

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ECONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**Domitila Santos Bahia**

**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO, CAPITAL DE CONHECIMENTO E  
ESTRUTURA PRODUTIVA: OS EFEITOS DO PROGRAMA DE SUBVENÇÕES  
ECONÔMICAS À INOVAÇÃO NO BRASIL**

JUIZ DE FORA  
2019

Domitila Santos Bahia

**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO, CAPITAL DE CONHECIMENTO E  
ESTRUTURA PRODUTIVA: OS EFEITOS DO PROGRAMA DE SUBVENÇÕES  
ECONÔMICAS À INOVAÇÃO NO BRASIL**

Tese apresentada ao curso de Doutorado em  
Economia da Faculdade de Ciências  
Econômicas da Universidade Federal de Juiz  
de Fora, como requisito parcial à obtenção do  
Título de Doutor em Economia.

Orientador: Dr. Eduardo Gonçalves  
Coorientador: Dr. Admir Antônio Betarelli Jr.

JUIZ DE FORA  
2019

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Bahia, Domitila Santos.

Pesquisa e desenvolvimento, capital de conhecimento e estrutura produtiva : Os efeitos do Programa de Subvenções Econômicas à inovação no Brasil / Domitila Santos Bahia. -- 2019.

154 f. : il.

Orientador: Eduardo Gonçalves

Coorientador: Admir Antônio Betarelli Junior

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia. Programa de Pós-Graduação em Economia, 2019.

1. Subvenções econômicas. 2. Políticas de inovação. 3. Equilíbrio geral computável. I. Gonçalves, Eduardo, orient. II. Betarelli Junior, Admir Antônio, coorient. III. Título.

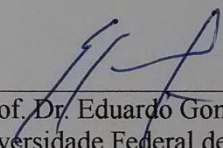
DOMITILA SANTOS BAHIA

**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO, CAPITAL DE CONHECIMENTO E  
ESTRUTURA PRODUTIVA: OS EFEITOS ECONÔMICOS DO PROGRAMA DE  
SUBVENÇÕES ECONÔMICAS À INOVAÇÃO NA ECONOMIA BRASILEIRA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-  
graduação em Economia, da Universidade  
Federal de Juiz de Fora como requisito parcial  
a obtenção do grau de Doutor em Economia  
Área de concentração: Economia

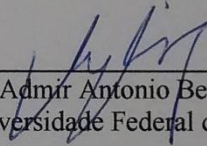
Aprovada em: 15/04/2019

BANCA EXAMINADORA



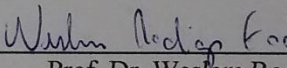
---

Prof. Dr. Eduardo Gonçalves - Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)



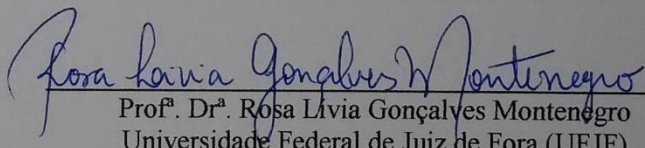
---

Prof. Dr. Admir Antonio Betarelli Junior - Coorientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)



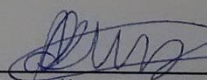
---

Prof. Dr. Weslem Rodrigues Faria  
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)



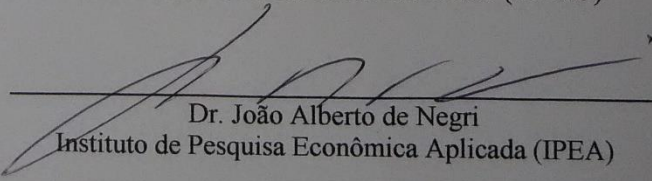
---

Prof. Dr.ª Rosa Livia Gonçalves Montenegro  
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)



---

Prof. Dr.ª Aline Souza Magalhães  
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)



---

Dr. João Alberto de Negri  
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)

Para Letícia, sempre o melhor de mim.

## AGRADECIMENTOS

O êxito em ter terminado essa etapa de minha formação não é somente devido a mim mesma. Compartilho com toda minha família, com meus amigos, meus professores e todos aqueles que doaram um pouco de si e contribuíram de alguma maneira para que eu conseguisse finalizar esta Tese. Agradeço sobretudo a Deus, por ter me dado fé e perseverança durante esses anos.

Agradeço de modo especial aos meus pais, por terem me apoiado na decisão de seguir a vida acadêmica, mesmo sabendo dos desafios do por vir, que foram muitos e ainda serão. Mas sabendo que se tem com quem contar, tornam-se menos assustadores.

Aos amigos de longa data, obrigada por terem compreendido minhas inúmeras ausências. Aos amigos de jornada acadêmica, obrigada por me ajudarem, me divertirem, compartilhar momentos de alegria, dividirem os cafés, algumas madrugadas, muitas angústias e todo tipo de erro que pode ocorrer durante estimações e simulações!

Agradecerei sempre a orientação que recebi de meu orientador, Eduardo, cujo apoio e confiança podem ser vistos em cada linha deste trabalho. Bem como serei sempre grata a todos os auxílios, conselhos e ensinamentos recebidos de meu coorientador, Admir, tão essenciais na conclusão desta Tese e do meu período de doutoramento.

Aos demais professores do PPGE/UFJF, agradeço de coração por tudo o que me ensinaram, dentro e fora de sala de aula. Aos funcionários da Pós-Graduação, da Faculdade de Economia e da Universidade Federal de Juiz de Fora, obrigada por tornarem melhor meu cotidiano.

Parte da realização desta pesquisa envolve ter obtido ajuda de funcionários da Finep, que, com toda a presteza, me forneceram dados e várias informações, sem as quais esta Tese estaria incompleta. Agradeço particularmente a Ricardo Luiz do Nascimento, que cedeu parte de seu tempo para sanar muitas de minhas dúvidas.

