade (p.ex., criação de empresas, regulação, ganhos econômicos, ...). - Índices ponderados. |
|---|---|

Todas essas categorias têm aspectos positivos e negativos. Sua eficácia depende do que se pretende medir e com que refinamento. Os objetivos da mensuração devem ser cotejados versus as características de cada uma das métricas à luz as propriedades desejadas ou critérios da Tabela 1.

A classificação de GEISLER (1999) acima descrita talvez não seja muito prática para avaliar programas e projetos de P&D ou de inovação tecnológica. FURTADO & QUEIROZ (2005) utilizam duas categorias: indicadores de insumo e de produto. Propõe-se neste trabalho acrescentar mais duas – de processo e de impacto, esta última distinguindo-se da de produto pelo horizonte temporal e abrangência. A quantidade de novos produtos, por exemplo, é um indicador ou métrica de resultado; o aumento do *market share* nos anos seguintes por causa do novo produto é um indicador de impacto. Um mapeamento da classificação de Geisler na classificação ora proposta é mostrado na Tabela 3.

Convém notar que a literatura também registra, talvez como pequenas diferenças de terminologia, as quatro categorias propostas aqui. SAMSONOWA et al (2009) por exemplo, relacionam quatro tipos de objetos a serem medidos: insumos (*inputs*), atividades (ou etapas do processo), de produtos (*outputs*) e resultados para as empresas (*outcomes*) ou impacto. O trabalho desses autores foi realizado com empresas de tecnologias de informação e comunicação (TICs), o que reforça a sua aplicação no contexto dessa dissertação (baseado em Loural, 2013). As métricas e indicadores de SAMSONOWA et al (2009) foram agrupados em *clusters* de KPIs (*Key Performance Indicators*), isto é, conjuntos de indicadores-chave de desempenho. Os conjuntos identificados são relacionados na Tabela 4 e são adequados a avaliar projetos ou unidades de P&D.

Tabela 3 - Proposta de categorias de indicadores / métricas

| Métricas ↓ | Indicadores de insumo | Indicadores de processo | Indicadores de produto | Indicadores de impacto |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| Recursos de P&D | X | X | | |
| Econômico-financeiros | | | X | X |
| Comerciais | | | X | X |
| Bibliométricos | | X | X | X |
| Patentes | | X | X | X |
| Revisão por pares | | X | X | |
| Gerenciais | | X | X | |
| Resultados | | | X | X |

Tabela 4 - Conjuntos de KPIs para P&D e Inovação no ambiente de TICs

| Conjunto (<i>clusters</i>) | Tipo de objeto medido | Exemplos de KPIs |
|------------------------------------|--|--|
| Transferência de tecnologia | Produto | <ul style="list-style-type: none"> - Número de entregas de componentes - Número de pessoas-dias entregues a unidades de negócios |
| Novas oportunidades de negócios | Produto ou Resultado | <ul style="list-style-type: none"> - % de tecnologias descobertas 3 anos atrás que são estratégicas para o desenvolvimento de produtos hoje - Número de produtos ou cenários de negócios com apreciação positiva |
| Realizações técnicas | Produto | <ul style="list-style-type: none"> - Avaliação subjetiva de alinhamento com o programa de pesquisa - <i>Score</i> em tabelas de avaliação |
| Criação de propriedade intelectual | Produto ou Resultado | <ul style="list-style-type: none"> - % patentes concedidas / submetidas - Número de invenções comunicadas |
| Excelência operacional | Atividades | <ul style="list-style-type: none"> - % de projetos completados no prazo e no orçamento |
| Gestão de risco | Insumos, Atividades, Produtos | <ul style="list-style-type: none"> - % fundos externos / orçamento total |
| <i>Pool</i> de talentos | Insumos, Produtos | <ul style="list-style-type: none"> - Número de pesquisadores seniores externos contratados - Taxa de transferência de pesquisadores para outras unidades da empresa |
| Imagem | Insumos, Atividades, Produtos e Resultados | <ul style="list-style-type: none"> - Número de eventos que podem atrair a atenção das unidades de negócio - Avaliações externas subjetivas por experts reconhecidos |

| | | |
|--------------------------------------|---------------------|---|
| Publicações | Produtos | <ul style="list-style-type: none"> - Número de publicações científicas - Número de publicações de divulgação (em jornais, em boletins de clientes) |
| Presença na comunidade científica | Atividades | <ul style="list-style-type: none"> - Números de palestras convidadas - Número de presidências de mesas de conferências |
| Colaboração com a academia | Insumos, Atividades | <ul style="list-style-type: none"> - Número de projetos conduzidos em universidades com recursos da empresa - % de projetos em parceria com instituições acadêmicas |
| Colaboração com parceiros e clientes | Atividades | <ul style="list-style-type: none"> - Número de eventos do parceiro ou cliente em que há demonstrações conjuntas - % projetos com envolvimento de cliente externo |

A Tabela 4 mostra alguns indicadores muito ligados à gestão empresarial, como aquelas do *cluster* de novas oportunidades de negócios. Outros indicadores, como é o caso das publicações, são de mesma natureza que indicadores acadêmicos clássicos.

2.1.4. Fontes, usos e formas de coleta

As principais fontes para obtenção de dados sobre indicadores e métricas aplicadas ao contexto de P&D e C&T são documentos oficiais dos governos de diferentes países, documentos de organismos multilaterais, como a OCDE, e a literatura de gestão da inovação e gestão de P&D.

No contexto público, métricas e indicadores têm dois usos principais. O primeiro é o das estatísticas que suportam políticas públicas como investimento em P&D, por exemplo, são utilizados para benchmarking, formulação, acompanhamento e avaliação de ações públicas. No mínimo, essas estatísticas retratam aspectos relevantes da C&T num país, exatamente em linha com a origem histórica do conceito. Levantamentos de âmbito nacional, similares à Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) brasileira, existem em vários países (ou grupos regionais como a Europa) e constituem uma fonte importante de coleta de informações para geração de indicadores de P&D e de inovação.

O segundo uso principal no contexto público é o de incentivos fiscais, especificamente no Imposto de Renda. Aqui a preocupação principal a destacar é a caracterização de P&D, passo essencial para definir o primeiro elemento da métrica, segundo GEISLER (1999), isto é, o item a ser medido. O pleito por incentivos de Imposto de Renda é outra fonte importante de coleta de para gerar indicadores de P&D e de inovação. Sua abrangência é menor, pois nem toda empresa opta por pleitear esses incentivos fiscais. Todavia, como o pleito precisa ser amparado por informações mais minuciosas, essa via pode ser rica em elementos para a geração de indicadores qualitativos ou descritivos.

No contexto privado, o principal uso é de gestão, seja como foco gerencial, cotidiano, quanto mais estratégico: gestão do processo de P&D propriamente dito, gestão da inovação tecnológica ou alinhamento da gestão da tecnologia com a gestão empresarial. Cada empresa terá seu próprio conjunto de métricas e indicadores. Na subseção 2.1.3, na Tabela 4 foram exibidos uma relação de indicadores coletada em ambiente empresarial. Outras abordagens são possíveis, especialmente se as empresas já utilizam um sistema de indicadores estratégicos para a empresa no nível de direção. Como exemplificam BREMSER & BARSKY (2004), é possível desdobrar indicadores típicos da metodologia Balanced Scorecard (BSC) do nível geral da empresa para o nível da unidade de P&D, mantendo assim elevado grau de alinhamento estratégico entre os objetivos da empresa e os objetivos da unidade ou do programa de P&D. Isso entendido fica claro que a coleta dos dados para gerar indicadores no contexto privado segue metodologias muito próprias de cada empresa, e é muito dependente da forma de gestão de cada organização.

2.1.5. Escolha de indicadores

A escolha do indicador mais adequado para uma dada avaliação depende de muitos fatores. GEISLER (1999) relacionou um conjunto desses fatores, sempre destacando o conceito de métrica já que, para ele, a visão sistêmica é conceitualmente fundamental. A figura 1 mostra pictoricamente esses critérios. Embora elaborada para o contexto de organizações privadas, sua adaptação para o

contexto público é imediato, trocando-se as palavras gerentes por gestores públicos (ou *policy makers*) e organização por governo ou sociedade, conforme o contexto.

Figura 1 - Critérios para seleção de métricas e indicadores
Adaptado de (GEISLER, 1999)



2.2. Caracterização do P&D em SW: exemplos internacionais

2.2.1. O Manual Frascati

O Manual Frascati em sua 6ª edição trata da questão de P&D em software de forma relativamente breve (OECD, 2002, pp. 46-48). A regra básica para identificar se determinada atividade em software é ou não P&D é que haja um avanço na área, isto é, um aumento no estoque de conhecimento. Uma nova aplicação por si só não é considerada um avanço. Da mesma forma, uma atualização ou *upgrade* tecnológico só deve ser considerado P&D se trouxer um avanço científico ou tecnológico que represente aumento na base estabelecida, ou estoque, de conhecimentos. A Tabela 5 resume os exemplos citados no Manual Frascati do que deve e do que não deve ser considerado P&D quando se trata de software.

Tabela 5 - Exemplos do Manual Frascati para software

| Deve ser considerado como P&D | Não deve ser considerado como P&D |
|---|--|
| P&D que dê lugar a novos teoremas e algoritmos na área da Ciência da Computação teórica. | Software de aplicação comercial e desenvolvimento de sistemas de informação que utilizem métodos conhecidos e ferramentas de software já existentes. |
| Desenvolvimento de tecnologias da informação no nível dos sistemas operacionais, linguagens de programação, gestão de dados, software de comunicação e ferramentas para o desenvolvimento de software. | Manutenção dos sistemas existentes. |
| Desenvolvimento de tecnologias de Internet. | Conversão ou tradução do software para outras linguagens de programação. |
| Pesquisa em métodos de projeto, desenvolvimento, adaptação e manutenção de software. | Acréscimo de funcionalidades nos programas de aplicação para os usuários. |
| Desenvolvimento de software que produza avanços nas abordagens genéricas para a captura, transmissão, armazenamento, recuperação, tratamento ou apresentação de informação. | Depuração (<i>debugging</i>) de sistemas. |
| Desenvolvimento experimental com o objetivo de resolver lacunas (<i>gaps</i>) de conhecimentos tecnológicos que sejam necessários para desenvolver um sistema ou um programa de software. | Adaptação de programa de software existente. |
| P&D em ferramentas ou tecnologias de software em áreas especializadas da computação ou informática (processamento de imagens, apresentação de dados geográficos, reconhecimento de caracteres, inteligência artificial e outras). | Preparação da documentação do usuário. |

Como se vê, no caso de software, o Manual Frascati enfatiza o aumento da base de conhecimento da área. Entretanto, é imperioso observar que tanto o Manual em si, quanto a sua exegese, admite leituras mais flexíveis, especialmente no que se refere ao Desenvolvimento Experimental, onde o uso de conhecimentos existentes é aplicado para a criação de novos produtos ou processos: o “elemento de novidade” deve estar presente bem como a “resolução de incertezas científicas ou tecnológicas” (LOURAL, 2013, pp. 11-14). Portanto, a caracterização de P&D em software passa por uma combinação de novos conhecimentos, inovação e resolução de incertezas.

Como isso se resolve na prática? Na próxima seção serão analisados alguns casos internacionais para ilustrar a questão.

2.2.2. Exemplos internacionais

Uma fonte muito importante para esclarecer o ponto em discussão é a relação entre indicadores de P&D e incentivos fiscais. As responsabilidades envolvidas aqui vão além da mera coleta de estatísticas, uma vez que estão em jogo recursos públicos de que o Estado abre mão ou oferece como subsídio.

No curso desse trabalho foi feita uma varredura em documentos de vários países. No que se pode observar, a chave do filtro ou critério de enquadramento é o processo de P&D. Isto é, é importante o resultado (o “novo”, o elemento de novidade, o aumento do conhecimento), mas de que forma isso foi alcançado? Empiricamente, por tentativa e erro? De forma sistemática, com rigor metodológico?

Em vários países, o software tem um tratamento especial por causa de suas características, entre as quais uma difícil dissociação entre P&D e engenharia⁴. Nesse caso, a utilização de indicadores clássicos poderia produzir informações que não refletem o real esforço de P&D das empresas, tanto porque poderiam incluir dados provenientes de atividades que não são P&D quanto excluir esforços metodológicos sérios, mas cujo enquadramento nas definições não é simples nem imediato.

A consequência é que alguns países chegaram a emitir documentos com recomendações detalhadas para o enquadramento de projetos de software como P&D quando se trata de incentivos fiscais. São destaques o Canadá e a Austrália e sobre eles esta dissertação irá se deter agora.

As referências básicas são, respectivamente, (CANADA, 2000) e (AUSTRALIA, 2008). São documentos extensos e detalhados e não é objetivo deste trabalho proceder a uma descrição minuciosa deles.

⁴ Para uma discussão sobre esse problema, ver (LOURAL, 2013, pp. 27-31)

Para melhor desenvolvimento do texto, ao invés de apresentar um resumo das principais orientações de cada país, a discussão a seguir adotará uma separação por tópicos: critérios de enquadramento, exemplos e formas de operacionalização. Em cada um dos tópicos, serão destacados os aspectos mais importantes.

2.2.3. Critérios de enquadramento

Ambos os países (Canadá e Austrália) são muito fiéis ao Manual Frascati em suas definições e recomendações.

Para o Governo Canadense, o projeto apresentado para pleitear o incentivo fiscal a P&D deve ter claro conteúdo científico e técnico. É muito importante a forma como o trabalho foi realizado, isto é, o método empregado. Aqui se observa a necessidade de distinguir aquilo que é executado de maneira sistemática, como requer a definição do Manual Frascati, do que é executado de forma empírica ou “artesanal”, o que, diga-se de passagem, é muito comum na área de software. O projeto deve conter avanço científico ou tecnológico e deve haver incerteza científica ou tecnológica a resolver. Exemplificando, uma recomendação literal logo no início do documento canadense é:

“A [empresa] contribuinte deve identificar o novo constructo, arquitetura ou técnica procuradas ou desenvolvidas dentro do projeto que produz um avanço na sua compreensão da tecnologia da informação ou ciência da computação. O avanço não precisa ser grande”
(CANADA, 2000, p. 5).

Ou seja: a simples argumentação de que aquele é o primeiro software a ser desenvolvido para determinado objetivo não significa que ocorreu um avanço. É possível desenvolver um novo sistema apenas utilizando arquiteturas, ferramentas e métodos de amplo conhecimento da comunidade profissional, sem que seja produzido nenhum acréscimo ao estoque de conhecimentos da área.

O documento canadense também requer que seja explicitada a lacuna ou o problema que o trabalho de P&D pretende resolver. Em outras palavras, a razão pela qual a atividade é realizada. Esse requisito é muito alinhado com a noção de

incerteza científica e tecnológica apontado no Manual Frascati: se o problema não pode ser resolvido com a base de conhecimentos existente, dominada pela grande maioria dos profissionais da área, então se torna necessária uma investigação – uma característica típica de um projeto de P&D.

A visão australiana não é muito diferente. Segundo a referência básica (AUSTRALIA, 2008), somente são elegíveis aos benefícios fiscais as atividades de P&D ou a ela relacionadas. O que é uma atividade de P&D para o documento australiano?

Para o texto referenciado, para serem consideradas de P&D, as atividades executadas devem ser Sistemáticas, Investigativas e Experimentais, o chamado “critério SIE”; devem envolver inovação ou altos níveis de riscos técnicos e devem ser realizadas com a finalidade de adquirir novos conhecimentos ou a criação de produtos ou processos novos ou melhorados.

O critério SIE é uma forma de designar o emprego do método científico. Um trabalho sistemático é metódico – evita a criação desordenada, formula e testa hipóteses, analisa os erros e fracassos à luz de princípios científicos, corrigindo hipóteses e procedimentos. Um trabalho investigativo busca respostas para problemas cuja solução não é imediata, que requer novos conhecimentos, pois os existentes não são suficientes para atingi-la. E deve ser experimental porque hipóteses e conhecimentos precisam ser testados e validados antes de serem empregados de maneira regular, isto é, incorporados ao estoque de conhecimentos da área.

O documento do Fisco Australiano apregoa ainda que projetos de P&D devem envolver inovação ou altos níveis de riscos técnicos. Devem ainda ser realizados com a finalidade de adquirir novos conhecimentos ou a criação de produtos ou processos novos ou melhorados. Isto é um retrato claro das recomendações do Manual Frascati.

Especificamente quanto a software, o documento australiano reconhece as dificuldades encontradas na classificação de projetos de desenvolvimento de software como P&D: o uso de requisitos de elevado risco técnico para um processo que difere, inclusive na terminologia empregada, dos modelos clássicos do método

científico; a identificação de inovações em um setor que evolui muito rapidamente; a distinção entre desenvolvimento rotineiro de software e a P&D em software; o fato de muitos desenvolvimentos de software não terem múltiplas vendas, sendo produtos únicos, desenvolvidos sob demanda.