## RESUMO

Incentivos fiscais, subsídios, despesas públicas e outras formas de apoio do capital público para pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) têm se tornado instrumentos de política recorrentes no Brasil e em diversas economias mundiais. Subjacente ao fomento público em P,D&I está o reconhecimento dos canais de impactos positivos gerados pela produção de conhecimento. O novo conhecimento amplia o estoque de capital, reduz os custos unitários de produção e reforça as tendências competitivas de certas atividades setoriais de um sistema produtivo, tanto no mercado interno quanto no externo. Dessa maneira, esta Tese desenvolve um modelo de equilíbrio geral computável dinâmico capaz de lidar com essas relações sistêmicas, especialmente entre conhecimento e sistema produtivo. O modelo traz inovações ao incorporar em sua estrutura teórica e aplicada a relação estoque-fluxo entre investimento de P&D e capital de conhecimento setorial, que pressupõe uma defasagem de um ano nas soluções recursivas. Assim como os investimentos para a formação bruta de capital fixo, investimentos em P&D apresentam uma relação positiva com a taxa de retorno esperada. Inédita no Brasil, essa construção teórica do modelo permite avaliar o papel do fomento público em P,D&I nos efeitos econômicos que se projetam à economia brasileira. Nessa variante e como forma de explorar algumas potencialidades analíticas do modelo desenvolvido, essa Tese analisa os impactos econômicos da política de subvenções de produção concedidas e vinculadas às atividades econômicas de inovação tecnológica. Os resultados indicam que as subvenções associadas a projetos de inovação geram ganhos do capital de conhecimento – exemplificado pelo conjunto de conhecimentos, técnicas aprendidas, procedimentos e inovações, que resultam num valor intangível das empresas e organizações – na economia brasileira e para atividades produtivas que não são diretamente atendidas pela política de subvenção, cujos efeitos indiretos advêm das transmissões estabelecidas pelos canais intersetoriais do sistema econômico. Similarmente a resultados de outros trabalhos empíricos, foram encontrados efeitos positivos no tangente à ampliação do esforço inovativo das empresas beneficiárias de algum tipo de programa legal em relação às empresas não beneficiárias. Assim, a ausência desta forma de fomento público, além de afetar negativamente os diversos mercados de bens e serviços e de fatores primários na economia, levaria a uma retração das atividades industriais de maior intensidade tecnológica, penalizando a base tecnológica de empresas que mais inovam no país. A capacidade produtiva, medida principalmente pelo estoque de capital físico e de

conhecimento, bem como os respectivos fluxos de investimento, seriam minorados e aprofundariam a retração econômica do país no longo prazo.

**Palavras-chave:** Subvenções econômicas. Políticas de inovação. Equilíbrio Geral Computável.



## ABSTRACT

Fiscal incentives, subsidies, public expenditures and other forms of public capital support for research, development and innovation (P,D&I) have become recurrent policy instruments in Brazil and in various world economies. Underlying the public development in P,D&I is the recognition of the channels of positive impacts generated by the production of knowledge. New knowledge increases the capital stock, reduces unit production costs, and reinforces the competitive tendencies of certain sectoral activities of a productive system, both in the domestic and in the external market. Thus, the present dissertation sought to build a dynamic computable general equilibrium model capable of dealing with these systemic relations between knowledge and the productive system. The model brings innovations by incorporating in its theoretical and applied structure of the stock-flow relationship between R&D investment and sectoral knowledge capital, which presupposes a one-year lag in recursive solutions. Like investments for gross fixed capital formation, investments in R&D show a positive relation with the expected rate of return.. Unprecedented in Brazil, this theoretical construction of the model allows us to evaluate the role of public development in P, D & I in the economic effects that are projected to the Brazilian economy. In this variant and as a way to explore some analytical potentialities of the developed model, this thesis analyzes the economic impacts of the policy of production subsidies granted and linked to the economic activities of technological innovation. The main findings indicated that the subsidies associated to innovation projects generate gains in knowledge capital — exemplified by the set of knowledge, techniques learned, procedures and innovations that result in intangible value of companies and organizations — in the Brazilian economy and for productive activities that do not are directly served by the subsidy policy, whose indirect effects come from the broadcasts established by the intersectoral channels of the economic system. Similar to the results of other empirical studies, positive effects have been found in the tangent to the expansion of the innovative effort of companies benefiting from some type of legal program in relation to non-beneficiary companies. Thus, the absence of this form of public development, in addition to negatively affecting the various markets for goods and services and primary factors in the economy, would lead to a retraction of industrial activities of greater technological intensity, penalizing the technological base of companies most innovative in the country. The productive capacity, measured mainly by the stock of physical capital and knowledge,

as well as the respective flows of investment, would be reduced and would deepen the economic retraction of the country in the long term.

**Keywords:** Economic subsidies. Innovation policies. General Computable Equilibrium.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Dispêndio doméstico bruto em P&D (em % do PIB) do Brasil e países da OCDE.....	21
FIGURA 2- Dispêndio realizado em políticas de inovação por objetivo socioeconômico (em milhões de R\$ correntes) .....	38
FIGURA 3 - Valores da renúncia fiscal do governo federal segundo as leis de incentivo à P&D e capacitação tecnológica (em R\$ milhões correntes).....	49
FIGURA 4 - Estrutura hierárquica da função de produção setorial .....	75
FIGURA 5 - Estrutura hierárquica da formação de capital .....	78
FIGURA 6 - A sequência de soluções usando a solução de $t-1$ como solução inicial .....	83
FIGURA 7 - Estrutura da base de dados do modelo.....	89
FIGURA 8 – Principais mecanismos de propagação decorrentes da simulação do choque .....	111
FIGURA 9- Tipos de simulação em modelos dinâmicos recursivosFonte: Adaptado de MAI <i>et al.</i> (2010).....	114
FIGURA 10 – Trajetórias dos preços dos fatores primários .....	119
FIGURA 11 - Evolução das trajetórias do investimento e do estoque de capitais físico (KF) e de conhecimento (KC) .....	121
FIGURA 12– Trajetória do valor adicionado em relação ao investimento agregado de setores selecionados após o choque .....	124
FIGURA 13- Trajetória da rentabilidade dos capitais após a simulação do choque nos setores mais intensivos em capital de conhecimento (variação %) .....	127
FIGURA 14– Trajetórias da rentabilidade dos capitais e do estoque de capitais para o setor de Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P&D (variação %) .....	128
FIGURA 15 - Trajetória da demanda por fatores primários após o choque.....	131
FIGURA 16- Trajetória da demanda por trabalho no longo prazo.....	132
FIGURA 17- Evolução dos estoques de capital para os setores mais intensivos em tecnologia e os KIBS .....	133
FIGURA 18- Evolução dos investimentos setoriais, segundo o tipo de capital, para os setores mais intensivos em tecnologia e os KIBS.....	134

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Coeficientes da dinâmica de acumulação de capitais físico e de conhecimento .....	96
TABELA 2 - Elasticidades utilizadas .....	99
TABELA 3- Soma dos valores concedidos de subvenção econômica período 2010 - 2016 .....	101
TABELA 4 - Variações reais e anuais (%) dos principais indicadores macroeconômicos .....	104
TABELA 5 - Valores calculados para o choque na concessão de subvenções .....	109
TABELA 6 - Variação acumulada (em %) por biênio dos principais agregados macroeconômicos .....	118
TABELA 7 - Rentabilidade do capital para os setores intensivos em capital do conhecimento (variação %) em relação ao ano-base (2010) .....	126
TABELA 8 – Nível de emprego após a simulação do choque para setores mais intensivos em trabalho (variação %) .....	129
TABELA 9 - Evolução do nível de atividade de produção no período (em % acumulado) .....	130
TABELA 10- Valores da evolução da formação de estoques de capital de conhecimento e físico para setores selecionados .....	133

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 - Fechamento base do modelo .....	108
QUADRO 2- Classificação dos setores produtivos segundo intensidade tecnológica.....	116
QUADRO 3- Setores segundo a intensidade no uso dos fatores .....	125

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, COMPETITIVIDADE E SISTEMA PRODUTIVO: FUNDAMENTOS E CONCEITOS .....	21
2.1 Conhecimento, tecnologia e inovação .....	23
2.2 Competitividade e setor produtivo .....	25
2.3 Políticas públicas para promoção da inovação .....	28
2.4 Breve histórico das políticas de inovação no Brasil .....	34
2.5 Marco legal brasileiro da inovação.....	41
2.5.1 Fundos Setoriais .....	41
2.5.2 Lei de Informática .....	43
2.5.3 Lei de Inovação .....	44
2.5.4 Lei do Bem .....	46
2.6 Mecanismos legais: subsídios, incentivos fiscais, subvenções e créditos .....	47
2.7 Subvenções econômicas à inovação tecnológica.....	54
3 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS .....	57
4 BRAZILIAN IMPERFECT MODEL WITH KNOWLEDGE CAPITAL (BIM- KC) .....	66
4.1 Aspectos gerais do modelo .....	68
4.1.1 Modelos de EGC aplicados para análise de questões sobre inovações tecnológicas ..	70
4.2 Especificação teórica do modelo .....	72
4.2.1 Estrutura da Tecnologia de Produção .....	74
4.2.2 Demanda por Investimentos Físicos e por Investimentos em P&D .....	77
4.2.3 Outras Demandas .....	80
4.2.4 Solução sequencial em dinâmica recursiva .....	82
4.2.5 Fechamentos do modelo .....	86
4.3 Dados do modelo e calibragem .....	88
5 APLICAÇÕES DO MODELO.....	102

5.1	Construção dos choques .....	106
5.2	Simulações .....	114
5.3	Resultados e discussões .....	115
5.3.1	Efeitos sobre os principais agregados macroeconômicos.....	117
5.3.2	Projeções setoriais.....	123
5.3.3	Projeções setoriais segundo intensidade tecnológica.....	130
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	135
	REFERÊNCIAS.....	142
	APÊNDICE A – COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PRODUTOS E SETORES DO MODELO EGC .....	152
	ANEXO A – LISTA DE SETORES DO MODELO.....	153
	ANEXO B – LISTA DE PRODUTOS DO MODELO .....	154

## 1 INTRODUÇÃO

As políticas públicas de fomento à inovação ganharam espaço na agenda de incentivos ao setor produtivo privado nos últimos trinta anos. Houve melhorias no marco legal tendo como objetivo estimular processos mais intensivos de progresso tecnológico no setor privado, visando criar um ambiente institucional favorável à maior interação entre os agentes públicos das instituições científico-tecnológicas (ICTs) e o setor produtivo. Há a compreensão de que o progresso tecnológico é central a qualquer processo de desenvolvimento, fato que foi favorecido pela sua progressiva incorporação na teoria econômica convencional, que originalmente o considerava como uma variável exógena ao núcleo de sua formulação. As inovações geradas por processos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), os *spillovers* de conhecimento e a acumulação de capital humano foram identificadas na literatura como as principais forças motrizes do crescimento econômico. Tais forças são capazes de determinar o crescimento que não pode ser explicado pela acumulação de fatores de produção tradicionais, como o capital físico e o trabalho. Lucas (1988) enfatiza o papel das externalidades do capital humano, enquanto Romer (1990), Grossman e Helpman (1991) e Aghion e Howitt (1990) se concentram em ressaltar a capacidade da inovação industrial via P&D em ser um fator determinante do crescimento por meio de mecanismos de acumulação de conhecimento. Em comum, esses autores apontam que há capacidade das políticas públicas em impactar a taxa de crescimento a longo prazo. Assim, as políticas governamentais podem afetar o crescimento econômico, incentivando as empresas a dedicar mais recursos a atividades de P&D como, por exemplo, via incentivos de mercado (GARAU; LECCA, 2008).

Com tais proposições teóricas e analíticas assentadas sobre a relação dinâmica existente entre tecnologia e crescimento econômico houve direcionamento das ações políticas a fim de realizar o potencial de crescimento proporcionado pelo progresso tecnológico. Duas principais justificativas teóricas orientaram as nações na adoção de políticas públicas de fomento à inovação: a primeira é centrada na ideia de remoção das falhas de mercado que poderiam impedir que o setor produtivo investisse em P&D e a segunda é ação com foco na revitalização das forças de mercado e estímulo do potencial de crescimento via geração de externalidades positivas geradas pelas mudanças tecnológicas. Por essas razões, a inovação tecnológica e o conhecimento científico exercem cada vez mais papel central na promoção do crescimento e do desenvolvimento econômico de nações, regiões e setores, tornando-se um tema de interesse para os formuladores de políticas públicas que almejam o ganho de competitividade do setor produtivo.



No Brasil, o marco legal da inovação é determinado, sobretudo, pelas Lei de Inovação (Lei nº 10.973/04), Lei do Bem (Lei nº 11.196/05), Lei de Informática (Lei nº 8.248/91) e pela instituição dos Fundos Setoriais (Lei nº 11.540/07), assim como por suas posteriores alterações sancionadas pelo governo federal. Esse conjunto de leis e normas dá amparo legal a estímulos de inovação nas empresas como subvenção econômica, financiamento, participação societária do Estado, encomenda tecnológica, incentivos fiscais, concessão de bolsas e uso do poder de compra do Estado, entre outros instrumentos legislados (BRASIL, 2004) e é a diretriz da política de inovação brasileira.