O critério SIE é fundamental no caso de software, conforme diz o documento (AUSTRALIA, 2008, p. 33):

“Para ser elegível como P & D, o desenvolvimento de software deve ter atividades sistemáticas, investigativas e experimentais. Ou seja, espera-se que eles sejam conduzidos segundo uma sequência lógica planejada, geralmente com uma metodologia reconhecida e com a manutenção de registros detalhados. Experimentação, sob a forma de uma série de testes, com a finalidade de descobrir algo desconhecido ou testar uma hipótese, deve ser realizada e os problemas devem ser identificados e investigados”.

A evidência de inovação também é explicada. Não se trata apenas de uma nova funcionalidade (*feature*), mas principalmente de uma ideia nova ou original ter sido introduzida no processo de desenvolvimento. Por exemplo, um novo algoritmo complexo utilizado no desenvolvimento do programa pode ser considerado como evidência de inovação.

O problema da resolução de incertezas também é destacado.

“A incerteza no desenvolvimento de software surge quando a solução, ou o método de chegar a uma solução, para um problema técnico, não é aparente para desenvolvedores de software devidamente experientes e qualificados depois de terem analisado o problema usando técnicas de desenvolvimento de software de conhecimento geral. A resolução do problema só pode ser determinada pela aplicação de um programa de experimentação em que possíveis soluções são tentadas (AUSTRALIA, 2008, p. 33)”.

Ou seja, se um profissional experiente é capaz de oferecer uma solução baseada em arquiteturas, algoritmos e métodos bem conhecidos não existe atividade de P&D e sim rotineira.

Também não se devem considerar como “risco técnico” determinados riscos de projeto como equipe mal qualificada ou insuficiente, ou problemas de recursos e

gestão. Um risco técnico precisa ser entendido como o risco de não haver soluções imediatas ou previsíveis para o problema em questão, exigindo esforços investigativos cujo resultado pode ou não ser bem sucedido.

2.2.4. Exemplos do que é e do que não é considerado P&D

A Tabela 6 e a Tabela 7 mostram alguns exemplos, não exaustivos, do que os órgãos fiscais do Canadá e da Austrália consideram e não consideram, respectivamente, como P&D em software.

Tabela 6- Exemplos do que deve ser considerado como P&D em software

| Canadá | Austrália |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Investigação de métodos de concepção, desenvolvimento, implantação ou manutenção de software. - Desenvolvimento de software que produz avanços nas abordagens genéricas para capturar, transmitir, armazenar, recuperar, manipular ou exibir informação. - Desenvolvimento experimental visando o preenchimento de lacunas no conhecimento tecnológico, como necessário para desenvolver um programa de software ou sistema. | <ul style="list-style-type: none"> - Concepção de um produto a ser desenvolvido. - Análise de dados experimentais. - Modelagem matemática de um processo que está sendo desenvolvido. - Automação de um processo de fábrica ou industrial, onde o desenvolvimento de hardware é uma atividade de P&D elegível. |

Tabela 7 - Exemplos do que não deve ser considerado como P&D em software

| Canadá | Austrália |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Software de aplicação comercial e desenvolvimento de sistemas de informação que utilizem métodos conhecidos e ferramentas de software já existentes e cujas características funcionais não representem nenhuma diferença significativa com relação aos demais existentes no mercado. - Acréscimo de funcionalidades simples nos programas de aplicação para os usuários. - Adaptação de programa de software existente. | <ul style="list-style-type: none"> - Manutenção dos sistemas existentes. - Conversão ou tradução do software para outras linguagens de programação. - Depuração (<i>debugging</i>) de sistemas. - Preparação da documentação do usuário. |

2.2.5. Operacionalização

No Canadá, é necessário inscrever cada projeto individualmente no pleito de incentivos. Cada projeto desenvolvido deve ter uma descrição detalhada, de 2 a 4 páginas. A empresa é responsável em manter disponível para fiscalização a documentação do projeto, contendo a descrição de todas as etapas de seu desenvolvimento e a comprovação dos gastos realizados.

Para orientar as empresas, o governo canadense publica manuais e promove eventos para as empresas.

Na Austrália, a apresentação dos pleitos por incentivos também se dá por projetos individuais: uma empresa pode ter um projeto aprovado e outro glosado. Mas é necessário que a empresa seja previamente registrada no órgão fiscal, com a apresentação de seu Plano de P&D. Os projetos individuais devem obedecer a esse Plano. Como no Canadá, são publicados manuais para as empresas, inclusive contendo orientação sobre como apresentar o Plano de P&D.

Esses exemplos ilustram uma preocupação implícita com a criação ou o fortalecimento de uma cultura de P&D dentro das empresas.

2.2.6. Setor privado

Não foi encontrada na literatura uma discussão extensa sobre a caracterização de P&D em software. Contudo, uma referência bastante recente (SAMSONOWA, 2012) se dedica especificamente à questão de indicadores de P&D no contexto de empresas do setor de TICs. A autora argumenta que, no contexto da “pesquisa industrial” – isto é, a pesquisa dentro das empresas – existe uma dificuldade para distinguir fronteiras nítidas nas várias etapas do processo de P&D, da geração de novos conhecimentos até o lançamento de um produto no mercado. Assim, ela sugere que a pesquisa industrial inclua atividades além do desenvolvimento experimental, chegando até etapas características do desenvolvimento de produto. Segundo Loural (2013) a extensão do conceito é pertinente, e pode ser incorporada na discussão do caso brasileiro. Entretanto, as

atividades para serem reconhecidas como P&D, mesmo nas etapas de desenvolvimento de produto, devem seguir um método rigoroso, um método científico. A tradução mais próxima que se pode invocar é a do exemplo australiano: atividades desenvolvidas dentro de uma metodologia sistemática, investigativa e experimental, ou SIE. Ademais, a ocorrência clara de um aumento ou da base de conhecimentos da área em questão reforçará o caráter de P&D da atividade.

2.3. Avaliação de Incentivos Fiscais para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P, D&I)

2.3.1. Revisão de Literatura Internacional

Os incentivos fiscais em P,D&I tem crescido vertiginosamente nos últimos anos nos países desenvolvidos, e como consequência, em várias nações em desenvolvimento. Tal movimento atrai a atenção de líderes empresariais, *policy makers*, pesquisadores, dentre outros grupos de *think thank* que procuram buscar as motivações reais que alavancam os investimentos em P,D&I pelas firmas.

Exatamente pelo aumento considerável no volume de incentivos fiscais nos últimos anos pelas nações mais ricas, há um argumento sedimentado no âmbito das políticas públicas de que uma provisão de impostos dedutíveis para P&D encorajam o investimento privado nesta atividade, expandindo as externalidades benéficas destes investimentos em P&D pela economia (efeito *spillover*). Naturalmente a efetividade de tais incentivos fiscais atrai o interesse de pesquisadores em todo o mundo no sentido de avaliar os determinantes do investimento em P&D por firmas, bem como o custo-benefício para o país ou setor que recebe o conjunto de isenções ou deduções de impostos para esta atividade.

Neste sentido, EISNER, ALBERT e SULLIVAN (1984) e MANSFIELD (1986) examinaram o padrão de gastos em P&D das firmas americanas nos primeiros anos após a introdução dos incentivos fiscais para tal atividade, concluindo que fora baixa a significância e o impacto deles. Na mesma direção, ALTSHULER (1988) analisou o conjunto de informações da receita federal dos EUA (IRS) para firmas de todos os setores da economia para o período 1981 – 1984, concluindo que a

efetividade do incentivo fiscal era muito limitada, abarcando 1/10 do limite máximo dedutível de 25% deste tipo de gasto.

Em estudos mais recentes, com maior destaque, HINES (1993) e HALL (1993b) avaliam que os incentivos fiscais para P&D tem relevância considerável na determinação dos investimentos privados nestas atividades. HINES (1993) explora os efeitos das determinações de alocação de gastos em P&D de firmas multinacionais, estudando variações nos gastos de firmas americanas em P&D que poderiam ser dedutíveis do imposto de renda, com vistas a estimar a resposta dos gastos em P&D privados antes e depois da dedução fiscal. Este autor conclui que as elasticidades de curto e longo prazo para o investimento em P&D em relação à dedução fiscal são respectivamente -1,2 e -2,0, ou seja, um aumento do custo fiscal de 10 unidades para atividades de P&D reduz em 12 unidades o investimento em P&D das firmas americanas no curto prazo. Já HALL (1993b), ao utilizar dados financeiros coletados na base de dados americana “Compustat”, estima a variação no nível da firma, com um recorte temporal, dos valores de incentivos fiscais para P&D e os subsídios marginais a tais atividades, concluindo que a elasticidade de curto prazo seria -1,5 e a de longo prazo -2,7. Vale comentar que a autora utilizou uma série de dados de 1981-1991, para firmas em vários setores econômicos.

Recentemente foi iniciado um estudo profundo da literatura visando capturar estes efeitos de forma mais agregada, com impactos na macroeconomia, permitindo a comparação destas políticas de incentivos fiscais para P&D entre países. Neste bojo, BLOOM, GRIFFITH e REENEN (2002) sugerem que as elasticidades do “custo de usuário para o incentivo fiscal em P&D” (custo de capital para P&D) são muito menores do que as apresentadas anteriormente. Em um modelo dinâmico estimado recursivamente, os autores estimam uma elasticidade de curto prazo de -0,14 e uma de longo prazo em -1,09. Interessante notar que apesar de alguns países terem incrementado os regimes de créditos fiscais em P&D, quando grandes firmas com valores altos de investimentos em P&D receberam mais crédito fiscal, os autores não conseguiram explicar de forma significativa tal fenômeno devido ao trabalho levar em consideração dados mais agregados.

RAO (2013) estima um modelo com uma base de dados confidencial sobre pagamentos de impostos e incentivos fiscais na receita federal americana (IRS) para os anos de 1981-1991, buscando reproduzir estudos anteriores. O autor analisa os impactos de regimes fiscais diferenciados para P&D, utilizando modelos estatísticos de variáveis instrumentais (IV), testando a resposta a tais incentivos em firmas grandes e pequenas, tanto para modelos dinâmicos e estáticos de análise. O autor busca comparar as elasticidades entre países, firmas de diferentes tamanhos, indústrias diferentes, história de crédito e nacionalidade do capital. Como conclusão, o autor sugere que uma redução de 10% no custo de capital de P&D, aumenta em 11% a razão entre gastos em P&D e vendas de uma firma típica da amostra. Independentemente do tamanho ou idade da empresa, não se pode afirmar que há resposta diferente aos incentivos em P&D.

Buscando os efeitos regionais de tal política fiscal para P&D, WILSON (2009) usa os incentivos fiscais para P&D oferecidos pelos estados americanos para estimar o impacto de uma política estadual de regimes fiscais para P&D sobre os investimentos em tal atividade no estado ofertante e nos estados vizinhos. O autor assume que os créditos fiscais incrementais em P&D recebem a mais alta taxa de desoneração, abstraindo a possibilidade de simultaneidade dos modelos estimados entre gastos privados em P&D e o custo de capital para atividades de P&D.

Com o objetivo de avaliar tais impactos em firmas européias, WARDA (2006) identifica que a prática de incentivos fiscais para P&D se expandiu entre os países da OCDE, de 12 países em 1996 para 19 países em 2005⁵. Esta expansão do número de países que adotam regimes fiscais diferenciados para empresas que utilizam atividades de P&D demonstra a competição entre as nações para impulsionarem suas firmas a produzirem conhecimento dentro de suas nações, influenciando também a atração de investimentos em P&D para suas economias. Nesta mesma direção, DUGUET (2010) estima os efeitos de uma política de regimes fiscais diferenciados para P&D na França, utilizando dados de firmas francesas no período 1993 – 2003, levando em consideração apenas os incentivos fiscais incrementais para grandes firmas, isto é, a firma só poderá deduzir os

⁵ Nota do autor: Atualmente (2012), dos 23 países membros da OCDE, todos possuem práticas de incentivos fiscais para P&D.

investimentos em P&D de seus impostos gerais a partir de um determinado investimento privado em P&D já realizado. O autor conclui que os incentivos fiscais para P&D incrementais são efetivos, desde que associados ao crescimento do investimento privado em P&D e um crescente número de pesquisadores empregados. Ainda para economia francesa, MAIRESSE e MULKAY (2004) avaliaram também os incentivos fiscais para grandes e pequenas empresas francesas, concluindo que, de fato, os incentivos fiscais para grandes firmas são mais efetivos, mas as pequenas firmas dinamizam e transbordam mais os incentivos fiscais para a própria economia francesa.

Seguindo esta linha, LOKSHIN e MOHNEN (2010) avaliam a efetividade dos incentivos fiscais para P&D para a economia holandesa. O incentivo fiscal para P&D holandês se resume a deduzir as contribuições sociais para os trabalhadores empregados em atividades de P&D, sendo que os autores utilizaram um modelo baseado em uma função de produção CES (*Constant Elasticity Substitution*) para medir a resposta da acumulação de capital em P&D da firma a mudanças no custo de capital da atividade de P&D devido aos incentivos fiscais oferecidos. Os autores estimam um modelo econométrico no nível da firma com uma amostra de empresas cobrindo 1996 – 2004. Os resultados indicam que os investimentos em P&D são alavancados por incentivos fiscais, sendo que as elasticidades de curto e longo prazo são respectivamente -0,5 e -0,79. Por fim, os autores simulam modelos de análise custo-benefício de tal política, gerando cenários de análise para impactos nos valores dos incentivos e sobre as atividades de P&D das firmas.

THOMSON (2013) estima uma variante dos modelos derivados por BLOOM et al. (2002), estimando um painel para os 23 países da OCDE, avaliando 31 setores econômicos, com dados mais agregados. O autor encontra fenômenos distintos na avaliação deste tipo de incentivo fiscal, apesar da elasticidade de curto prazo indicar que para cada dólar deduzido fiscalmente em P&D, as firmas investem, na média, mais 0,24 dólares. Há a possibilidade de que os incentivos fiscais em P&D podem conduzir a uma maior ineficiência na alocação dos insumos pelas firmas beneficiadas, havendo um fenômeno de *crowding out*, de despesas genéricas enquadráveis como atividades de P,D&I.

HALL, FORAY e MAIRESSE (2009) avaliam se os incentivos fiscais em P&D impactam a *performance* econômica das firmas, avaliando os retornos dos investimentos em P&D para uma determinada firma a partir de dados contábeis.

Aprofundando a análise de incentivos fiscais a partir de uma avaliação mais profunda em dados financeiros ou econômicos mais próximos da gestão empresarial, VIEITES e GONZALEZ (2012) analisam os determinantes para os investimentos em P, D&I de empresas de software e serviços de computação. Ao empregar técnicas de equações estruturais, os autores analisam uma amostra de 823 empresas espanholas do segmento de software e serviços que investiram em P, D&I durante o ano de 2007. Os autores concluem que os principais determinantes para a atividade de pesquisa e desenvolvimento são os fatores humanos (pessoal de alta qualificação), seguido pelos incentivos fiscais para tal atividade. Por fim, os autores concluem que atividades de P&D, gestão da inovação e informação e resultados de inovação tem uma contribuição positiva para o desempenho das firmas espanholas.

Recentemente há uma nova literatura internacional de avaliação de incentivos fiscais para inovação que deriva de um conjunto de modelos econômicos de análise e se utiliza de microeconomia recursiva para calibrar, com dados reais, modelos teóricos derivados de um conjunto amplo de técnicas e teorias de otimização dinâmica intertemporal. Neste tocante, ACEMOGLU et al. (2013) constroem um modelo de inovação, crescimento da produtividade e realocações endógenas entre firmas entrantes e *incumbent* líderes em diversos setores. O ponto chave da análise se refere a diferenciação de firmas de alta e baixa capacidade produtividade, dada suas capacidades de inovar. Os autores estimam os parâmetros do modelo utilizando microdados do censo americano de firmas, levantando variáveis tais como produção no nível da firma, gastos de P&D e patenteamento. Interessantes as conclusões encontradas pelos autores no sentido de sugerirem que políticas industriais de subsídio às atividades de P&D para firmas líderes reduzem o bem-estar social e o crescimento econômico. Por exemplo, um subsídio de 5% nas atividades de P&D de uma firma líder reduz o bem estar social em 1,5%, pois as firmas líderes aumentarão a barreira à entrada de firmas novas naquele segmento de mercado. Por outro lado, alegam os autores, o bem

estar social é ampliado caso as firmas líderes sejam taxadas e as novas entrantes subsidiadas em suas atividades de P&D, pois os insumos para atividades de P&D (pessoal altamente qualificado) são subutilizados pelas novas firmas entrantes, sendo mister subsídios a estas firmas para que sejam encorajadas a expandir seus gastos em P&D, potencializando suas probabilidades de competição no mercado.

2.3.2. Revisão de Literatura Nacional

Do ponto de vista da literatura nacional, existem poucos estudos que avaliam a efetividade e aplicação da Lei do Bem, principalmente quando se trata do setor de software e serviços de TI, apesar deste setor representar quase 30% do total de empresas aplicantes ao benefício.

Um primeiro ensaio sobre a efetividade da Lei do Bem remonta a ZUCOLOTO (2010) que realiza uma análise econométrica simplificada correlacionando setores industriais que utilizaram os incentivos com dados da PINTEC. O autor conclui que a maior efetividade nos incentivos fiscais se dá por grandes empresas que já possuíam a cultura de P&D e inovação, não se observando o crescimento de atividades de P&D em setores tradicionalmente pouco inovadores.

Já CALZOLAIO e DATHEIN (2012) buscam em uma tabulação especial da PINTEC uma análise pormenorizada de dados secundários, cruzando estas informações com os benefícios da Lei do Bem. Além de corroborar os resultados de ZUCOLOTO (2010), os autores avaliam que o incentivo fiscal não amplia a base de empresas inovadoras, afirmando que o custeio é quase o único destino dos incentivos.

DE NEGRI, DE NEGRI e LEMOS (2008a) realizaram uma análise dos impactos de políticas públicas de inovação sobre esforços tecnológicos, as atividades de inovação e o desempenho da firma. Esses autores avaliam os impactos do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Empresa Nacional (ADTEN) sobre os gastos em P&D, patentes e o desempenho econômico e financeiro das empresas. As conclusões indicam que i) há evidências robustas de que o ADTEN influencia positivamente os gastos em P&D; ii) há sinais de impactos

positivos sobre o número de pedidos de patentes, embora os coeficientes obtidos não sejam significativos; iii) há impactos positivos e significativos na receita líquida de vendas e no pessoal ocupado; e iv) há impactos positivos, porém não significativos, na produtividade. Esses mesmos autores, em um esforço similar, avaliam os impactos do Fundo Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (DE NEGRI; DE NEGRI e LEMOS, 2008b).

ARAÚJO et al (2013) avaliam o impacto dos fundos setoriais sobre o esforço tecnológico e sobre os resultados das empresas industriais no Brasil no período 2001 – 2006. Os autores utilizam uma metodologia de *Propensity Score Matching* (PSM) para separar a amostra em empresas que receberam aportes dos fundos setoriais e empresas que não receberam, eliminando o viés de seleção no acesso aos fundos setoriais. Como conclusão, afirmam que os fundos setoriais apresentam impacto positivo e significativo nos recursos humanos empregados, mas um impacto bastante marginal em termos de exportações de alto conteúdo tecnológico.

Interessante notar a ausência de estudos com dados no nível da firma, expandindo os conceitos e trabalhando melhor a base de dados em um mais baixo nível de desagregação. Para o setor de software e serviços de TI, não conseguimos identificar tais estudos na literatura sobre os impactos em P, D&I, apesar do crescente número de firmas que utilizam softwares em seus processos finalísticos. Vide a indústria de equipamentos médicos, os setores de petróleo e gás, energia e até mesmo bancário, intensivos em tecnologia da informação, que requerem de forma crescente os incentivos fiscais para P&D voltados para suas atividades de software e serviços de TI, conforme abordamos na introdução desta dissertação.

2.4. Considerações Finais

Observado o panorama internacional, pode-se dizer que não é costume dar para P&D em software uma definição diferente daquela consagrada no Manual Frascati, que se aplica tradicionalmente a outros setores do conhecimento.

Contudo, tanto a OCDE quanto diferentes países reconhecem o caráter singular do setor de software e dedicam-se a esclarecer com mais cuidado o que caracteriza P&D em software.

Exemplares são as iniciativas de Canadá e Austrália, entre outros países, pela preocupação demonstrada em oferecer guias informativos cuidadosamente elaborados às empresas que pleiteiam incentivos fiscais, contendo várias orientações para distinguir o que é e o que não é P&D em software.

Dessa seção pode-se concluir que os balizadores para caracterizar projetos ou atividades de P&D em software são:

- A existência de incertezas científicas ou tecnológicas, isto é, questões que não podem ser resolvidas com a base de conhecimentos existente e acessível a um profissional atuante na área.
- O uso de uma metodologia sistemática, investigativa e experimental para a resolução dessas incertezas.

Adicionalmente, a existência de um elemento de novidade, caracterizado pelo aumento do estoque ou da base de conhecimentos da área em questão é invocado como fator de distinção de uma atividade de P&D de uma atividade de rotina. Na verdade, esse elemento de novidade decorre naturalmente como um resultado da aplicação dos dois critérios acima.

Também é possível concluir que a existência de uma metodologia sistemática, investigativa e experimental (SIE) ao longo de um trabalho de desenvolvimento de um produto de software num ambiente empresarial possibilita caracterizar tal atividade como sendo P&D. O uso de um método SIE é um aspecto chave para identificar a atividade de P&D. Ele encontra amparo na literatura e em exemplos internacionais.

O método sistemático aplicado ao desenvolvimento de produtos frequentemente se estende além da fase de demonstração ou de provas de conceito. Mas é importante que os problemas em que ele é aplicado não possam ser resolvidos com recursos técnicos de rotina. Exatamente por isso, tendo em vista as

características da tecnologia de software, o método deve ser também investigativo e experimental para caracterizar a atividade de P&D.

Cabe observar ainda que, como muitos produtos de software são únicos, frequentemente encomendados por um cliente à guisa de prestação de serviço, o emprego de uma metodologia SIE nesses casos pode amparar seu enquadramento como P&D.

Do ponto de vista da literatura nacional e internacional sobre a efetividade de incentivos fiscais para atividades privadas de P, D&I, podemos concluir pelo interesse crescente, principalmente em âmbito internacional, pela caracterização de modelos que buscam estimar tais impactos.

Utilizando a base conceitual proposta nesta seção, construiremos um modelo de análise dos determinantes dos investimentos em P, D&I em software e serviços de TI, que será usado para a estimação por métodos estatísticos com dados reais de firmas brasileiras que se beneficiaram com deduções fiscais da Lei do Bem nos anos de 2011 e 2012.

CAPÍTULO 3

PROPOSTA METODOLÓGICA

Neste capítulo apresentamos a proposta de metodologia a ser adotada para a avaliação dos incentivos de P&D previstos na Lei do Bem para o setor de Tecnologia da Informação. Baseados no referencial teórico apresentado no capítulo anterior há o posicionamento de uma proposta de metodologia para a avaliação destes incentivos, segundo o que definimos neste trabalho de “metodologia SIED – sistemática, investigativa, experimental e documentada” para a avaliação do conjunto de projetos de P&D apresentado pelas empresas beneficiárias.

Ademais, apresentamos uma proposta de modelo empírico para as estimações de impacto e resultados do conjunto de incentivos oferecidos pela Lei do Bem, em consonância com os objetivos de avaliação de impacto previstos para a segunda parte deste trabalho.

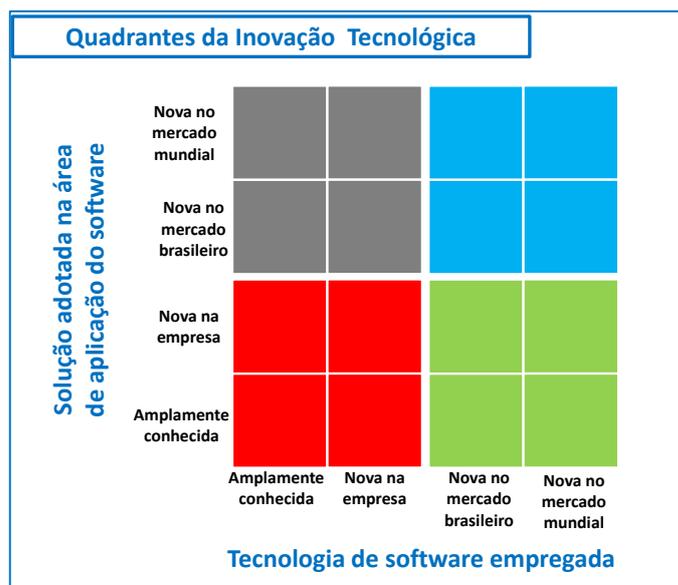
3.1. Metodologia para identificação dos indicadores de P, D&I em software e serviços de TI – Método SIED

Tendo em vista toda a modelagem para avaliação dos impactos dos incentivos fiscais em P, D&I no setor de software e serviços de TI discutidos nas seções anteriores, ao nos depararmos com a base de dados ampla e desorganizada das empresas beneficiárias da Lei do Bem, partimos para uma organização dos investimentos em P&D através de um modelo de referência com uma série de indicadores debatidos na revisão da literatura.

Neste sentido, a partir da proposta de indicadores e métricas discutida no capítulo anterior, propõem-se organizar a base de dados através de uma noção de quadrante da inovação tecnológica. O Modelo de Referência em Software, baseado na complementariedade entre inovação tecnológica e P&D, é representado por duas figuras:

- **Quadrantes de Inovação Tecnológica:** matriz composta por vários quadrantes e que aborda os graus de inovação dos sistemas quanto a duas dimensões: a inovação na tecnologia de software propriamente dita e a inovação no domínio de aplicação do sistema de software.

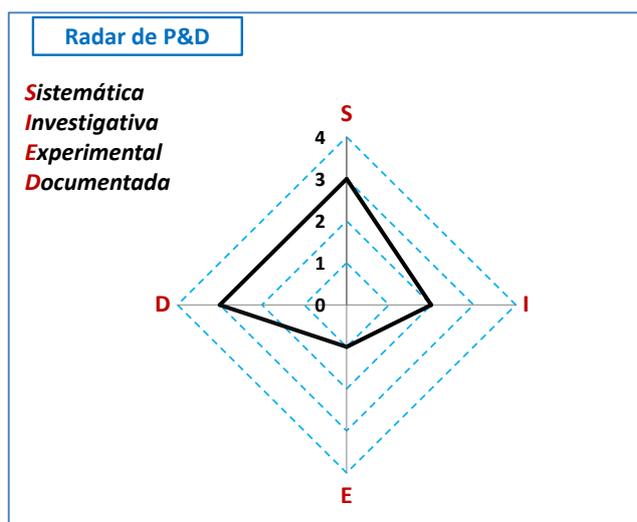
Figura 2: Quadrantes de Inovação Tecnológica



Os dois eixos da figura buscam identificar se o produto é amplamente conhecido ou novo para a empresa ou se é uma inovação no mercado brasileiro ou mundial. Um produto é sempre caracterizado por uma coordenada no eixo horizontal e outra no vertical, resultando numa posição única na matriz, isto é, numa localização única nos Quadrantes de Inovação Tecnológica. Essa posição deve ser fundamentada com base nas evidências apresentadas pela organização avaliada, e será fruto da construção de um Guia de orientação.

- **Radar de P&D:** mapeamento que identifica o que há de SIED no projeto ou produto de software. Cada eixo do Radar representa uma das quatro dimensões do SIED, e que distinguem a atividade de P&D: Sistemática, Investigativa, Experimental e Documentada. Na escala de cada eixo há quatro graus possíveis, que serão descritas por um Guia de acordo com a qualidade das evidências apresentadas pela organização avaliada.

Figura 3: Radar de P&D



No Radar de P&D, cada eixo do radar representa uma das quatro dimensões que distingue a atividade de P&D: Sistemática, Investigativa, Experimental e Documentada. Na escala de cada eixo há quatro graus possíveis, de acordo com a qualidade das evidências apresentadas pela organização avaliada:

| | |
|--|---|
| Não há evidências. | 1 |
| Existem evidências, mas elas são insatisfatórias ou inconclusivas para a caracterização do atributo. | 2 |
| Existem evidências satisfatórias, mas restam dúvidas sobre alguns aspectos necessários à plena caracterização do atributo. | 3 |
| As evidências são plenamente satisfatórias e conclusivas para a caracterização do atributo. | 4 |

Em princípio, um projeto ou produto deve ser considerado como resultante de uma atividade de P&D quando alcançar pelo menos o grau 3 nos quatro eixos do Radar. Nesse processo, a preocupação principal é evitar a concessão de fomento público a projetos que utilizem somente conhecimento previamente existente para resolver problemas já resolvidos no mundo ou no mercado/país, ou que são novos somente para a empresa pleiteante.

Já o objetivo da avaliação da atividade de P&D é verificar se existem evidências satisfatórias de que a atividade executada procurou resolver um

problema, desafio ou incerteza tecnológica e se a metodologia adotada para esse objetivo foi “SIED”.

O avaliador deve confirmar se o projeto ou produto apresenta a inovação como sendo feita em software, quando feita na tecnologia de software, ou através do software, quando feita na área de aplicação do software. No caso da primeira, as empresas terão possivelmente maior desenvoltura para apresentar as evidências, dado que a tecnologia de software é sua área de origem. Já nos aplicativos, que comporão a maior parte dos casos, a apresentação de evidências da inovação em geral é mais complexa para as empresas, pois o avanço se concentra na área de seus clientes, que será atendida com a tecnologia de software.

Não basta somente que a empresa apresente uma funcionalidade nova. Uma funcionalidade nova pode até ser uma inovação em termos gerais, mas não é suficiente para caracterizar a inovação tecnológica. Lembremos que não se justifica o fomento público se a atividade não contribuir para agregar novo conhecimento ou prática numa determinada área.

Uma vez localizada a inovação central, ela deve ser classificada segundo um dos critérios de grau de novidade a seguir:

| | |
|--------------------------|--|
| Amplamente conhecida | Quando for o caso de não haver ineditismo nem para a própria empresa. |
| Nova para a empresa | Quando houver evidências de que a empresa ainda não detinha a capacidade de resolver o problema central. |
| Nova para o país/mercado | Quando houver evidências de que no mercado da empresa e/ou no Brasil, essa inovação central é realmente inédita. |
| Nova para o mundo | Quando houver evidências de seu ineditismo em nível mundial. |

A defesa de que a inovação é efetiva deve se sustentar numa apresentação do estado da arte do conhecimento sobre o problema em questão e por um levantamento do que empresas concorrentes ou afins tornaram público acerca de seus produtos e processos. Por empresas afins entendem-se não concorrentes cujos produtos ou processos apresentem a solução do problema em questão sem que seja necessário nenhum complemento.

Em todos os casos o que se procura evitar é a concessão de fomento público a projetos que representem apenas o uso de conhecimento previamente existente para resolver problemas já resolvidos no mundo ou no mercado/país, ou que são novos somente para a empresa pleiteante. Cabe à empresa apresentar evidências do efetivo ineditismo do seu projeto a partir da apresentação de um rigoroso levantamento do estado da arte técnico-científica e de produtos e processos de empresas concorrentes e/ou afins. Ao avaliador cabe confirmar que o projeto tem um mínimo aceitável de apresentação desse levantamento do estado da arte e produtos e processos de empresas concorrentes e/ou afins, confiando na boa fé da empresa. Essa boa fé pode ser testada por uma reavaliação e eventual glosa posterior do projeto, respeitando os termos da Lei.

O mínimo aceitável de levantamento do estado da arte técnico científico e de produtos e processos de empresas concorrentes e/ou afins deve conter:

- A localização da área de conhecimento técnico científico que responde pela pesquisa do assunto em questão (banco de dados, por exemplo, para tecnologia de software; produtividade industrial, por exemplo, para características funcionais);
- A apresentação de um levantamento bibliográfico atualizado, com no mínimo 5 referências, que sustente um panorama do estado da arte da produção técnico científica do problema em questão;
- Uma apresentação de produtos e processos dos concorrentes e empresas afins, demonstrando o modo atual de resposta ao problema central.

Ao final da análise o avaliador deve destacar a localização da inovação central no quadrante de inovação. Um dos 16 sub-quadrantes deve ser escolhido, correspondendo à localização do produto quanto ao grau de novidade na tecnologia de software e à solução adotada na área de aplicação do software.

Se o projeto ou produto for classificado no quadrante vermelho, então se considera que ele não é uma inovação tecnológica.

3.2. Avaliação da atividade de P&D

O objetivo dessa avaliação é verificar se existem evidências satisfatórias de que a atividade executada procurou resolver um problema, desafio ou incerteza tecnológica e se a metodologia adotada para esse objetivo foi “Sistemática, Investigativa, Experimental e Documentada – SIED”.

Cabe chamar a atenção que apenas o uso de metodologias formais, ferramentas e ambientes de desenvolvimento de software não são suficientes para indicar se o software desenvolvido foi fruto de uma atividade de rotina ou de P&D. É a presença da investigação e da experimentação que é relevante. Um processo por tentativa e erro, sem um plano experimental, sugere a ausência de uma investigação sistemática.