Tendo como um dos objetivos principais prescrever o comportamento das ICTs a fim de transformar inovação em competitividade juntamente com o setor privado, gerando desenvolvimento socioeconômico e cultural, a política de inovação brasileira passou por fases distintas ao longo do tempo (VIOTTI, 2008). Em meados dos anos 1990, com a abertura comercial, a política de inovação adotada visava o fortalecimento da competitividade internacional. Entretanto, os mecanismos de apoio às atividades de P&D empresariais disponibilizados foram mais efetivos em ampliar as pesquisas acadêmicas, resultando numa falha em termos de política econômica. Na década de 2000, passou-se a reativar a promoção de políticas públicas para induzir o desenvolvimento econômico. Para tanto, houve a articulação da política industrial com a política tecnológica por meio de incentivos à inovação no setor privado, tema o qual passou a ser prioridade desse tipo de política.

A subvenção econômica à inovação configura-se em um dos principais instrumentos da política de inovação recente dentre os mecanismos disponíveis para o incentivo à inovação nas empresas, instituída pela Lei do Bem e Lei da Inovação. Uma das características deste instrumento é não requerer retorno dos recursos ao órgão concedente, no caso a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), que é a secretaria executiva do programa. Destaca-se ainda como uma das características das subvenções o compartilhamento dos riscos do projeto entre o Estado e as empresas solicitantes, na medida em que estas devem apresentar uma contrapartida ao recurso subvencionado. A partir de 2006, a Finep passou a operacionalizar o instrumento através do Programa de Subvenção Econômica à Inovação, utilizando-se de editais de chamada pública. O programa prevê a cobertura de despesas de custeio de projetos de pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos inovadores de empresas brasileiras, independentemente da origem de seu capital, tendo como missão dividir os riscos inerentes ao processo de inovação. Os recursos disponibilizados por meio do Programa de Subvenção Econômica são destinados a empresas de todos os portes e pode haver alguma reserva do total

de recursos para concessão a micro e pequenas empresas e em determinadas regiões do país, dependendo do edital em vigor (FINEP, 2010b; 2017).

Há na literatura empírica, utilizando de métodos de estimação econométrica em sua maioria, trabalhos que investigam a efetividade de diversos instrumentos das políticas públicas de inovação para o Brasil (e.g. AVELLAR; ALVES, 2008; AVELLAR, 2009; COELHO; DE NEGRI, 2010; KANNEBLEY; PORTO, 2012; ARAÚJO *ET AL.*, 2012). Tais pesquisas buscam conhecer os efeitos das políticas de incentivos fiscais e financeiros sobre o nível de investimento em pesquisa e desenvolvimento interno das empresas, assim como procuram estabelecer qual o tipo de política mais eficaz, dado que o ambiente institucional pode alterar a eficácia dos instrumentos implementados. Embora existam algumas evidências de efeitos positivos sobre a produtividade e competitividade da economia, a efetividade da introdução desse mecanismo passou a ser questionada quanto à sua capacidade de promover o estímulo necessário às empresas em ampliar seus investimentos próprios em atividades tecnológicas e, com isso, acelerar o ritmo da inovação no país. Isso porque é uma de suas características principais o aporte de recursos públicos em empresas sem necessidade de reembolso (FINEP, 2010b). Assim, questiona-se sua adequada utilização e seus resultados, sendo pertinente a análise de sua operação.

Ainda que os trabalhos supracitados tenham gerado resultados relevantes acerca da efetividade dos mecanismos utilizados, permanece o questionamento sobre os impactos sistêmicos na economia desse tipo de investimento público. Isso porque, conforme Domingues (2002), estudos de equilíbrio parcial produzem estimativas e/ou projeções incompletas justamente por não tratar a complexidade das interações econômicas de equilíbrio geral.

Ao tratar o conhecimento na forma de fator primário no sistema produtivo brasileiro, é possível avaliá-lo em termos de crescimento econômico, bem como identificar os principais canais de transmissão dos efeitos econômicos nos mercados de bens e serviços e nos demais de fatores de produção. Indicadores como produção agregada, renda, consumo, entre outros, seriam afetados positivamente. Dessa forma, as intervenções econômicas do governo têm justificativa não somente em função de buscar a reparação de possíveis falhas de mercado, mas também de pretender dotar os sistemas produtivos de competitividade, necessitando para isso, definir políticas de estímulo à geração de capital de conhecimento. O programa de concessão de subvenções econômicas à inovação constitui-se num exemplo de atuação governamental que busca ampliar o estoque de capital de conhecimento das empresas proponentes de projetos inovadores. Por isso, busca-se verificar como e em que intensidade o

referido programa de fomento afetaria os principais indicadores macroeconômicos e setoriais na economia brasileira, alterando investimentos em P&D e estoque de conhecimento no longo prazo.

Diante dessas observações, é possível abordar os seguintes questionamentos: *o programa de subvenções econômicas à inovação, como um exemplo das políticas públicas de inovação, ao fomentar a inovação diretamente no setor produtivo, foi capaz de impactar os indicadores macroeconômicos da economia brasileira? Havendo impacto do instrumento de promoção da inovação, como é sistematicamente desagregado tal efeito entre os setores da economia, ou seja, quais são os setores produtivos que se beneficiam dos incentivos à inovação levando em conta os efeitos diretos e indiretos?*

Embora os esforços em torno da melhoria das políticas públicas de inovação tenham sido evidentes, o instrumento de subvenção econômica é um programa de incentivo de curto alcance, ou seja, vem sendo pouco utilizado pelo público alvo potencial. Ainda assim, o programa aporta diretamente recursos não-reembolsáveis para projetos de alto risco tecnológico, visando maior ousadia por parte do setor produtivo em seus gastos com P&D, compartilhando os custos e riscos dessas atividades e mitigando as incertezas e barreiras do processo de inovação. Por isso, a hipótese apresentada é a de que os recursos destinados a esse instrumento de política de fomento à inovação têm capacidade de impactar a economia de maneira generalizada, sendo útil analisar os canais pelos quais são propagados tais impactos.

Ainda que o fenômeno da inovação induzida por políticas públicas tenha sido reconhecido no campo das ciências econômicas há tempos, incorporar esse fenômeno nos modelos de política tem sido dificultado por questões conceituais e computacionais. Dessa maneira, para responder a esses questionamentos, a contribuição metodológica a qual se propõe esta Tese é o desenvolvimento de um modelo de equilíbrio geral que permita tal análise, evidenciando o comportamento da produção de P&D no contexto econômico. A adoção de modelos EGC permite explorar como as políticas públicas voltadas a determinados setores, como no caso das políticas de inovação, podem afetar o nível de produção e a competitividade da economia, acusando o desvio que pode haver em relação ao cenário de referência estipulado ao longo do período analisado. Conseqüentemente, ao incorporar o elemento de produção de P&D vinculado à geração e acumulação de capital de conhecimento no modelo, é possibilitado o maior entendimento sobre o papel da P&D sobre a economia brasileira.