Para identificar o problema ou incerteza tecnológica, o avaliador deve encontrar evidências satisfatórias em relatórios, artigos técnicos ou outros documentos técnicos gerados pelo pessoal envolvido no desenvolvimento do projeto ou produto.

| Questões | Evidências |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Qual o problema científico ou tecnológico que o projeto ou produto buscou resolver?• Qual a incerteza tecnológica existente ou qual o desafio tecnológico que era necessário para que a atividade fosse bem sucedida? | <ul style="list-style-type: none">• Documento de planejamento de projeto com identificação dos desafios e incertezas a serem resolvidos.• Relatórios e artigos técnicos com identificação dos desafios e incertezas a resolvidos. |

Para caracterizar que a atividade foi “Sistemática” o avaliador deve obter evidências que respondam às questões conforme a tabela seguinte:

| Questões | Evidências |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• O projeto, produto ou atividade teve uma sequência lógica planejada? | <ul style="list-style-type: none">• Documento de planejamento de projeto com identificação dos desafios e incertezas a serem |

| | |
|---|---|
| | resolvidos, a metodologia e os passos sequenciais a serem executados. |
| <ul style="list-style-type: none"> • O projeto, produto ou atividade teve uma metodologia reconhecida? • A metodologia incluiu formulação de hipóteses e respectivo teste ou verificação de validade? | <ul style="list-style-type: none"> • Documentos, artigos técnicos, relatórios que apresentam as hipóteses formuladas, os testes de verificação, as análises dos resultados e a explicação das razões de sucesso ou fracasso das hipóteses. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Houve detalhada manutenção de registros que ajudam a entender como a incerteza ou desafio tecnológico existente foi resolvido? | <ul style="list-style-type: none"> • Documentos que registram todos os passos executados e explicam a resolução dos problemas técnicos ou tecnológicos encontrados. |

Para caracterizar que a atividade foi “Investigativa” o avaliador deve obter evidências que respondam às questões conforme a tabela seguinte:

| Questões | Evidências |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • O trabalho envolveu desenvolver conhecimentos e informação técnica além daquelas disponíveis para um profissional atuante na área? | <ul style="list-style-type: none"> • Relatórios, artigos e outros documentos que registram as hipóteses formuladas, os testes efetuados, seus resultados e a respectiva análise. As explicações devem estar fundamentadas. |
| <ul style="list-style-type: none"> • O trabalho procurou descobrir alguma informação ou propriedade desconhecida? Procurou identificar e resolver algum problema técnico? | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Não inclui a mera confirmação, demonstração ou aplicação de fatos conhecidos. | |

Para caracterizar que a atividade foi “Experimental” o avaliador deve obter evidências que respondam às questões conforme a tabela seguinte:

| Questões | Evidências |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Foram realizados testes com a finalidade de descobrir alguma informação ou propriedade desconhecida? Ou verificar alguma hipótese? Ou identificar e resolver algum problema técnico? | <ul style="list-style-type: none"> • Relatórios, artigos e outros documentos que registram os testes efetuados, as simulações realizadas, seus resultados e a respectiva análise. As explicações devem estar fundamentadas. |

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Foram realizadas simulações computacionais com a mesma finalidade descrita na pergunta anterior? | |
|--|--|

Para caracterizar que a atividade foi “Documentada” o avaliador deve obter evidências que respondam às questões conforme a tabela seguinte:

| Questões | Evidências |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Todos os passos do projeto foram documentados? As dificuldades e desafios e incertezas claramente identificadas e registradas? As soluções dadas foram analisadas, explicadas e fundamentadas? | <ul style="list-style-type: none"> • Relatórios, artigos e outros documentos que registram os testes efetuados, as simulações realizadas, seus resultados e a respectiva análise. As explicações devem estar fundamentadas. |

Para cada um dos atributos, deve ser atribuído um grau conforme a escala abaixo:

| | |
|--|---|
| Não há evidências. | 1 |
| Existem evidências, mas elas são insatisfatórias ou inconclusivas para a caracterização do atributo. | 2 |
| Existem evidências satisfatórias, mas restam dúvidas sobre alguns aspectos necessários à plena caracterização do atributo. | 3 |
| As evidências são plenamente satisfatórias e conclusivas para a caracterização do atributo. | 4 |

Importante frisar que a lógica estabelecida anteriormente também passou por uma tentativa de enquadramento no âmbito da abordagem GQM. Porém, como há forte viés de aplicação de tal abordagem na área de qualidade de software, com métricas que remetem fortemente ao processo de desenvolvimento de software com qualidade, optou-se por, neste momento, não vincular o *framework* proposto pelo GQM no método SIED apresentado anteriormente, haja vista a necessidade de se aplicar de forma recorrente e experimental tal metodologia em diversos projetos de

P&D de empresas que se beneficiam de incentivos fiscais para estas atividades. Portanto, preferiu-se não adotar tal metodologia neste trabalho.

3.2.1. Exemplos de incertezas e inovações tecnológicas

Um problema constante em projetos que pleiteiam caráter inovador ou de P&D é a falta de clareza quanto às informações declaradas. Por exemplo:

- *Exemplos hipotéticos alegando incertezas tecnológicas. Dependendo da descrição e das circunstâncias do caso específico, o exemplo pode ou não ser representativo de incertezas tecnológicas. Descrições reais dariam mais detalhes para explicar por que o trabalho envolve incerteza tecnológica.*
- *Incertezas de mercado ou de natureza operacional não se enquadram em incertezas tecnológicas: incertezas do negócio (por exemplo, risco de má aceitação no mercado) ou incertezas de execução do projeto (por exemplo, a empresa fica sem dinheiro, perde pessoal, ou abandona o projeto por causa de um novo concorrente), não têm qualquer influência na determinação da incerteza tecnológica.*

Só porque uma tecnologia é nova para uma empresa em particular, não significa que a empresa fez uma inovação tecnológica. Novidade, aprimoramento do recurso ou aumento da funcionalidade do produto ou processo não são suficientes *per se* para demonstrar a inovação tecnológica.

A tabela abaixo ilustra algumas incertezas, desafios ou inovações tecnológicas possíveis de serem encontradas em projetos de desenvolvimento de software:

Tabela 8: Incertezas, desafios e inovações tecnológicas

| Afirmação | Comentários |
|---|---|
| “Foi desenvolvida uma nova abordagem para executar buscas textuais em grandes bases de dados distribuídas”. | Esta é uma indicação de que pode ter havido uma inovação tecnológica em tecnologia de software ou de TI. Uma descrição mais detalhada é necessária para caracterizar o porque a abordagem pode ser considerada como nova. |
| | |

| | |
|--|--|
| <p>“Através de experimentação, foram desenvolvidos métodos para fazer o <i>bridging</i> de múltiplos monitores de teleprocessamento e sistemas de gerenciamento de base de dados ao mesmo tempo em que garantia a sincronização dos dados”.</p> | <p>O projeto teve que intervir na tecnologia e conduzir uma investigação experimental para resolver um problema de interconexão e sincronização num sistema complexo.</p> |
| <p>“O fabricante do produto de software que desejávamos integrar não divulgou o método pelo qual é tratado o processo de interconexão e comunicação. Não era claro como fazer o interfaceamento dos dois programas”.</p> | <p>A incerteza tecnológica foi criada pela indisponibilidade de uma informação proprietária de uma terceira parte.</p> |
| <p>“Como desenvolvedores de ferramentas de sistemas especialistas, não sabíamos se a arquitetura lógica que havíamos proposto para o nosso <i>engine</i> de inferência seria capaz de proporcionar um aumento no processo de decisão correto quando comparado ao de especialistas humanos no domínio-alvo de aplicação.”</p> | <p>Como a “taxa de sucesso” dos especialistas humanos é uma referência para comparação, a incerteza está na ciência e tecnologia de computação e não no domínio de aplicação. O projeto precisa descrever as fontes específicas de incerteza a serem resolvidas.</p> |

Não são incertezas ou inovações tecnológicas:

| Afirmação | Comentário |
|--|--|
| <p>“O novo sistema operacional representou um avanço tecnológico para a empresa, pois seus recursos de time-sharing são muito mais avançados do que aqueles do sistema operacional com o qual a empresa estava familiarizada. O projeto também fez avançar significativamente nossa compreensão sobre a tecnologia de banco de dados relacional aplicada a aplicações comerciais”.</p> | <p>O uso de uma tecnologia existente e o aprendizado sobre ela, mesmo num ambiente computacional complexo, não é uma inovação tecnológica.</p> |
| <p>“A Versão 5 do nosso software de gestão de loja de varejo provê a geração automática de fatura para empresas clientes no final de cada</p> | <p>Esta é uma característica melhorada do produto. Conforme apresentado, não há indicação de qualquer avanço ou inovação</p> |

| | |
|--|---|
| mês. Isto incluiu novos algoritmos para o cálculo de vários impostos aplicáveis. Este foi um novo recurso e significa que o nosso software é, tecnologicamente, o mais avançado disponível”. | tecnológica. Afirmações como a da terceira frase não acrescentam substância e devem ser evitadas. Se houver uma inovação tecnológica, ela deve ser descrita clara e especificamente. |
| “Nossa empresa seleciona novas tecnologias com base nos recursos e no desempenho planejado conforme as especificações do fornecedor. Assim, o projeto deparou-se com a incerteza de saber se o fornecedor pode entregar a tecnologia avançada e, em caso afirmativo, de acordo com os prazos previstos”. | Conforme descrito, este é um risco do negócio. A descrição sugere também que, se houver incertezas ou inovações tecnológicas, elas serão suportadas pelo fornecedor, não pelo projeto em análise. |

O exemplo a seguir, extraído de um documento de orientação do governo canadense, permite “mapear” a linguagem gerencial de um projeto para a linguagem de P&D e de inovação tecnológica de um projeto. Os avaliadores devem solicitar que, tanto quanto possível, as informações do projeto e as evidências sejam apresentadas nessa linguagem.

| Descrição gerencial do projeto | Descrição de projeto de P&D associado |
|--|--|
| Título do Projeto Sistema de Gestão de Registro de Propriedade (PRMS) - Versão 4.0 | Título do Projeto Uso de uma abordagem de comunicação de dados para melhorar um sistema de gerência de dados de clientes (DMS) |
| Objetivo Desenvolver a versão 4.0 do PRMS, um sistema de gestão de registro de propriedade completo e de fácil uso. | Objetivo tecnológico Pelo menos dobrar a velocidade DMS alcançada na Versão 3.5 do PRMS. |
| Histórico XYZ Ltda. é uma empresa líder em produtos de software. O primeiro produto PRMS foi desenvolvido em PRMS 1992. É o mais abrangente e fácil de usar produto em sua classe. | Histórico A XYZ Ltda. desenvolveu um DMS proprietário como parte do seu produto PRMS. A DMS funciona bem com pequenos conjuntos de dados, mas tem um tempo de acesso excessivo (> 30 segundos) com |

| | |
|--|--|
| <p>Mais de 100 licenças foram instaladas até o presente.</p> | <p>grandes bases de dados (> 1 gigabyte).</p> |
| <p>Atividades do Projeto</p> <p>Esse projeto foi realizado para desenvolver o PRMS 4.0, uma nova versão necessária para manter nossa competitividade na fronteira do mercado. As atividades executadas incluíram:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisão dos requisitos dos clientes e produtos concorrentes; • Preparação de uma especificação funcional; • Desenvolvimento de protótipos; • Concepção e desenvolvimento de: <ul style="list-style-type: none"> – Revisão dos requisitos de clientes e dos produtos competidores; – Interface com o usuário mais fácil de usar; – Edição dos campos definida pelo usuário; – Recursos expandidos de importação / exportação; – Novo utilitário de mala direta; – Capacidade multilíngue; • Testes internos (testes alfa) na própria para XYZ Ltda.; • Testes betas com clientes selecionados. | <p>Atividades do Projeto</p> <p>A revisão da literatura mostrou que o modelo de dados relacional utilizado no DMS pode ser ineficiente em algumas circunstâncias. Decidiu-se determinar se um modelo de comunicação de dados iria alcançar um processamento eficiente ainda que à custa de espaço adicional de armazenamento.</p> <p>Um protótipo de DMS com um modelo de pacote de dados foi criado e mostrou-se 75% mais rápido do que o gerenciador de dados existente.</p> <p>Testes abrangentes de benchmark foram realizados para comparar o desempenho dos dois modelos de dados. Enquanto algumas tabelas puderam ser processadas de forma mais eficaz na forma de pacote, outras foram mais bem gerenciadas através de técnicas relacionais.</p> <p>Uma abordagem híbrida envolvendo técnicas de gerenciamento de dados tanto relacionais e quanto de pacotes foi empregada experimentalmente no upgrade da versão PRMS 3.5 para a versão 4.0.</p> |
| <p>Recursos avançados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de consultas e atualização muito mais rápidas; • Interface com o usuário reprojeta e mais fácil de usar; • Acréscimo de edição de campos definida pelo usuário; • Recursos expandidos de importação / exportação; • Novo utilitário de mala direta e capacidade multilíngue; | <p>Avanços Tecnológicos</p> <p>Foi desenvolvida uma técnica híbrida de gerenciamento de dados que melhora a capacidade de consulta e atualização de mais de 30 segundos para menos de 15 segundos na maioria das situações problemáticas. Esta nova técnica permitiu a que o PMRS armazene e acesse bancos de dados com mais de 1 GB de capacidade (o que não era</p> |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de trabalhar com bancos de dados 1 > GB. | possível em produtos concorrentes na época). |
| <p>Incertezas do projeto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que <i>features</i> seriam requeridas por clientes; • Como armazenar regras definidas pelo usuário editar; • Como fornecer instruções bilíngues e mensagens de erro sem afetar o desempenho; • Como reduzir a complexidade do produto; • Como acessar grandes bases de dados mais rápido; • Como gerenciar o acesso à memória RAM. | <p>Incertezas tecnológicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não era possível prever o impacto no desempenho do sistema por se utilizar um modelo de dados projetado para comunicações de dados em um ambiente relacional. • As ineficiências resultantes de um modelo híbrido usando acesso tanto relacional e quanto pacote ao mesmo banco de dados poderiam reduzir as melhorias quantificadas para o protótipo de DMS usando o modelo pacote. |

3.3. Modelo empírico

Nesta seção adotamos a abordagem desenvolvida por BLOOM et al (2002), fazendo algumas adaptações em nosso modelo empírico, aprofundando a abordagem para o setor de software e serviços de tecnologia da informação. Portanto, consideramos uma firma (que busca inovar no setor de software ou tendo como principal foco de desenvolvimento produtos e serviços de software) que almeja a maximização de lucros, realizando investimentos em P, D&I em um período 1, almejando retornos no período 2. Adotamos a hipótese de que a firma é financiada por retenção de lucros nos períodos anteriores e o principal acionista a receber dividendos está isento de impostos (ou seja, não haverá antecipação no pagamento de impostos).

Assim, o valor da firma no tempo t na ausência de impostos é dado pelo valor presente líquido do fluxo de receita, denotado por V_t^* (todas as variáveis com * sobrescrito denotam ausência de impostos):

$$(1 + i)V_t^* = D_t^* + V_{t+1}^* \quad (3.1)$$

Onde i é a taxa de juros nominal e D_t^* é a quantidade de dividendo pago pela firma ao principal acionista preferencial (na ausência de impostos). Os dividendos pagos podem ser definidos como:

$$D_t^* = f(G_{t-1}) - R_t \quad (3.2)$$

Onde $f(.)$ é a função de renda líquida, G_{t-1} é o valor do estoque de investimentos em P, D&I no final do período $t - 1$ e R_t é o investimento em P, D&I. A equação de variação do estoque em P, D&I é dada por:

$$G_t = (1 - \delta)(1 + \pi)G_{t-1} + R_t \quad (3.3)$$

Onde δ é a taxa de depreciação econômica, π é a taxa de inflação do período 1, que assumimos como a mesma para o produto e estoque de P,D&I, mas é permitida variar no tempo.

Consideramos um investimento em P,D&I que aumento o estoque desta variável em 1 unidade em t simplesmente por deixar o investimento em P,D&I crescer por 1 unidade no período t e declinar por 1 unidade, menos a depreciação, no período $t + 1$, de tal forma que:

$$dR_t = 1 \quad dR_{t+1} = -(1 - \delta)(1 + \pi) \quad (3.4)$$

Esta perturbação no estoque de capital produz um retorno de:

$$df(G_t) = (p + \delta)(1 + \pi_t) \quad (3.5)$$

Onde p é o retorno financeiro antes de impostos (que é permitido variar no tempo). A renda econômica, Π^* , recebida pela firma devido à perturbação em seu estoque de P,D&I na ausência de impostos é dada pela equação em (3.1). Utilizando (3.2), (3.3) e (3.4), reescrevemos (3.1) como:

$$\Pi_t^* = (1 + i)dV_t^* = dD_t^* + dV_{t+1}^* \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned}
&= 1 + \frac{(p + \delta)(1 + \pi) + (1 - \delta)(1 + \pi)}{(1 + i)} \\
&= \frac{(1 + p)}{(1 + r)} - 1 = \frac{p - r}{1 + r}
\end{aligned}$$

Onde $r = \left[\frac{(1+i)}{(1+\pi)} - 1 \right]$ é a taxa de juros real.