O modelo construído nesta Tese, denominado BIM-KC (*Brazilian Intersectoral Model with Knowledge Capital*), apresenta algumas contribuições em relação aos modelos nacionais já construídos ao adicionar em sua especificação teórica a distinção entre capital físico e capital de conhecimento (*knowlegde capital*). Pela incorporação explícita do capital de conhecimento como um fator de produção e do investimento em capital de conhecimento como componente da formação bruta de capital fixo da economia, essa Tese contribui para que a análise do mecanismo de fomento à inovação em questão por meio de um modelo EGC seja mais adequada. Isso porque evidencia a acumulação de capital de conhecimento na economia, uma vez que há a identificação detalhada do capital enquanto insumo produtivo, o que faz com que ocorra distintos processos de acumulação ao longo do tempo. A preocupação reside na necessidade de se considerar o cenário de referência da economia para a análise desta política de fomento público no longo prazo. Destarte, essa pesquisa de Tese avalia quais seriam os desvios nas taxas de crescimento dos principais indicadores macroeconômicos e setoriais em relação ao cenário de referência da economia se o fomento público não tivesse ocorrido.

Além disso, os modelos EGC tradicionais não capturam os efeitos decorrentes da relação estoque-fluxo entre investimento de P&D e capital de conhecimento setorial. Existem algumas razões para isso. Em primeiro lugar, até que houvesse alterações no *System of National Account* (SNA 2008), as contas nacionais geralmente não incluíam explicitamente o investimento em P&D, fazendo com que modelos desenvolvidos antes do ano de 2009 tivessem essa limitação. Em segundo lugar, o setor de P&D incluído nas tabelas de insumo produto não captura todo o investimento em P&D, pois esse componente pode ser contabilizado de formas distintas, não estando muitas vezes de acordo com o que está delimitado conceitualmente pelas Contas Nacionais. Finalmente, as atividades de P&D podem não ser capitalizadas corretamente no modelo EGC padrão, pelo motivo de que a acumulação do ativo capital de conhecimento nem sempre é especificada explicitamente (KŘÍSTKOVÁ, 2012). Por tais motivos, justifica-se a incorporação de uma especificação teórica que considere a existência do setor de P&D dentre os setores produtivos e do capital de conhecimento como parte da formação de capital do modelo para que haja a possibilidade de avaliação de impacto numa abordagem sistêmica, já que os resultados dos modelos de EGC ocorrem a partir das análises das interdependências dos setores da economia.

Outro ponto metodológico abordado nesta Tese é a adoção de um modelo dinâmico recursivo, que possibilitará a análise da trajetória temporal dos efeitos da política de concessão de subvenções econômicas às firmas beneficiárias. Existem muitas razões para

adotar um modelo que considere a dinâmica de transição. Primeiro, é possível saber se, a partir de um dado estoque de capital inicial arbitrário, a economia convergirá para um determinado estado estacionário, revelando quais são as forças econômicas que levam a economia a esse estado. Outro ponto é a possibilidade de haver uma análise comparativa sobre o comportamento de algumas variáveis ao longo do caminho de transição (DIAO *et al.*, 1996). O diferencial do modelo aqui proposto é distinguir o capital de conhecimento do capital físico, tratando-o recursivamente como resultado do processo de investimento em P&D. Portanto, o modelo BIM-KC inova ao abordar teoricamente a acumulação ao longo do tempo, por meio da extensão dinâmica recursiva da metodologia, estabelecendo um vínculo entre a estrutura produtiva, os investimentos e a formação de capital na economia.

Dadas essas características metodológicas em que está assentada a pesquisa desta Tese e os objetivos os quais são pretendidos com a utilização da mesma, faz-se necessário conhecer o marco jurídico-institucional que dá garantias de cumprimento das ações de apoio à inovação, conjugando com o embasamento da teoria econômica que sustenta a aplicação desses mecanismos como forma de aumentar a competitividade do setor produtivo via progresso tecnológico, ampliando a geração de inovações.

Com base nos valores das concessões de subvenção econômica e das contrapartidas de capital realizadas pelas empresas beneficiárias entre os anos de 2010 a 2016, dados estes fornecidos pela Finep, a análise de equilíbrio geral busca avaliar o comportamento das variáveis macroeconômicas e de variáveis setoriais, a partir de choques nos subsídios concedidos pelo governo e na formação bruta de capital fixo da economia. Assim, propõe-se observar qual efeito ocorre após um corte dos valores subvencionados concedidos às empresas privadas.

Além desta introdução, esta Tese apresenta mais cinco capítulos. O segundo capítulo trata dos elementos teóricos e conceituais sobre inovação tecnológica, competitividade e sistemas produtivos, num contexto no qual é evidenciado o papel das políticas públicas de incentivo à inovação. Assim, nesse capítulo há uma descrição do marco legal da inovação no Brasil e os tipos de mecanismos dispostos à finalidade de fomentar a inovação tecnológica. O terceiro capítulo é dedicado a uma revisão da literatura empírica do tema, abordando principalmente trabalhos que utilizaram a metodologia de EGC em suas aplicações e trabalhos aplicados ao Brasil, ainda que utilizando outras abordagens empíricas. No quarto capítulo, apresenta-se os aspectos gerais do modelo de equilíbrio geral computável, bem como suas especificações teóricas e base de dados que o alimentam. Por fim, o quinto capítulo é dedicado às aplicações do modelo, discutindo o cenário econômico de referência, os choques e simulações

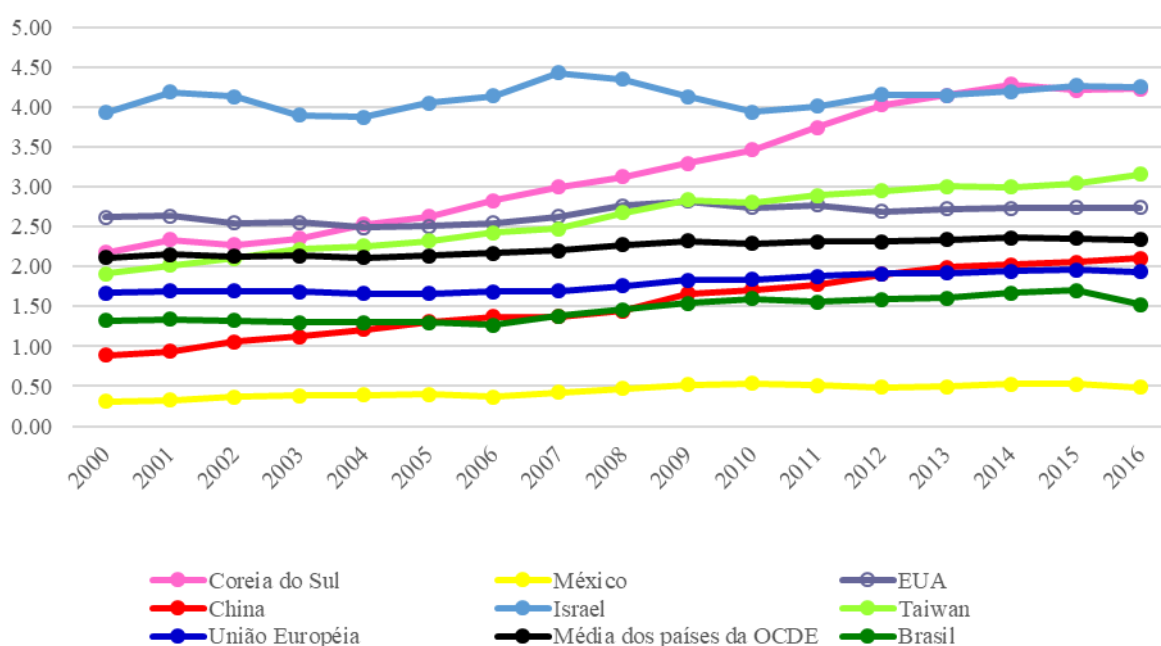
pretendidos e os resultados alcançados. Encerra-se esta Tese com o sexto capítulo, que discorre sobre as considerações finais acerca da avaliação de política econômica pretendida nos objetivos do trabalho.

## 2 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, COMPETITIVIDADE E SISTEMA PRODUTIVO: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

Este primeiro capítulo tem por objetivo descrever a estrutura teórica que sustenta a existência de políticas públicas de fomento à ciência, à tecnologia e à inovação (C,T&I) no Brasil. Além disso, pretende-se explorar a relação entre inovação tecnológica, competitividade e sistema produtivo, de modo que haja uma compreensão clara sobre o ambiente no qual devem atuar os mecanismos de políticas públicas, um dos objetivos desta tese.

A complexidade do paradigma tecnológico mundial advém da estreita relação entre a base de conhecimento científico e a produção tecnológica, que é propiciada pelos esforços em P&D. Esta estreita relação entre ciência e tecnologia explica por que o avanço do conhecimento científico de uma nação determina em grande medida sua capacidade de inovação tecnológica (DE NEGRI; LEMOS, 2009). Os gastos em P&D tem sido observados em diversos países como um indicativo dos esforços em aumentar a competitividade econômica via inovação tecnológica nos setores produtivos. A Figura 1 mostra a evolução dos dispêndios domésticos com P&D do Brasil e de países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em relação ao seu produto interno bruto (PIB) entre os anos 2000 e 2016.

**FIGURA 1 – Dispêndio doméstico bruto em P&D (em % do PIB) do Brasil e países da OCDE**



Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da OCDE e MCTI.

É possível notar a evolução crescente dos gastos em P&D dos países asiáticos em relação à estagnação e/ou desse tipo de dispêndio em países da União Europeia, Estados Unidos, México e Brasil. Em Taiwan, o aumento do dispêndio em atividades de P&D deve-se a liderança do governo em investir fundos públicos para o fomento dessas atividades. A trajetória chinesa no investimento em inovação das empresas tem início nos anos 1980, com a implementação de programas de desenvolvimento industrial de alta tecnologia, políticas especiais e subsídios financeiros de forma mais orientada a determinados setores. Já o caso da Coreia do Sul, cuja trajetória apresenta o maior crescimento dos países da OCDE no período observado, é resultado de ações para sustentar o crescimento econômico de longo prazo. Para tanto, sucessivos governos coreanos reconheceram a necessidade de políticas ativas para a promoção de ciência, pesquisa e desenvolvimento. Os pilares da política coreana incluem a construção de infraestrutura, a promoção de aquisição de tecnologia de economias mais avançadas, educação abrangente e investimento na geração de P&D empresarial (BOR *et al.*, 2010; HONG *et al.*, 2016; CIN *et al.*, 2017). Uma explicação para essa posição brasileira é a dissociação com a matriz tecnológica mundial, pois concentra esforços em áreas mais distantes da fronteira onde não há empenho das nações líderes. Nesse contexto, as atividades de P&D nacional tem uma agenda defasada de pesquisa, ainda pouco estruturada e já fora do foco da disputa tecnológica (DE NEGRI; LEMOS, 2009).

Percebe-se pela experiência de outros países que as políticas públicas de fomento à inovação requerem uma base sólida de objetivos, incluindo metas de desenvolvimento industrial. Nesse sentido, apresentam-se os principais conceitos relacionados ao conhecimento, à tecnologia e à inovação, a fim de esclarecer como a inovação tecnológica é afetada pela regulamentação de políticas de incentivos variados.

A competitividade será uma característica tratada como sendo induzida pela inovação e pelo aumento da difusão tecnológica nas economias, impactando o sistema produtivo. Este é considerado como agente no processo de desenvolvimento econômico, pois traz a percepção real das melhorias introduzidas pelo progresso tecnológico.

Este capítulo se organiza em sete seções. A primeira parte destina-se a apresentar os aspectos teóricos da inovação e do conhecimento científico, relacionando-os aos processos de crescimento e desenvolvimento econômico. A segunda parte, também teórica, traz aspectos sobre a competitividade e o setor produtivo e suas relações com o progresso tecnológico e a geração de inovação.

A terceira seção apresenta a sustentação teórica para as políticas públicas que buscam promover a inovação, além de descrever a evolução do conceito de política pública de



inovação ao longo do tempo, evidenciando sua relação com as distintas fases dos sistemas de produção científica.

As seções seguintes voltam-se particularmente ao caso brasileiro. Na quarta parte do capítulo é apresentado um breve histórico da evolução e consolidação das políticas públicas e seus instrumentos para o fomento da inovação. A quinta seção descreve o amplo marco legal que dá aparato jurídico para que o Estado possa atuar como incentivador da atividade tecnológica no Brasil. Por fim, as duas últimas seções apresentam os mecanismos legais disponíveis para incentivarem a inovação tanto no setor privado, quanto no setor público e suas principais vantagens e desvantagens segundo a literatura empírica sobre o tema, ressaltando o mecanismo de subvenções econômicas na finalização do capítulo.