Agora vamos avaliar como os impostos afetarão o nível de renda auferida pela firma, mantendo r e p constantes. Assim, existem 3 formas de avaliação do imposto de renda pessoa jurídica (IRPJ);

1. A firma paga IRPJ sobre suas receitas a uma taxa τ ;
2. O custo do investimento em P, D&I para a firma é reduzido pelas permissões de dedução da depreciação (lembrando que a lei do bem permite deduções deste tipo sobre os equipamentos e investimentos físicos voltados para as atividades de P&D). Adotando tais permissões como A^d , a depreciação pode ser deduzida de forma acelerada (decrecente) ou em uma base linear. Se a depreciação é permitida decrescente, o declínio no valor é dado por uma taxa ϕ (no começo do período temporal), sendo que as deduções de depreciação permitidas serão $\tau\phi$ no período 1, decaindo para os próximos períodos a uma taxa de $(1 - \phi)$. Assim, o valor presente do fluxo de depreciações permitidas, A^d , pode ser definido como:

$$A^d = \frac{\tau\phi(1+r)}{(\phi+r)} \quad (3.7)$$

Onde r é a taxa de desconto da firma. Para os casos de depreciação não acelerada, linear, a equivalente expressão fica:

$$A^d = \frac{\tau\phi(1+r)}{(1+r)} \quad (3.8)$$

3. O custo do investimento em P, D&I da firma é reduzido pelos incentivos fiscais, que pode ser denotado por A^c . É possível calcular o valor presente líquido dos créditos de impostos (no caso IRPJ), A^c , que dependerá da taxa e

da forma de aplicação do incentivo fiscal. Neste caso, as 3 principais análises que necessitam ser feitas para o desenho de mecanismo do incentivo fiscal para P, D&I são: (i) se os créditos se aplicam aos gastos totais ou incrementais, (ii) se definido para gastos incrementais, qual a linha de base inicial, e (iii) se o crédito tem um teto para a firma individual. Se adotarmos um incentivo fiscal igual ao total de gastos em P, D&I, o volume de crédito da firma igualará a taxa τ , portanto⁶:

$$A^c = \tau^c \quad (3.9)$$

Portanto, assumindo que não há teto para dedução dos incentivos fiscais, sendo, na Lei do Bem, a dedução como um percentual do total gasto em P, D&I, A^c e A^d reduzem os custos líquidos de investimentos em P, D&I. Como exemplo, um projeto de P, D&I com custo unitário antes de impostos seria reduzido em $(1 - (A^c + A^d))$ após impostos. Reduzindo o investimento por $(1 - \delta)(1 + \pi)$ no período $t + 1$, geraríamos uma redução de $(A^c + A^d)(1 - \delta)(1 + \pi)$ nas deduções de depreciação permitidas.

Por fim, devemos avaliar a questão de créditos viáveis aplicáveis nos dividendos pagos pelas firmas aos acionistas. Adotamos a hipótese dos dividendos serem pagos já deduzidos todos os incentivos fiscais, de tal forma que o valor presente da firma levando em consideração os impostos é definido por:

$$(1 + i)V_t = \gamma D_t + V_{t+1} \quad (3.10)$$

⁶Não é o caso brasileiro, pois a Lei do Bem permite a dedução integral, sem qualquer teto no nível individual da firma. Mas segundo Chennells e Griffith (1997), há a definição de deduções apenas para gastos incrementais. Neste caso, adotando a hipótese de uma média-móvel de k períodos, o valor do crédito é dado por:

$$A^c = \tau^c \left(B_t - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (1 + r)^{-i} B_{t+i} \right)$$

Onde τ^c é a taxa de depreciação inicial, B_{t+1} é um indicador que assume valor 1 se os gastos em P&D estão acima do valor base no período t e zero caso contrário.

onde γ denota o grau de “discriminação de impostos” entre os lucros retidos e as distribuições destes lucros aos acionistas. Assim, uma expressão para o valor presente líquido da renda econômica da firma é dado por (equivalente a 3.5):

$$\begin{aligned}\Pi &= (1 + i)dV_t = \gamma dD_t + dV_{t+1} \\ &= \gamma \left[\frac{(p+\delta)(1-r)+(1-\delta)(1-(A^c+A^d))}{(1+r)} - (1 - (A^c + A^d)) \right] \quad (3.11)\end{aligned}$$

Considerando o impacto de impostos sobre um projeto de P&D marginal (i.e., quando a renda econômica é igual a zero), fixando $\Pi = 0$ e resolvendo para p temos o seguinte custo do capital referente à P, D&I:

$$\tilde{p} = \frac{(1-(A^d+A^c))}{(1-\tau)}(r + \delta) - \delta \quad (3.12)$$

Voltando as digressões contidas em (3.1), agora que derivamos o custo de capital referente aos investimentos em P, D&I de uma firma típica de software, com as considerações teóricas já porpostas inicialmente, vamos agora derivar o modelo a ser simulado para as análises de impacto dos investimentos da Lei do Bem para o setor de software e serviços de TI. Assim, vamos adotar uma abordagem primal com uma função de produção Cobb-Douglas aumentada com termos referentes à capital intelectual (HALL, MEIRESE e MOHNEN, 2009):

$$Y = AL^\alpha C^\beta [K]^\lambda [K^0]^\varphi e^u \quad (3.12)$$

onde Y é uma medida de produção, L uma medida do insumo trabalho, C uma medida de capital físico (tangível), K uma medida de capital intelectual (intangível) da própria firma, e K^0 uma medida de capital intelectual externo à firma, e u um distúrbio. O capital intelectual externo pode ser mantido por outras firmas do setor, o coeficiente λ mede a elasticidade do produto em relação ao investimento

em P&D próprio da firma, e φ mede a elasticidade do produto ao investimento em P&D externo á firma (efeito *spillover*).

Adotando a técnica de log-linearização á equação (3.12) acima, usando t para medir tempo e i para um firma individual, obtemos:

$$y_{it} = \eta_i + \lambda_t + \alpha l_{it} + \beta c_{it} + \gamma k_{it} + \varphi k_{it}^o + u_{it} \quad (3.13)$$

Ao derivarmos esta equação, estamos implicitamente assumindo que o log do progresso técnico (A) pode ser reescrito como a soma de um efeito específico da firma, η_i , e um efeito temporal, λ_t . Muitas variações desta hipótese são possíveis, apesar de muitas não serem identificáveis, a depender dos dados reais obtidos. Frequentemente a equação (3.13) é convertida em uma versão baseada em taxa de crescimento, ao aplicarmos a primeira diferença:

$$\Delta y_{it} = \lambda_t + \alpha \Delta l_{it} + \beta \Delta c_{it} + \gamma \Delta k_{it} + \varphi \Delta k_{it}^o + \Delta u_{it} \quad (3.14)$$

Neste caso, uma expressão para o crescimento da produtividade total dos fatores (TPF) como função dos estoques de investimentos em P&D pode ser identificável a partir da subtração de termos envolvendo outros insumos no lado esquerdo da equação. Desta maneira, os efeitos individuais da firma desaparecem, e o efeito temporal é uma taxa de crescimento com relação aos valores iniciais. Por definição, a elasticidade $\gamma = p(\frac{K}{Y})$, onde p é a produtividade marginal do capital de P, D&I. Assim, retirando o termo de capital intelectual externo, a equação (3.14) pode ser reescrita como:

$$\Delta y_{it} = \lambda_t + \alpha \Delta l_{it} + \beta \Delta c_{it} + p \frac{(R_{it} - \delta K_{i,t-1})}{Y_{it}} + \Delta u_{it} \quad (3.15)$$

Onde R é o investimento bruto em P&D e δ é a taxa de depreciação do capital de P&D. Se assumirmos um produto marginal constante γ e uma taxa de desconto r

em um horizonte infinito, então p pode ser a taxa interna de retorno das atividades de P&D, já derivada em (3.12). Assumindo as definições contidas nos itens anteriores, derivamos o seguinte modelo baseado em (3.1), (3.6), (3.11), (3.12) e (3.15):

$$r_{it} = \lambda_t + \alpha l_{it} + \beta y_{it} - \gamma p_{it} + u_{it} \quad (3.16)$$

onde $r_{it} = \ln$ (investimentos em P&D de uma firma i , no ano t), $l_{it} = \ln$ (gastos com pessoal realizados pela firma i no ano t), $y_{it} = \ln$ (produto auferido pela firma i em t , medido pela receita bruta anual), $p_{it} = \ln$ (custo de capital referente a atividades de P, D&I da firma i no ano t).

Nas seções à frente vamos definir variantes deste modelo, prevendo análises com variáveis *dummy*, efeitos fixos e aleatórios, dentre outras contribuições metodológicas para extensões do modelo referencial disposto em (3.16).

3.4. Metodologia estatística e modelos de simulação

3.4.1 Estimação de Dados em Paineis

Partimos de uma análise de Dados em Painel (DPD), que é bastante utilizado para computar uma variedade de estimadores dinâmicos, particularmente os estimadores do tipo GMM (*Generalized Moments Method*), desenvolvidos por ARELLANO e BOND (1991), ARELLANO e BOVER (1995), BLUNDELL e BOND (1998), e ANDERSON e HSIAO (1992), prevendo estimações em um ou dois estágios.

Um modelo geral que pode ser estimado para um painel dinâmico é uma equação única com efeitos individuais da forma:

$$y_{it} = \sum_{k=1}^p \alpha_k y_{i(t-k)} + \beta'(L)x_{it} + \lambda_t + \eta_i + v_{it}, \quad t = q + 1, \dots, T_i; i = 1, \dots, N. \quad (3.17)$$

onde η_i e λ_t são respectivamente efeitos individuais e de tempo, x_{it} é um vetor de variáveis explicativas, $\beta'(L)$ é um vetor de polinômios de *lags* temporais e q é o tamanho máximo de *lags*. A identificação do modelo requer restrições sobre as propriedades de correlação serial do termo de erro v_{it} , e sobre as variáveis explicativas x_{it} .

É assumido que se o termo de erro fosse originalmente autoregressivo, o modelo seria transformado de tal modo que os coeficientes α_s e β_s satisfizessem algum conjunto de restrições comuns. Assim, apenas erros serialmente não correlacionados e médias móveis são explicitamente permitidos. O termo de erro v_{it} é assumido ser independentemente distribuído com média zero, mas formas arbitrárias de heterocedasticidade no tempo são possíveis. As variáveis explicativas x_{it} podem ou não ser correlacionados com os efeitos individuais η_i , e para cada um destes casos, eles podem ser estritamente exógenos, pré-determinados ou endógenos com respeito à v_{it} . Um caso particular interessante acontece quando x_{it} são correlacionados com η_i , mas Δx_{it} não são correlacionados com η_i , permitindo o uso de Δx_{it} como instrumento para a equação inicial.

A $(T_i - q)$ equação para o indivíduo i pode ser reescrita como:

$$\mathbf{y}_i = \mathbf{W}_i \boldsymbol{\delta} + \iota_i \eta_i + v_i \quad (3.18)$$

onde $\boldsymbol{\delta}$ é um vetor de parâmetros contendo α_k 's, β 's e λ_t 's; \mathbf{W}_i é uma matriz de dados contendo as séries temporais das variáveis dependentes defasadas, e as variáveis *dummies* de x_s . Por fim, ι_i é um vetor de 1 da forma $(T_i - q) \times 1$.

Desta maneira, DPD pode ser usado para computar vários estimadores GMM de $\boldsymbol{\delta}$ com a seguinte forma geral:

$$\hat{\boldsymbol{\delta}} = [(\sum_i \mathbf{W}_i^* \mathbf{Z}_i) \mathbf{A}_n (\sum_i \mathbf{Z}_i' \mathbf{W}_i^*)]^{-1} (\sum_i \mathbf{W}_i^* \mathbf{Z}_i) \mathbf{A}_n (\sum_i \mathbf{Z}_i' \mathbf{y}_i^*) \quad (3.19)$$

Onde

$$\mathbf{A}_n = \left(\frac{1}{N} \sum_i \mathbf{Z}_i' \mathbf{H}_i \mathbf{Z}_i \right)^{-1} \quad (3.20)$$

\mathbf{W}_i^* e \mathbf{y}_i^* denotam alguma transformação de \mathbf{W}_i e \mathbf{y}_i (v.g. níveis, primeira diferença, desvios ortogonais, combinações de primeira diferença, etc). \mathbf{Z}_i é uma matriz de variáveis instrumentais que podem ou não ser inteiramente internas, e \mathbf{H}_i é uma matriz individual de pesos.

Se o número de colunas de \mathbf{Z}_i iguala ao de \mathbf{W}_i^* , \mathbf{A}_n se torna irrelevante e $\hat{\boldsymbol{\delta}}$ se reduz a:

$$\hat{\boldsymbol{\delta}} = [(\sum_i \mathbf{Z}_i' \mathbf{W}_i^*)]^{-1} (\sum_i \mathbf{Z}_i' \mathbf{y}_i^*) \quad (3.21)$$

Em particular, se $\mathbf{Z}_i = \mathbf{W}_i^*$ e os vetores transformados de \mathbf{W}_i e \mathbf{y}_i são desvios das médias de observações individuais ou desvios ortogonais, então $\hat{\boldsymbol{\delta}}$ é um estimador *within*. Como exemplo, se a transformação se refere a diferenças de primeira ordem, $\widehat{\mathbf{Z}}_i = \mathbf{I}_{T_i} \otimes \mathbf{x}'_i$ e $\mathbf{H}_i = \widehat{\mathbf{v}}_i^* \widehat{\mathbf{v}}_i^*$, onde $\widehat{\mathbf{v}}_i^*$ são algumas estimativas consistentes dos resíduos de primeira ordem, então $\hat{\boldsymbol{\delta}}$ é um estimador generalizado de 3 momentos desenvolvido por CHAMBERLAIN (1984). Estes dois estimadores requerem que x_{it} seja estritamente exógeno com relação à v_{it} para que haja consistência estatística. Ademais, os estimadores *within* podem apenas ser consistentes quando $N \rightarrow \infty$ para T fixado e \mathbf{W}_i^* não possui variáveis dependentes defasadas e todas as variáveis explicativas são estritamente exógenas.

Quando não existem variáveis instrumentos viáveis que não são correlacionadas com os efeitos individuais η_i , a transformação tem que eliminar o termo de erro. A primeira diferença e os desvios ortogonais são alguns exemplos de transformações que eliminam η_i do termo de erro transformado. Assim, estas transformações permitem o uso de variáveis endógenas defasadas como instrumentos. Por exemplo, se o painel é balanceado ($p = 1$), v_{it} são serialmente não correlacionados e o vetor inicial \mathbf{y}_{i1} não é correlacionado com v_{it} para $t = 2, \dots, T$, então utilizando a primeira diferença:

| Equações | Instrumentos Viáveis |
|--|-------------------------------------|
| $\Delta y_{i3} = \alpha \Delta y_{i2} + \Delta v_{i3}$ | y_{i1} |
| $\Delta y_{i4} = \alpha \Delta y_{i3} + \Delta v_{i4}$ | y_{i1}, y_{i2} |
| | |
| $\Delta y_{iT} = \alpha \Delta y_{i(T-1)} + \Delta v_{iT}$ | $y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{i(T-2)}$ |

Neste caso, $\mathbf{y}_i^* = (\Delta y_{i3}, \dots, \Delta y_{iT})'$, $\mathbf{W}_i^* = (\Delta y_{i2}, \dots, \Delta y_{i(T-1)})'$, e

$$\mathbf{Z}_i = \mathbf{Z}_i^D = \begin{pmatrix} y_{i1} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ \mathbf{0} & \dots & & y_{i(T-2)} \end{pmatrix} \quad (3.22)$$

Cabe observar que em um painel desbalanceado, para indivíduos com dados incompletos, as linhas de \mathbf{Z}_i referentes às equações faltantes serão deletadas e os valores faltantes são postos como valores iguais a zero nas linhas da matriz. Para estimações em dois estágios, reescrevemos a matriz \mathbf{H}_i em primeira diferença como:

$$\mathbf{H}_i = \mathbf{H}_i^D = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 2 & -1 & \dots & \mathbf{0} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & 2 \end{pmatrix} \quad (3.23)$$

Se v_{it} são heteroscedásticos, um estimador de dois passos pode usar $\mathbf{H}_i = \widehat{\mathbf{v}}_i^* \widehat{\mathbf{v}}_i^*$, onde $\widehat{\mathbf{v}}_i^*$ são resíduos do primeiro passo. DPD produz estimadores GMM tanto de primeiro como de segundo passo, com matrizes de variância assintóticas que são consistentes à heteroscedasticidade.

Em termos de correlação serial, se um regressor x_{it} é correlacionado apenas com os efeitos individuais η_i , adicionamos ao modelo acima a seguinte condição:

$$\begin{aligned} E(x_{it}v_{is}) &= 0 \text{ for } s \geq t \\ &\neq 0 \text{ caso contrário} \\ E(x_{it}\eta_i) &\neq 0 \end{aligned}$$

Desta forma, a matriz \mathbf{Z}_i ótima correspondente é dada por:

$$\mathbf{Z}_i = \begin{pmatrix} y_{i1} & x_{i1} & x_{i2} & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & y_{i1} & y_{i2} & x_{i1} & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & & \cdots & x_{i(T-1)} \end{pmatrix} \quad (3.24)$$

Assim, a partir das derivações contidas em (3.17) – (3.24), para a estimação dos modelos derivados de (3.16), vamos estimar um modelo de painel dinâmico da forma:

$$\mathbf{y}_{it} = \sum_{s=1}^m \alpha_i y_{i,t-s} + \mathbf{x}'_{it}\boldsymbol{\gamma} + \lambda_t + \eta_i + v_{it}, \quad t = 0, \dots, T_i - 1; i = 0, \dots, N - 1. \quad (3.25)$$

Conforme as mesmas definições em 3.17.

Utilizando uma notação matricial e definindo \mathbf{D} como uma matriz de variáveis *dummies*:

$$\mathbf{y}_i = \mathbf{X}_i\boldsymbol{\gamma} + \mathbf{D}_i\boldsymbol{\delta} + \mathbf{v}_i \quad i = 0, \dots, N - 1 \quad (3.26)$$

Os estimadores e testes presnetes em ARELLANO e BOND (1998) tem a seguinte forma:

$$\hat{\mathbf{M}} = [(\sum_i \mathbf{W}'_i \mathbf{Z}_i) \mathbf{A}_n (\sum_i \mathbf{Z}'_i \mathbf{W}_i)]; \quad (3.27)$$

$$A_n = (\sum_i Z_i' H_i Z_i)^{-1}; \quad (3.28)$$

$$\hat{\beta} = M^{-1} [(\sum_i W_i' Z_i) A_n (\sum_i Z_i' q_i)]; \quad (3.29)$$

$$\hat{\sigma}_u^2 = \frac{\hat{u}'\hat{u}}{n-p}; \quad (3.30)$$

$$\hat{u} = q - W\hat{\beta}; \quad (3.31)$$

Tendo como definição as seguintes variáveis:

Tabela 9: Formas de estimação de um painel

| | |
|-----|--|
| y | Variáveis dependentes |
| X | Regressores, incluindo variáveis dependentes defasadas |
| D | Variáveis <i>Dummies</i> |
| I | Instrumentos Normais |
| L | Instrumentos de “Nível” |
| G | Instrumentos <i>GMM-style</i> |

3.4.2 Base de Dados

Neste trabalho utilizou-se uma base de dados de empresas de software e serviços de tecnologia da informação, incentivadas por meio da Lei do Bem (nº 11.196/2005) nos anos de 2011 e 2012 (lembrando que as empresas usufruem do benefício fiscal por um ano e deduzem os incentivos neste mesmo ano de apuração, mas a análise da conformidade dos incentivos é avaliada em um período $t + 1$, isto é, no ano subsequente).

A amostra é composta de 217 empresas para o ano de 2012. Importante ressaltar que a base de dados foi tratada conforme a metodologia exposta na seção 3.1, ou seja, houve um trabalho consistente de preparação de todas as variáveis que entram no modelo em painel, sendo mister um escrutínio afinado na

consolidação dos valores, retirada de investimentos já apresentados em outros anos pela mesma companhia, avaliação de incentivos cruzados do tipo demandante-ofertante que juntos solicitam os incentivos em distintos CNPJ, dentre outras inconformidades e desbalanceamentos da base de dados.

Como variáveis de análise, seguiram-se inicialmente as abordagens de HALL, FORAY e MAIRESSE (2009), RAO (2013), BLOOM, GRIFFITH e REENEN (2002), e LOKSHIN e MOHNEN (2010), prevendo extensões e testes com outras variáveis levantadas na seção 3.1.

Em termos de softwares estatísticos para a estimação dos diversos modelos apresentados anteriormente, adotaremos o software OxMetrics versão 2013.

CAPÍTULO 4

APLICAÇÕES AOS CASOS REAIS

4.1. Aplicações às empresas beneficiárias da Lei do Bem – 2012

Do ponto de vista da análise dos projetos reais através da aplicação da metodologia exposta anteriormente, partimos de uma análise do total de projetos propostos no ano de 2012. Assim, foram recebidos pelo MCTI na área de TIC aproximadamente 1910 projetos, de um total de 217 empresas. Na tabela abaixo postamos um conjunto de indicadores selecionados sobre a Lei do Bem:

Tabela 10: Indicadores Selecionados – Aplicações Lei do Bem TIC – 2012

| VARIÁVEIS SELECIONADAS | |
|--|-------------------|
| Receita Líquida do Universo de Empresas Beneficiadas | R\$ 290,3 bilhões |
| Nº de Funcionários | 348.000 |
| Nº de Projetos de P&D | 1910 |
| Valor Total dos Projetos de P&D | R\$ 1,28 bilhões |
| Valor Total Gasto com RH | R\$ 705,3 milhões |
| Valor do Incentivo Pleiteado | R\$ 817,7 milhões |
| Valor do Incentivo Pleiteado em 2011 | R\$ 549,6 milhões |
| RH envolvido com P&D | 13.022 |
| RH com Pós-Graduação (MS ou DR) | 415 |
| % Projetos Reprovados usando SIED | 38% |
| Número de Empresas Beneficiadas | 217 |

Conforme podemos depreender, o montante de incentivos fiscais pleiteados alcança o valor de R\$ 817,7 milhões, sendo uma das áreas mais representativas em termos de montante de incentivos pleiteados no ano de 2012. No entanto, cabe destacar também o número díspar do total de recursos humanos com mestrado (MS) ou doutorado (DR) trabalhando nas áreas de P&D das empresas beneficiadas: de um total de 348.000 empregados em todas as empresas, vemos que 13.022 estão

dedicados a P&D (aproximadamente menos que 4% do total), sendo que somente 415 possuem títulos de pós-graduação *stricto sensu*. Estes dados podem evidenciar uma série de possibilidades de avaliação de impacto e explicações sobre a qualidade dos projetos, que abordaremos mais à frente.

Com o objetivo de avaliar os projetos, aplicamos tanto a metodologia para a inovação tecnológica, quanto para o P&D, pois como discutimos nos capítulos iniciais desta dissertação, pode haver projetos de P&D sem inovação tecnológica, assim como uma inovação tecnológica sem um projeto de P&D. Neste sentido, adotamos tanto o radar de P&D, quanto os quadrantes de inovação tecnológica.

Porém, como podemos depreender mais à frente com os casos reais colocados, poucas empresas apresentaram evidências robustas ou informações completas para a aplicação completa da metodologia, havendo um grande número de projetos que seriam rejeitados se aplicados todos os critérios expostos anteriormente. Uma das primeiras constatações deste trabalho indica a proposição ao governo brasileiro de uma reavaliação do conjunto informacional requerido das companhias que gozam dos incentivos fiscais, com vistas a obter um número ideal de informações para a tomada de decisão de um avaliador que aplique a metodologia ora proposta.

Para contornar este problema, partimos para uma avaliação de transição, construindo um conjunto de requerimentos e evidências que não seriam tão robustos e evidentes como a metodologia se propunha a avaliar, mas que apresentasse indícios para enquadramento do projeto como um projeto de P&D. Neste sentido, adotamos critérios mínimos tanto para o P&D, quanto para a inovação tecnológica. A tabela 11 resume a forma de aplicação dos níveis:

Tabela 11: Critérios Mínimos de enquadramento para projetos de P&D

| INDÍCIOS PARA ENQUADRAMENTO DE PROJETOS | | | |
|---|--|--|--|
| Indícios para enquadramento segundo a metodologia do PDI Soft | | | |
| Inovação tecnológica | Quadrantes de Inovação Tecnológica - QIT | PDISOFT 1 (P1) | Benchmarking de mercado ou resenha que demonstre a inovação tecnológica |
| P&D | Radar SIED | PDISOFT 2 (P2) | Explicitação de um desafio ou incerteza tecnológica E apresentar indícios de pelo menos 3 dos 4 elementos SIED: Sistemático, Investigativo, Experimental, Documentado. |
| Indícios para enquadramento segundo critérios mínimos de atendimento para os propósitos da Lei do Bem | | | |
| Inovação tecnológica | Mínimo 1 (M1) | Indícios de que foi desenvolvido ou utilizado um método, algoritmo, arquitetura ou ferramenta original. | |
| | Mínimo 2 (M2) | Indícios de que foi desenvolvido um novo produto, processo ou sistema. | |
| | Mínimo 3 (M3) | Indícios de introdução de novas funcionalidades ou características ao produto, processo ou sistema existente. | |
| P&D | Mínimo 4 (M4) | Indícios de atividade sistemática para o desenvolvimento do produto, processo ou sistema. | |
| | Mínimo 5 (M5) | Indícios de atividades investigativas ou experimentais, tais como a realização de testes não-rotineiros, análises, protótipos ou provas de conceito. | |
| Falta de Indícios | | | |
| Em qualquer caso | Insuficiência de indícios (I) | As descrições do formulário e do Anexo são insuficientes para se aplicar qualquer um dos critérios acima. | |
| Em qualquer caso | Ausência de informações (A) | Não existem descrições ou informações sobre os projetos. | |

Os critérios adotados dividem a lógica de avaliação entre projetos com caráter de inovação tecnológica e de P&D, sendo que há uma gradação entre o nível 1 (M1) para o caso da inovação tecnológica (indícios de que foi desenvolvido ou utilizado um método, algoritmo, arquitetura ou ferramenta original) até o nível 3 (M3) que se refere a indícios de introdução de novas funcionalidades ou características do produto, processo ou sistema existente.

Já no caso do P&D, adotamos uma escala de dois níveis: (M4) que enquadra indícios de atividade sistemática para o desenvolvimento do produto, processo ou sistema, e o nível M5 que busca evidências mínimas de que a empresa promoveu

atividades investigativas ou experimentais. Em não havendo qualquer evidência minimamente satisfatória, adotamos as notações de (I) insuficiência de indícios ou (A) ausência de informações.

Partindo desta matriz de enquadramento de projetos, passamos à análise de mais de 1900 projetos contidos nos planos de P&D das 217 empresas pleiteantes do incentivo fiscal. Assim, iremos abordar agora alguns casos reais de análise, mantendo o sigilo fiscal e de propriedade intelectual destes projetos e dos nomes das empresas envolvidas. Porém, os casos colocados são textos reais e análises reais que serviram de exemplo para a adoção da metodologia e de sua versão “transiente”. Dessa maneira, o quadro a seguir apresenta o primeiro exemplo de uma empresa do setor de equipamentos de telecomunicações, com a aplicação contendo 17 projetos de P&D. Primeiramente há uma pré-análise com relação ao número de projetos, o valor despendido em P&D e o valor despendido com recursos humanos (RH). No caso em tela, vemos que ocorreu um investimento de aproximadamente R\$ 4 milhões em P&D, sendo R\$ 3,1 milhões destes gastos com pessoal. Apenas 1 projeto não foi enquadrado conforme a metodologia de transição adotada.

É possível ver projetos que variaram de R\$ 25.000,00 a R\$ 450.000,00, sendo que alguns projetos obtiveram nota máxima nos quesitos da metodologia de transição, tendo notas M3 para inovação tecnológica e M5 para o P&D, como é o caso do projeto número 1. Importante frisar que a adoção da metodologia inicialmente proposta neste trabalho não pode ser aplicada, devido à insuficiência de informações para a avaliação mais acurada dos projetos. Como exemplo, as empresas que não atingiram os critérios observados para a aplicação da proposta metodológica, obrigatoriamente deveriam apresentar critérios mínimos, conforme os indícios expostos na Tabela 11. Além disto, conforme regulamentação infra legal da Lei do Bem, a empresa só deve ser reprovada se apresentar mais de 50% dos projetos com problema.

Tabela 12: Quadro de projetos de empresa do setor de equipamentos de telecomunicações

| PROJETOS PD&I | | | | | | | | | | |
|----------------|--|------------|------------|-----------------------|-----------|----------------------|---------------|--------------------|-----|--|
| Indicadores | | | | | | | | | | |
| | | | | Projetos apresentados | | Projetos enquadrados | | | | |
| 10 | Quantidade | | | 17 | | 16 | | | | |
| 11 | Valor total em R\$ | | | 4.069.005,40 | | 3.362.462,67 | | | | |
| 12 | Valor RH em R\$ | | | 3.084.731,03 | | 2.484.070,69 | | | | |
| 13 | Percentual de projetos enquadrados (qtde) | | | | | | | | 94% | |
| 14 | Percentual de projetos enquadrados (valor total) | | | | | | | | 83% | |
| 15 | Análise projeto a projeto | | | | | | | | | |
| Projeto número | Valores despendidos por projeto (R\$) | | | Critérios PDISOFT | | Critérios Mínimos | | Enquadra-se? (S/N) | | |
| | Total | RH | RH / Total | QIT (P1) | SIED (P2) | Inovação (M1 a M3) | P&D (M4 a M5) | | | |
| 1 | 130.155,35 | 107.710,56 | 83% | I | I | M3 | M5 | S | | |
| 2 | 74.181,60 | 71.200,38 | 96% | I | I | M2 | M5 | S | | |
| 3 | 72.678,95 | 38.904,47 | 54% | I | I | M3 | M5 | S | | |
| 4 | 348.088,81 | 199.517,42 | 57% | I | I | M2 | M4 | S | | |
| 5 | 66.170,05 | 53.658,05 | 81% | I | I | M2 | M5 | S | | |
| 6 | 243.542,97 | 229.395,30 | 94% | I | I | M2 | M5 | S | | |
| 7 | 84.265,14 | 65.935,85 | 78% | I | I | M2 | M5 | S | | |
| 8 | 49.153,65 | 43.991,58 | 89% | I | I | M3 | M4 | S | | |
| 9 | 438.597,57 | 120.800,45 | 28% | I | I | M2 | M5 | S | | |
| 10 | 25.680,95 | 7.368,48 | 29% | I | I | M2 | M5 | S | | |
| 11 | 193.933,24 | 166.781,50 | 86% | I | I | M2 | M5 | S | | |
| 12 | 399.858,85 | 303.092,39 | 76% | I | I | M2 | M5 | S | | |
| 13 | 257.851,64 | 257.851,64 | 100% | I | I | M3 | M4 | S | | |

Um exemplo avaliado se refere a uma empresa no setor de telecomunicações que alega em sua aplicação à Lei do Bem investimentos em P&D próximos a R\$ 20 milhões, enfocando projetos de baixa intensidade tecnológica. Neste caso, existem 8 projetos de P&D da empresa, com um valor total em recursos humanos de aproximadamente R\$ 7,2 milhões, ou seja, há forte indício de terceirização das atividades de P&D, o que exigiria uma maior descrição dos projetos de P&D.

Aplicando as metodologias QIT e SIED concluímos que apenas um projeto apresenta o enquadramento adequado P2 (projeto 3), sendo que os demais projetos foram analisados pela proposta metodológica de critérios mínimos, pela qual foram reprovados 5 projetos. Tais informações estão contidas na tabela 13 abaixo:

Tabela 13: avaliação dos projetos de P&D de empresa do setor de telecomunicações

| PROJETOS PD&I | | | | | | | | | | |
|----------------|--|--------------|------------|-----------------------|-----------|----------------------|---------------|--------------------|--|--|
| Indicadores | | | | | | | | | | |
| | | | | Projetos apresentados | | Projetos enquadrados | | | | |
| 10 | Quantidade | | | 8 | | 3 | | | | |
| 11 | Valor total em R\$ | | | 19.544.595,13 | | 4.627.583,78 | | | | |
| 12 | Valor RH em R\$ | | | 7.214.657,97 | | 3.084.364,08 | | | | |
| 13 | Percentual de projetos enquadrados (qtde) | | | | | | | 38% | | |
| 14 | Percentual de projetos enquadrados (valor total) | | | | | | | 24% | | |
| 15 | Análise projeto a projeto | | | | | | | | | |
| Projeto número | Valores despendidos por projeto (R\$) | | | Critérios PDISOFT | | Critérios Mínimos | | Enquadra-se? (S/N) | | |
| | Total | RH | RH / Total | QIT (P1) | SIED (P2) | Inovação (M1 a M3) | P&D (M4 a M5) | | | |
| 1 | 4.776.857,87 | 1.791.528,53 | 38% | I | I | M3 | I | N | | |
| 2 | 51.108,14 | 20.717,14 | 41% | I | I | M3 | I | N | | |
| 3 | 106.595,54 | 106.595,54 | 100% | I | P2 | M1 | M5 | S | | |
| 4 | 2.776.026,21 | 1.787.202,74 | 64% | I | I | M3 | M5 | S | | |
| 5 | 131.116,84 | 47.978,55 | 37% | I | I | M2 | I | N | | |
| 6 | 1.744.962,03 | 1.190.565,80 | 68% | I | I | M2 | M5 | S | | |
| 7 | 39.108,97 | 8.650,68 | 22% | I | I | I | I | N | | |
| 8 | 9.918.819,53 | 2.261.418,99 | 23% | I | I | M2 | I | N | | |

Como resumo das avaliações realizadas, conforme podemos constatar na próxima tabela, aproximadamente 63% do total de gastos foram referentes à contratação de serviços de terceiros, o que sugere, pelo valor alto para esta empresa, a existência de terceirização das atividades de desenvolvimento.