## **2.1 Conhecimento, tecnologia e inovação**

A existência da relação entre conhecimento científico, geração de tecnologia e as consequentes inovações tecnológicas é resultado de um processo relacionado com a tendência humana de pensar acerca de novas e melhores maneiras de fazer as coisas do cotidiano e experimentá-las na prática (FAGERBERG, 2005).

A compreensão de que o progresso técnico é central a qualquer processo de desenvolvimento passa a ser favorecida pela sua progressiva incorporação na teoria econômica convencional, que originalmente o considerava como uma variável externa ao núcleo de sua formulação. As teorias evolucionárias ou neoschumpeterianas avançaram significativamente a compreensão do fenômeno da inovação tecnológica e contribuem para a construção de um marco de referência teórico essencial à concepção de políticas de ciência e tecnologia com foco na inovação tecnológica, o qual se articula em torno da abordagem sistêmica da inovação (VIOTTI, 2008).

O reconhecimento de que inovação e conhecimento exercem cada vez mais papel central na dinâmica do crescimento e do desenvolvimento econômico de nações, regiões e setores, pode ser observado desde a evolução dos modelos econômicos de crescimento da teoria econômica neoclássica, mesmo sendo considerada um fator exógeno. Na nova teoria do crescimento, ou modelos de crescimento endógeno, o papel da tecnologia e do conhecimento foi endogeneizado como base para o desenvolvimento econômico de longo prazo, considerando inclusive a acumulação de capital humano e as atividades ligadas à pesquisa e desenvolvimento (P&D) tecnológicos, bem como o efeito dos transbordamentos desses componentes (ROMER, 1990; LUCAS, 1988). Assim, é possível considerar que o conhecimento, ao gerar tecnologias e induzir inovações, é o fator responsável por retornos

crecentes de escala em uma economia, devido às externalidades inerentes ao processo de construção e uso desses conhecimentos.

A formalização dos modelos de crescimento endógeno abriu caminho para novos debates sobre o papel exercido pelo conhecimento tecnológico e dos efeitos de seu transbordamento entre os agentes no crescimento da produtividade econômica. Isso porque já existe compreensão de que a inovação constitui-se em processo de busca e aprendizado, o qual, enquanto dependente de interações, é socialmente determinado e fortemente influenciado por formatos institucionais e organizacionais específicos, escopo tratado pela teoria neoschumpeteriana.

Toda inovação inserida na sociedade consiste numa nova combinação de fatores tais como ideias, capacidades, habilidades e recursos variados. Difere-se da invenção no sentido de que inovações necessariamente são colocadas no mercado. A inovação segue a lógica de que quanto mais variados forem esses fatores dentro de um determinado sistema, melhor será o nível de combinações entre os mesmos, gerando cada vez mais inovações, consistentemente mais complexas e mais sofisticadas.

Assim, a inovação pode ser compreendida pelo ponto de vista sistêmico, uma vez que para explorar a dinâmica tecnológica da inovação, suas várias fases e como esse processo influencia e sofre influência do aparato social, institucional e econômico é necessário analisar todo o tipo de interações existentes que a promovem (FAGERBERG, 2005).

O conceito de sistemas de inovação tem se constituído em um modo útil para inspirar e orientar a formulação e implementação de políticas públicas de fomento à inovação. Como se trata de um fenômeno complexo do ponto de vista econômico existe a necessidade de a inovação ser estudada a partir de diferentes perspectivas.

Apesar dos avanços na pesquisa científica, para Pavitt (2005), os processos de inovação não são organizados, tampouco fáceis de delinear ou gerenciar. Como consequência, as inovações, especialmente as radicais, permanecem imprevisíveis nos seus resultados tecnológicos e comerciais. O autor ainda afirma que as decisões de inovação são muito mais políticas, em razão da percepção de uma oportunidade, que técnicas, de custos estimados e risco mensurável.

É por essas razões que existe espaço para se pensar na ação de políticas públicas de incentivo à inovação. Segundo Smith (2000a), esses problemas relacionados ao risco e à inapropriabilidade sugerem que as economias de mercado sistematicamente irão subinvestir em tecnologia e inovação. Nesse sentido, a orientação política básica é de encorajar atividades de pesquisa e desenvolvimento e de proteger economicamente seus resultados. Percebendo a

inovação em seu caráter sistêmico, é possível que os *policy makers* compreendam o que devem fazer para promover a inovação, conhecendo o campo de interferência das políticas públicas para que não existam políticas públicas que reproduzam fragilidades do sistema, nem que introduzam mecanismos incompatíveis com a base lógica do mesmo.

Como o processo de inovação tecnológica ocorre em um ambiente de elevada incerteza e risco, decidir investir em tecnologia significa assumir riscos mais elevados do que aqueles presentes em investimento visando à ampliação da capacidade produtiva de unidades industriais já existentes. Isso se dá, primeiramente, pela incapacidade de se prever se os investimentos em desenvolvimento tecnológico obterão êxito no plano produtivo. Em segundo lugar, por não haver garantia de que novos produtos e processos, gerados pela inovação, serão aceitos pelo mercado. Por fim, pelo fato de o investidor não conseguir antecipar quais serão as reações dos seus concorrentes diante da decisão de investir em desenvolvimento tecnológico e qual a taxa de apropriação efetiva que a novidade irá proporcionar.

De toda forma, a geração de inovação tecnológica se consolidou como um dos principais fatores determinantes da competitividade e das estratégias de desenvolvimento dos países. O ritmo com que ocorrem as inovações tecnológicas, na maioria das vezes, determina a taxa de ampliação da produtividade dos fatores de produção e o processo de criação de novos mercados, estimulando o crescimento da economia (AVELLAR, 2009).

## **2.2 Competitividade e setor produtivo**

A competitividade pode ser entendida como a posse das capacidades necessárias para o crescimento econômico sustentado em um ambiente de seleção internacionalmente competitivo, no qual há outros agentes que têm um conjunto de capacidades equivalentes, embora diferenciadas (CANTWELL, 2005). Há pelo menos 50 anos, as políticas de desenvolvimento industrial e econômico têm promovido medidas cada vez mais abrangentes destinadas a apoiar e incentivar a mudança tecnológica. A forma como estas medidas têm sido adotadas, por sua vez, evoluiu a compreensão das relações entre a inovação e a competitividade, quaisquer que sejam os níveis considerados.