Outra informação relevante para o não enquadramento dos projetos da empresa como atividades de P&D diz respeito à inexistência de mestres e doutores

nas atividades de P&D, assim como a inexistência de qualquer atividade com Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs).

Tabela 14: avaliação dos projetos de P&D: empresa de telecomunicações

| DISPÊNDIOS | | |
|---|---|--|
| Informações | | S/N |
| 16 | A empresa tem atividades de P&D com ICTs? (item 7.1) | N |
| 17 | A empresa tem RHs pós-graduados (mestres ou doutores)? (item 7.8) | N |
| 18 | A empresa contratou novos pesquisadores? (item 7.9.2) | S |
| 19 | A empresa adquiriu equipamentos para P&D? (item 7.6) | N |
| 20 | A empresa terceirizou toda a atividade de P&D? | N |
| Problemas com dispêndios | | Observações |
| 21 | RH | |
| 22 | Serviços de terceiros (contratação de empresas) | |
| 23 | Material de consumo | |
| 24 | Serviços de apoio técnico | R\$ 12.329.937,15 PROBLEMA: Cerca de 63% dos dispêndios do projeto são com "serviços de apoio técnico" mas o valor tão elevado sugere ser, de fato, terceirização de boa parte do desenvolvimento. Não fica claro qual o papel das equipes próprias da empresa: especificar o sistema? Promover arquitetura? E as contratadas: o que está |
| 25 | Bens intangíveis | |
| 26 | Equipamentos | |
| 27 | Material permanente | |
| Conclusão | | % |
| 28 | Percentual de dispêndios com problemas (= valor dos problemas/valor total dos projetos) | 63% |
| Comentário: Os dispêndios parecem compatíveis com as atividades descritas, embora a maioria delas não demonstre evidências suficientes para ser caracterizada como P&D. | | |

4.2. Impactos da Lei do Bem

A partir da aplicação da metodologia para a avaliação dos projetos em P, D&I em software e serviços de TI, utilizou-se a base com as empresas com projetos aprovados e reprovados para comporem a base de dados com os indicadores ajustados.

Com o conjunto de empresas selecionadas e a base de dados tratada, vamos estruturar um painel completo com todas as firmas beneficiárias da Lei do Bem

que foram aprovadas na aplicação da metodologia exposta na seção 3.1. O objetivo será avaliar os determinantes para os investimentos em P.D&I realizados por estas firmas no ano de 2012.

Avaliaram-se os modelos e suas estimações referentes, calibrando-os com todas as informações reais. O objetivo é encontrar os melhores indicadores para um ajustamento adequado entre modelo e previsões de resultados.

Trazendo a equação (3.16) como síntese do modelo a ser adotado nesta seção, temos:

$$r_{it} = \lambda_t + \alpha l_{it} + \beta y_{it} - \gamma p_{it} + u_{it} \quad (3.16)$$

onde $r_{it} = \ln$ (investimentos em P&D de uma firma i , no ano t), $l_{it} = \ln$ (gastos com pessoal realizados pela firma i no ano t), $y_{it} = \ln$ (produto auferido pela firma i em t , medido e pela receita bruta anual), $p_{it} = \ln$ (custo de capital referente a atividades de P, D&I da firma i no ano t).

A partir do modelo descrito em (3.16), parte-se para a materialização das variáveis com a coleta dos dados na base das empresas incentivadas pela Lei do Bem. Tais bases de dados e periodicidades estão descritas na tabela 15 a seguir:

Tabela 15: Variáveis disponíveis para estimações

| Notação | Descrição | Periodicidade |
|----------------|--|---------------|
| y_{it} | Receita Líquida da firma i beneficiadas pelo incentivo fiscal no ano t | Anual |
| r_{it} (GPD) | Investimento em P, D&I pela firma i no ano t | Anual |

| | | |
|-----------------------|--|-------|
| l_{it} (GRH) | Despesas com Recursos Humanos nas atividades de P,D&I na firma i no ano t | Anual |
| p_{it} (NRH_PD) | Custo de Capital para atividades de P,D&I da firma i no ano t (utilizamos como proxy o número de recursos humanos alocados apenas em P&D) | Anual |
| r_{it-1} (GPDLAG1) | Investimento em P,D&I pela firma i no ano $t-1$ | Anual |
| DP_{it} (NPROJETOS) | Variável que registra o número absoluto de projetos de P&D para a firma i no ano t | Anual |

Com o conjunto de empresas selecionadas e a base de dados tratada, estruturou-se um painel completo com estimações em OLS, GMM e Efeitos Fixos. No caso da tabela anteriormente apresentada, como não se possuía os dados referentes ao custo de capital para P&D das firmas brasileiras da amostra utilizada, sendo inclusive variável de difícil mensuração na economia brasileira, adotaram-se algumas variáveis *proxies* para definir o custo de capital com P&D. Neste caso, definiu-se o número de recursos humanos alocados nas atividades de pesquisa e desenvolvimento (NRH_PD) como variável *proxy* para o custo de capital em P&D, baseados no fato de que na indústria de software e serviços de TI a grande parte do custo de P&D se refere à pessoal altamente qualificado contratado para a realização das atividades de pesquisa.

Assim, pode-se adotar um conjunto de modelos especificados em (3.16), derivações da proposta da tabela 15, partindo de uma técnica econométrica referente ao uso de logaritmos neperianos com o fito de reduzir valores *outliers* ou até mesmo prover a suavização de choques constantes nas séries, assim como permitir uma avaliação de elasticidades, por intermédio de variações percentuais obtidas pelos coeficientes calculados.

A Tabela 16 a seguir apresenta as estimações para um modelo OLS baseado em (3.16), considerando uma variável defasada para o investimento em P&D (Ln_GPDLAG1):

Tabela 16: Estimações para uma variante do modelo com método OLS

| Variável | Coefficiente | Desvio-Padrão | Prob. |
|------------|--------------|---------------|--------|
| Ln_GRH | 0.3841 | 0.090 | 0.0000 |
| Ln_Receita | 0.4925 | 0.068 | 0.0000 |
| Ln_GPDLAG1 | 0.0205 | 0.015 | 0.1943 |
| NRH_PD | 0.000629 | 0.0004 | 0.2000 |

Inicialmente, sem aplicar alguns testes estatísticos, pode-se avaliar que as variáveis são significativas a partir de um nível de confiança de 20% (“NRH_PD” e “Ln_GPDLAG1”), mas algumas observações podem ser trazidas à baila; uma ampliação de receita em 10% faz com que as firmas invistam em P&D aproximadamente 4,9%, o que sinaliza a forte correlação entre a ampliação da receita e os gastos em P&D. Outro ponto interessante diz respeito ao aumento do número de funcionários com a ampliação do gasto em P&D. Na média, um aumento de 10% nos gastos com funcionários tende a gerar uma ampliação dos gastos em P&D de aproximadamente 3,8%, ou seja, devido aos funcionários de maior valor agregado empregados nas atividades de P&D, 38% de uma possível ampliação dos gastos em RH são revertidos para as atividades de P&D. Interessante esta relação encontrada inicialmente, pois, a força de trabalho alocada em P&D representa 24%

do total de funcionários empregados pelas firmas que adotaram os benefícios da Lei do Bem, mas os gastos em RH no P&D tendem a abocanhar 38% dos gastos gerais com RH na média das empresas em análise.

Apesar das observações obtidas com a seção anterior que buscou enquadrar os projetos de P&D com base em proposta de abordagem metodológica proposta neste trabalho, há uma primeira abordagem que demonstra que os efeitos dos incentivos fiscais “empurram” as empresas a gerarem investimentos de P&D, mesmo que boa parte destes investimentos não necessariamente se remeta a projetos na fronteira do conhecimento ou a um P&D com alto valor agregado.

Buscando avaliar tais indícios a partir de estimações estatísticas mais robustas, há a adoção de um modelo GMM descrito em capítulo a parte deste trabalho. Adotamos como variável instrumental o quantitativo de pessoal empregado em P&D (NRH_PD), sendo que estimamos vários tipos de modelos, com a o melhor ajuste sendo dado para o seguinte modelo:

$$r_{it} = \alpha l_{it} + \xi y_{it} + u_{it} \quad (4.1)$$

$$l_{it} = \alpha + \kappa NRH_PD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.2)$$

sendo uma forma reduzida proposta em (3.16). Os resultados estão na tabela 17 abaixo:

Tabela 17: Estimações por GMM

| Equações/Coefficientes | Instrumentos Viáveis/Resultados |
|--|--|
| $r_{it} = \alpha l_{it} + \xi y_{it} + u_{it}$ | NRH_PD |
| $l_{it} = \alpha + \kappa NRH_PD_{it} + \varepsilon_{it}$ | $E[corr\{\varepsilon_{i1}, u_{i1}\} \neq 0]$ |
| Ln_receita | 0.4686 (0.000) |
| Ln_GRH | 0.445 (0.000) |

Kernel/Bartlett (ok)**Prewhitening Simultaneous (ok)**

Os resultados se assemelham aos conseguidos através da aplicação da metodologia de OLS, sendo que, no caso da estimação por GMM é possível observar que uma ampliação média de 10% na receita das firmas do conjunto estudado, há uma ampliação dos gastos em P&D em 4,6%, em contraposição a 3,8% estimado por meio da metodologia OLS (os testes de Kernel e Prewhitening aprovam o modelo estimado).

Seguindo o raciocínio de estimações com modelos econométricos diferentes, partimos para uma estimação de um painel com efeitos fixos, conforme também já exposto em capítulo anterior. Adota-se o modelo proposto integralmente em (3.16), com uma estimação por efeitos fixos, sendo uma estimação sem pesos nas variáveis *cross-section* e outra estimação por *pooled* EGLS (*cross-section weights*). Como os resultados foram próximos, mas com ligeira vantagem estatística para o modelo EGLS, a tabela 18 apresenta os resultados da estimação:

Tabela 18: Estimações para um modelo com método Painel-Efeitos Fixos (EGLS)

| Variável | Coefficiente | Desvio-Padrão | Prob. |
|----------------------------------|--------------|---------------|--------|
| Constante | 7.412050 | 0.222278 | 0.0000 |
| Ln_Receita | 0.213659 | 0.010665 | 0.0000 |
| Ln_GRH | 0.216116 | 0.010121 | 0.0000 |
| NRH_PD | 0.002780 | 0.000225 | 0.0000 |
| Efeitos Fixos (Cross) | 4.64E-15 | | |
| _LN_RECEITA--C | | | |

_LN_GPD--C

_LN_GPDLAG1--

C

_LN_GRH--C

_NRH_PD--C

R² = 0,74

F-value = 0.000

DW Test = ok

Pela tabela anteriormente apresentada, podemos avaliar que todos os coeficientes são significativos, tanto individualmente, quanto no conjunto (testes de significância individuais e F-value). Interessante notar que os coeficientes estão alinhados em valores às expectativas com relação ao referencial teórico deste trabalho. No caso da Lei do Bem brasileira, podemos ver que um acréscimo de 10% nas receitas das empresas beneficiadas gera um investimento adicional de 2,1% em P&D, na média. De semelhante modo, uma ampliação média de 10% nos gastos com RH ampliam em 2,2% os gastos com P&D, demonstrando um fato diferente: enquanto as estimações anteriores indicavam uma ampliação mais consistente e ampla dos gastos com pessoal em P&D em comparação aos demais RHs de outras áreas das firmas, no caso em tela vemos uma convergência entre os valores médios aplicados em pessoal empregado em P&D e as estimações do modelo, o que pode sugerir dois fenômenos;

- i. Como o P&D realizado pelas firmas não contém um valor agregado muito alto, não seria necessária a contratação de mestres e doutores com remuneração média mais alta, optando-se por graduados e técnicos com atividades mais voltadas para desenvolvimento;
- ii. Devido à maturidade das firmas de capital nacional e a existência de centros de P&D das multinacionais em outros países que não o Brasil, as atividades de P&D ainda são colocadas em segundo plano, servindo

apenas para ampliar as áreas de desenvolvimento de boa parte das firmas, não sendo necessária a contratação de pessoal altamente especializado. Tal fenômeno pode estar também ligado ao fato da proibição dos gastos com terceiros serem realizados com firmas grandes que possuem estruturas de P&D mais robustas, o que indica também que uma parte relevante das firmas opta por terceirizar suas atividades de P&D (o que também reforça o argumento de atividades de desenvolvimento mais “puras”, sem a necessidade de pessoal altamente qualificado).

Por fim, seguindo na estimação de modelos derivados do proposto em (3.16), adotamos um modelo que busca correlacionar as seguintes variáveis, invertendo a lógica de causalidade de Granger:

$$y_{it} = \lambda_t + \alpha l_{it} + \psi r_{it} - \gamma p_{it} + u_{it}$$

Sendo $r_{it} = \ln$ (investimentos em P&D de uma firma i , no ano t), $l_{it} = \ln$ (gastos com pessoal realizados pela firma i no ano t), $y_{it} = \ln$ (produto auferido pela firma i em t , medido pela receita bruta anual), $p_{it} = \ln$ (custo de capital referente a atividades de P,D&I da firma i no ano t).

Com base nos dados coletados, temos as seguintes estimativas pelo método OLS, apresentadas abaixo:

Tabela 19: Estimações para uma variante do modelo com método OLS

| Variável | Coefficiente | Desvio-Padrão | Prob. |
|------------|--------------|---------------|--------|
| Ln_GRH | -0.188380 | 0.065928 | 0.0047 |
| Ln_GPD | 1.434265 | 0.063348 | 0.0000 |
| Ln_GPDLAG1 | 0.002684 | 0.024434 | 0.9126 |

| | | | |
|---------------|-----------|----------|--------|
| NRH_PD | -0.001846 | 0.001234 | 0.1361 |
|---------------|-----------|----------|--------|

Conforme é possível depreender, alguns dos coeficientes calculados não são estatisticamente significativos, isto é, as variáveis “Ln_GPDLA1” (não significativa) e a variável “NRH_PD” só serão significativas a partir de 13% de probabilidade no intervalo de confiança. Uma das possíveis explicações pode se referir ao grande conjunto de empresas que aplicaram a partir do ano de 2012, reduzindo o potencial de impacto da variável que busca captar o valor defasado dos investimentos em P&D.

Por outro lado, quando se observa os coeficientes gerados para as demais variáveis, é possível concluir que os investimentos em P&D tem forte impacto na geração adicional de receita. Na média, para cada 10% de investimento incremental em P&D, as empresas avancam a receita em 14,3%. Obviamente que a variável GRH possui sinal negativo neste caso: um incremento nos gastos com pessoal em 10% reduz a receita das firmas, na média, em 1,8%, como uma relação direta de causalidade entre a ampliação de uma despesa e a conseqüente redução da receita. Porém, tais conclusões ficam comprometidas haja vista a existência de variáveis não significativas e outros testes estatísticos que inviabilizam o modelo estimado.

Assim, optou-se por preservar o modelo adotado em (3.16), conforme o próprio referencial teórico já indica, como o principal modelo de avaliação inicial do impacto dos incentivos para P&D previstos na Lei do Bem.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

A presente dissertação teve como objetivos inicialmente desenhados (i) prover uma proposta de abordagem metodológica para a avaliação de atividades de P&D na área de software e serviços de TI, em especial para as empresas beneficiárias dos incentivos fiscais para P&D previstos na Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005); (ii) aplicar a proposta metodológica no conjunto de empresas que pleitearam o benefício no ano de 2012, perfazendo um total de 217 empresas de diversos segmentos econômicos (petróleo, aeronáutico, bancos telecomunicações, etc), totalizando 1910 projetos de P&D distribuídos; e (iii) construir um modelo de avaliação dos impactos da Lei do Bem em uma perspectiva mais ampla, tentando encontrar relações entre as variáveis capturadas pelos gestores públicos com a apresentação da prestação de contas de aplicação dos projetos realizada pelas 217 firmas pleiteantes do benefício.

A partir da literatura nacional e internacional sobre o tema, realizou-se uma combinação de diferentes experiências internacionais e referenciais teóricos distintos, misturando elementos de indicadores de avaliação de processos e resultados de P&D e inovação, bem como ferramentas de engenharia de software na área de qualidade e mensuração de variáveis intangíveis (*v.g.*, GQM), com o fito de desenvolvermos uma proposta de abordagem metodológica que identificasse com maior precisão o que venha a ser um projeto de P&D enquadrável para fins legais. Neste tocante, após observarmos a literatura internacional e a atuação de alguns *policy makers*, com destaque para Canadá, Israel e Austrália, partiu-se de uma matriz de gestão do conhecimento e da inovação que se traduzia em 3 eixos iniciais: caracterização sistemática, investigativa e experimental. Acrescentou-se, devido à realidade brasileira, o eixo para uma caracterização também documentada, compondo a proposta de abordagem metodológica que se denominou SIED. A avaliação dos projetos partiu de uma base em dois focos: avaliação do esforço de P&D e a avaliação da existência da inovação tecnológica.

Ao ser aplicada a abordagem com os eixos de evidenciação e o conjunto de métricas e indicadores que geravam evidências, observou-se que um grande conjunto de projetos seria reprovado, ora por não apresentar indícios mínimos ou documentação adequada para o entendimento dos técnicos sobre o projeto de P&D, ora por não haver uma obrigatoriedade de preenchimento por parte da empresa que explicitasse qual a incerteza tecnológica a ser resolvida. Dada esta realidade no conjunto de dados fornecidos pelas empresas, teria-se um índice muito alto de reprovação dos projetos, o que exigiu uma espécie de “matriz de transição”, ou seja, construiu-se um conjunto de indícios mínimos, tanto para o bloco referente ao esforço de P&D, quanto para o da inovação tecnológica.

Assim, como conclusão, avaliaram-se os 1910 projetos, sendo que aproximadamente 40% dos projetos foram reprovados por insuficiência na caracterização dos indícios que justificassem o enquadramento do projeto como uma atividade de P&D, em que pese a adoção de uma “matriz de transiente” para permitir uma metodologia que contemplasse minimamente os indícios de atividades de P&D e inovação tecnológica. Alguns pontos chamam atenção nestas avaliações realizadas: há um grande número de projetos que muitas vezes não são adequadamente apresentados ou até mesmo há fortes indícios de enquadramento em atividades de P&D de atividades rotineiras, meros desenvolvimentos de software ou manutenção e *debugging* de baixo valor agregado.

Outra conclusão interessante remonta a necessidade de se concluir uma abordagem metodológica final para ser utilizada como referência pelo setor privado. A proposta deste trabalho é o passo inicial para a construção de uma metodologia básica a ser utilizada como uma espécie de guia pelo setor privado, bem como pode ser mais bem refinada para apoiar a avaliação por parte dos funcionários do MCTI. Apesar do grande número de projetos reprovados, assim como pela necessidade de se enquadrar de forma mais apropriada os projetos que auferem os benefícios da Lei, é notável que existam bons projetos e que o próprio amadurecimento da indústria brasileira em utilizar um benefício fiscal que completa 8 anos de vigência tem sido visto pelo crescimento do número de empresas que se beneficiaram e a existência de projetos com maior grau de complexidade. Nesta direção, como possíveis trabalhos futuros para esta parte da dissertação, faz-se mister destacar:

- i. Refinamento da proposta metodológica, com a inclusão de maior profundidade de indicadores, nos moldes da própria evolução do GQM e técnicas de qualidade de software;
- ii. Construção de ferramenta com possibilidades de usos de técnicas como ontologias, *machine learning*, dentre outras, com vistas a desenvolver um modelo que apoie a tomada de decisão do avaliador, a partir das informações prestadas pelas empresas pleiteantes do benefício fiscal.

Na segunda parte do trabalho adotou-se uma avaliação de impacto mais agregada do conjunto de empresas beneficiárias pela Lei do Bem. Assim, partiu-se de um referencial teórico que anelava correlacionar os incentivos fiscais e a adoção de investimentos privados em P&D por firmas de diferentes países. No caso em tela, fez-se determinante a inexistência de uma série histórica mais rica e granular das informações das firmas pleiteantes ao benefício. Apenas para citar, em 2010 foram 46 firmas com P&D na área de software e serviços de TI, 128 firmas em 2011 e 217 empresas em 2012, sendo que não necessariamente as firmas de 2010 aplicaram para 2011 e 2012. Talvez por isso qualquer tentativa de buscar variáveis defasadas como explicativas de parte dos modelos propostos não funcionou muito bem, sendo que se estimaram diferentes modelos empíricos a partir de diferentes técnicas econométricas e estatísticas (OLS, GMM, EGLS e Efeitos fixos).

Como resultado pode-se ver que na média, para uma ampliação na receita das firmas em 10%, há um investimento adicional em P&D de 2,1%, ou seja, quase 21% do incremento de receita é alocado, na média, em atividades de P&D. De semelhante modo, um incremento médio de 10% nos gastos com pessoal de toda a organização, há um incremento de 2,2% nos gastos com RH envolvido com as atividades de P&D. Tais resultados estão na linha do referencial teórico apresentado, com a diferença de que países com maior tradição e histórico de firmas inovadoras apresentam coeficientes mais altos para as relações encontradas nesta seção do presente trabalho.

Apesar dos resultados relevantes referentes à importância da existência dos incentivos fiscais para P&D, faz-se premente identificar que o P&D realizado pelas

firmas não contém um valor agregado muito alto, o que pode ser observado também pela baixa contratação de mestres e doutores com remuneração média mais alta, o que contrasta com o número de recursos humanos empregados em P&D e o valor *per capita* médio gasto por empregado alocado nas atividades de P&D. Conforme já foi abordado, existem projetos de alto valor agregado apresentados tanto por firmas de capital nacional, quanto por multinacionais, mas grande parte dos projetos é referente às atividades de menor valor agregado, muitas vezes se confundindo com atividades de manutenção ou serviços de TI de baixo valor agregado.

Como possíveis desdobramentos deste trabalho, indicariamos uma ampliação do número de empresas beneficiárias da Lei do Bem, além das empresas com atividades focadas em TI, objetivando as seguintes análises:

- i. Estimacões das análises de custo-benefício, dando destaque para uma avaliação de funções de bem-estar social, comparando se os resultados e custos dos incentivos fiscais de fato geram benefícios na medida e proporção dos incentivos oferecidos (em termos de salários, renda adicional, inovações, etc);
- ii. Estimacões incluindo a base de dados brasileira nas bases de dados internacionais utilizadas por alguns autores citados, buscando comparar o incentivo fiscal e o investimento em P&D no Brasil com demais firmas em países que adotam políticas semelhantes (França, Alemanha, Austrália, EUA, Canadá, dentre outros). O objetivo seria avaliar se os custos no Brasil, em comparação com outros tesouros nacionais, geram resultados satisfatórios em perspectiva internacional comparada.

Por fim, à guisa de conclusão, asseveramos os objetivos de construção de um escopo inicial de uma abordagem de apresentação e avaliação de projetos de P&D na indústria de TI, com vistas ao usufruto de incentivos fiscais por firmas localizadas no Brasil. Ademais, aplicamos tal metodologia em mais de 217 empresas, 1910 projetos de P&D, buscando estabelecer uma relação mais próxima

sobre atividades de P&D e o que outros gestores públicos em diferentes países adotam como referencial de análise para tais modelos de incentivos fiscais. Concluiu-se que há um número de projetos de alto valor agregado, mas a grande maioria ainda se situa em patamar inicial de desenvolvimento, tendo sido necessária a criação de uma espécie de “matriz de transição” para adequar minimamente projetos que atendessem os critérios definidos inicialmente neste trabalho. Na segunda parte, analisou-se o impacto do uso de tais incentivos, reunindo as informações no nível da firma, gerando estimações de impacto, na média, para as empresas beneficiárias do incentivo fiscal.

Como conclusão geral, o incentivo fiscal é importante para a tomada de decisão de investimento em P&D das empresas localizadas no Brasil, porém, faz-se mister uma utilização maior em atividades de maior valor agregado em termos de P&D, reforçando o ciclo de gestão de inovação das empresas que operam no mercado brasileiro. Acreditamos que a metodologia proposta, por ser pioneira e extremamente relevante para a indústria de TI, pode ser aperfeiçoada e servir de referencial teórico para todas as empresas que almejam utilizar os benefícios da Lei do Bem no tocante aos seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- [1] ACEMOGLU, D., UFUK A., BLOOM, N. e KERR, W. Innovation, Reallocation and Growth. **NBER Working Papers** nº 18993, National Bureau of Economic Research, 2013.
- [2] ARELLANO, M. e BOND, S. Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. **Review of Economic Studies**. Wiley Blackwell, v. 58, p. 277-97, abr 1991.
- [3] ALTSHULER, R. A Dynamic Analysis of the Research and Experimentation Credit. **National Tax Journal**, v. 41, p.453-466, 1988.
- [4] AUSTRALIAN GOVERNMENT. **Guide to the R&D Tax Concession. Parte B Research and development activities. Versão 4.3.** 2010. Disponível em: <http://www.ausindustry.gov.au/programs/innovation-rd/RD-TaxConcession/Documents/GuideToRDTaxConcessionPartB.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2013.
- [5] BLOOM, N., R. GRIFFITH, e J. V. REENEN. Do R&D Tax Credits Work? Evidence from a Panel of Countries 1979-97. **Journal of Public Economics**, v. 85, p.1-31, 2002.
- [6] BREMSER, W. G. e BARSKY, N. P. Utilizing the balanced scorecard for R&D performance measurement. **R&D Management**, v. 34, p. 229-238, 2004.
- [7] BRYNJOLFSSON, E. e MCAFEE, A. **Race Against The Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy.** Digital Frontier Press, 2011.
- [8] CANADA, CRA. **SR&ED Draft Policy on the Eligibility of Work for SR&ED Investment Tax Credits.** CRA's SR&ED Policy Review Process, KPMG Submission, ago 2011.
- [9] CRÉPON, B., E. DUGUET, e J. MAIRESSE. Research, Innovation, and Productivity: An Econometric Analysis At the Firm Level. **Economics of Innovation and New Technology**, v. 7, p 115-156, 1998.
- [10] De BES, F. T. & KOTLER, P. **A Bíblia da Inovação.** 1ª ed. São Paulo: Lua de Papel [Leya], 2011.
- [11] EISNER, R., ALBERT, S. H. e SULLIVAN, M.A.. The new incremental tax credit for R&D: incentive or disincentive? **National Tax Journal**, v. 37, p. 171-183, 1984.

- [12] FERREIRA, H., CASSIOLATO, M. & GONZALEZ, R. **Uma experiência de desenvolvimento metodológico para avaliação de programas: o modelo lógico do Programa Segundo Tempo** - Texto para discussão. Rio de Janeiro: IPEA, 2009.
- [13] FRANCE. The Research Tax Credit 2008. 2009. Disponível em <http://media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/CIR/18/1/CIRanglais08_33181.pdf>. Acesso em 20 mar. 2013.
- [14] FURTADO, A. & QUEIROZ, S. A construção de indicadores de inovação. **Inovação Uniemp**, v. 2, p. 26-28, 2005.
- [15] GAO, V. **The Research Tax Credit's Design and Administration Can Be Improved**. Washington, DC: United States Government Accountability Office, 2009.
- [16] GEISLER, E. The metrics of technology evaluation: where we stand and where we should go from here. In: 24th **Annual Technology Transfer Society Meeting**, 1999, s.l.
- [17] GODIN, B. The Emergence of Science and Technology Indicators: Why Did Governments Supplement Statistics With Indicators? **Research Policy**, v. 32, p. 679-691, 2003.
- [18] GODIN, B. *The Making of Statistical Standards: the OECD and the Frascati Manual, 1962- 2002*, Montreal: INRS, 2008.
- [19] HALL, B. H. Industrial Research During the 1980s: Did the Rate of Return Fall? **Brookings Papers on Economic Activity**, v. 2, p.289-343, 1993a.
- [20] _____Tax Policy and the Economy. In. **R&D Tax Policy during the Eighties: Success or Failure?** v. 7, p. 1-35. MIT Press, 1993b.
- [21] HINES, J. Studies in International Taxation. In. **On the Sensitivity of R&D to Delicate Tax Changes: The Behavior of US Multinationals in the 1980s**, v. 1, p. 149-187. University of Chicago Press, 1993.
- [22] IPTS. *The 2012 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, Seville: Joint Research Center* - Institute for Prospective Technological Studies, 2013.
- [23] JARUZELSKI, B.; LOEHR, J.; HOLMAN, R. *Global Innovation 1000: Making ideas work*. strategy + business magazine, BOOZ & CO. Winter 2012. Disponível em: http://www.booz.com/media/uploads/BoozCo_The-2012-Global-Innovation-1000-Study.pdf. Acesso em: 08 ago. 2013.
- [24] KATZ, R.L. **La Contribución de las tecnologías de la información y las comunicaciones al desarrollo económico: propuestas de América Latina a los retos económicos actuales**. Madrid, Espanha: Ariel, 2009.

- [25] KIRSCHBERG, E. Measuring Software R&D in Israel. In: **KNOWINNO/INNOSEV project: R&D and innovation in services – Second expert meeting agenda**. Paris, OECD, 2012.
- [26] KOSTOFF, R. N. **Science and Technology Metrics**. Arlington, VA. USA: Office of Naval Research. s.d. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.98.9283>. Acesso em: 01 jul. 2013.
- [27] LOKSHIN, B. e P. MOHNEN. Measuring the effectiveness of R&D tax credits in the Netherlands. **UNU-MERIT working paper** n° 2007-025, 2007.
- [28] LOURAL, C. A. **Conceitos de pesquisa, desenvolvimento e inovação e o problema de identificação e mensuração de P&D em software**. Campinas: Relatório para a UNESCO, 2013.
- [29] MANSFIELD, E. The R&D Tax Credit and Other Technology Policy Issues, **American Economics Review**, v. 76, p. 190-194, 1986.
- [30] MCTI, 2010. **Indicadores Nacionais de Ciência e Tecnologia [2000-2010]**. 2010. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/740.html>> Acesso em 18 mar. 2013.
- [31] MISRA, S., KUMAR, V., KUMAR, U., MISHRA, R. Goal-driven measurement framework for software innovation process. **Journal of Information Technology Management**. V. 16, p. 30-42, 2005.
- [31] OECD. (2013) – *Main Science and Technology Indicators 2012/2*, jan 2013. Disponível em: <www.oecd.org/sti/msti>. Acesso em 18 mar. 2013.
- [33] PALAZZI, P. *Taxation and Innovation, OECD Taxation Working Papers*, n° 9, OECD Publishing. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/5kg3h0sf1336-en>. Acesso em: 21 mar. 2013.
- [34] PINHEIRO, A. M. **Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) Inovação e serviços intensivos em conhecimento: o que os indicadores retratam e o que poderiam revelar**. 2011. 158 f. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, UFRJ, Rio de Janeiro, março/2011.
- [35] RAO, N. **Do Tax Credits Stimulate R&D Spending? The Effect of the R&D Tax Credit in its First Decade**. 2013. Disponível em <http://ssrn.com/abstract=2272174> ou <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2272174>. Acesso em: 08 jan. 2014.
- [36] SALLES FILHO, Sérgio et al. Impact assessment of ICT Policy: analysis of the industrial and incentive policy for innovation in the Brazilian ICT sector. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 11, p. 191-218, 2010.

- [37] SAMSONOWA, T. *Industrial Research Performance Management: Key Performance Indicators In the ICT Industry*, Heidelberg: Physica Verlag (Springer), 2012.
- [38] SHAW, M. What Makes Good Research in Software Engineering? ETAPS 2002, Grenoble, France. 2002. Disponível em: <http://marian.shawweil.com/displaypaper.php?PAPER_ID=11&header=http://spoke.compose.cs.cmu.edu/shaweb/p/pubstop.txt&trailer=http://spoke.compose.cs.cmu.edu/shaweb/p/pubstop.txt&admin=yes>. Acesso em: 13 mai. 2013.
- [39] SIRKIN, H. *Innovation Is Not Just About R&D*. BusinessWeek, the Management Blog. Fev, 2013. [Disponível em]: <<http://www.businessweek.com/articles/2013-02-05/innovation-is-not-just-about-r-and-d>> Acesso em: 13 mai. 2013.
- [40] SOFTEX. Software e Serviços de TI: a indústria brasileira em perspectiva. Observatório SOFTEX. Volume 2, 2012. Disponível em: <<http://publicacao.observatorio.softex.br/publicacoes/download2012.php>>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- [41] TEECE, D. J. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, v. 15, p. 285-305, 1986.
- [42] UK HMR&C, 2004. CIRD81960 - **R&D tax relief: conditions to be satisfied: BIS Guidelines (2004) - application to software**. Disponível em: <http://www.hmrc.gov.uk/manuals/cirdmanual/cird81960.htm>. Acesso em 20 mar. 2013.
- [43] WILSON, D. J. Beggar Thy Neighbor? The In State, Out of State, and Aggregate Effects of R&D Tax Credits. *Review of Economics and Statistics*, v. 92, p. 431-36, 2009.
- [44] ZACKIEWICZ, M. *Estudos de Margem de Preferência para Software Nacional*. Campinas: Relatório para a UNESCO, 2013.