Para Clark e Guy (1998), o conceito de competitividade conecta a política industrial ao desenvolvimento tecnológico. No nível da empresa, a competitividade é geralmente entendida para se referir à capacidade de uma empresa em aumentar de tamanho, participação de mercado e lucratividade. Na teoria econômica tradicional, custos comparativos de produção determinam a competitividade relativa ao nível da empresa, de forma que para tornar-se mais

competitiva é preciso produzir de forma mais barata, reduzindo os seus custos. No entanto, estudos recentes têm apontado, de maneira consistente, fatores não relacionados aos custos como sendo ao menos tão importante quanto os determinantes da competitividade via preço. A gama de fatores não relacionados ao preço é muito variada, incluindo a dotação de recursos humanos, tais como habilidades e motivação dos trabalhadores, fatores técnicos como a capacidade de gerar P&D, bem como a capacidade de se adaptar e usar tecnologias. Além de fatores gerenciais e organizacionais, tanto internos para a empresa quanto nas relações externas com outros agentes (clientes, fornecedores, institutos de pesquisa públicos e privados, e outras empresas). Estes fatores determinam a capacidade de uma empresa para atingir e manter uma posição lucrativa em face da mudança de ambientes tecnológicos, econômicos e sociais. Entretanto, a rentabilidade e sobrevivência no mercado continuam a ser os indicadores finais de competitividade.

O termo competitividade também é, por vezes, levado a implicar necessariamente o resultado de um aumento contínuo do padrão de vida dos indivíduos que são membros de um grupo social com determinadas capacidades (CANTWELL, 2005). Desse modo, a competitividade no nível macro pode ser concebida, historicamente, pelos indicadores relacionados ao comércio internacional, definindo a competitividade de uma nação, ou conjunto de elementos, como o grau em que ela pode, em livre mercado, ter condições de produzir bens e serviços que atendam aos mercados internacionais, enquanto, simultaneamente, mantem e expandem a renda real dos seus cidadãos (CLARK; GUY, 1998).

As políticas industriais e tecnológicas são responsáveis pela promoção da competitividade econômica, reduzindo os riscos das atividades tecnológicas e promovendo o transbordamento do esforço tecnológico entre empresas e instituições. Ou seja, a existência de uma política ativa de inovação exerce efeitos sobre a economia como um todo, promovendo a competitividade da indústria doméstica e podendo contribuir para a geração de emprego e aumento da renda, além da expectativa em gerar efeitos positivos sobre a balança comercial (POSSAS, 1996).

Enquanto a inovação tecnológica se tornou um fator determinante tanto da competitividade, quanto das estratégias de desenvolvimento das firmas e das economias nacionais, a competitividade passou a ser o objetivo central das firmas (SMITH, 2000a). Tal fato se deve à percepção de que a ampliação da produtividade dos fatores de produção e o processo de geração de novos mercados são determinados, na maioria das vezes, pelo ritmo da produção de inovações tecnológicas, determinando, por conseguinte, o crescimento da economia. De acordo com a abordagem neoschumpeteriana, a competitividade internacional

se concentra neste tipo de processo de indução da competitividade tecnológica, já que para aqueles cujos esforços inovadores são mais bem sucedidos, há um aumento sustentável da participação no comércio mundial (CANTWELL, 2005).

No Brasil, há um descompasso entre a geração de ciência e seu reflexo econômico no setor produtivo, resultando em baixos níveis de competitividade empresarial. Segundo Cruz (2009), ao passo que a ciência feita no Brasil tem ocupado progressivamente mais espaço no panorama mundial, a geração de inovação tecnológica praticamente não existe internacionalmente. Ao se analisar a contagem de patentes com origem no Brasil e registradas nos Estados Unidos para medir a intensidade da inovação tecnológica<sup>1</sup>, é possível inferir que a competitividade das empresas no Brasil, em termos tecnológicos, é pequena. A pouca expressividade brasileira em gerar inovações efetivas pode ser considerada como resultado do pequeno número de engenheiros e cientistas fora do meio acadêmico, já que patentes são intrinsicamente relacionadas ao ambiente de P&D empresarial e não acadêmico. Logo, o reduzido investimento empresarial em atividades de P&D pode estar correlacionado ao pequeno número de postos de emprego de cientistas e de engenheiros nas empresas e, dessa forma, o esforço feito pelo poder público para a formação de recursos humanos qualificados acaba por ter pouca efetividade em trazer benefícios econômicos (CRUZ, 2009).

Essa falta de sincronia dos agentes envolvidos nas várias formas de geração de inovação pode ser a causa da baixa competitividade da indústria de alta tecnologia brasileira, já que a competitividade deriva das contribuições de cada um dos agentes e das interações que ocorrem entre empresas, regiões e países, e os sistemas de apoio setorial que conectam esses diferentes níveis de atores dentro da abordagem sistêmica da geração de inovação (CANTWELL, 2005). Em outras palavras, os fatores aos quais se creditam a influência sobre a competitividade podem ser concebidos na forma de recursos ou capacidades, na presença de instituições (principalmente as de ensino superior e o sistema financeiro), nos mercados e na existência de redes entre as empresas e também nas relações entre esses agentes.

Portanto, observa-se, , por meio de evidências empíricas, que a inovação tem um importante efeito positivo sobre a competitividade (AGHION; GRIFFITH, 2008). Entretanto,

---

<sup>1</sup> Existe uma limitação técnica de se utilizar patentes como indicador de atividade tecnológica ou inovação, que reside principalmente no fato de que esta medida pode não refletir corretamente a geração de inovação, já que nem toda patente representa uma inovação e nem toda inovação realizada é patenteada, pois patentes não são o único meio de apropriabilidade intelectual existente (NAKAOGA *et al.*, 2010). Entretanto, não há uma medida completamente adequada para estimar precisamente a extensão das inovações geradas. Contudo, as patentes representam uma útil e bem compreendida medida de invenções (JAFFE *et al.*, 1993), tendo seu papel reconhecido amplamente pela literatura.

isso não é o suficiente para se ter níveis cada vez maiores de competitividade, assim como para sustentá-la no passar do tempo. O questionamento começa a avançar no sentido do que pode ser feito para assegurar bons níveis de competitividade e como as políticas públicas podem ser usadas para estimulá-la (CLARK; GUY, 1998).

Espera-se, com base no que a literatura teórica aponta que o acesso aos mecanismos utilizados pelas políticas de fomento à inovação possa afetar positivamente a produtividade e competitividade das empresas ao aumentar a propensão das firmas a investir em projetos de alto retorno, mas de longa maturação como são caracterizados os investimentos em pesquisa e desenvolvimento empresarial.

### **2.3 Políticas públicas para promoção da inovação**

Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) (2005), as políticas de inovação constituem-se de uma conjugação entre políticas de Ciência e Tecnologia (C&T) e políticas industriais. Uma política de inovação parte da premissa de que o conhecimento tem, em todas as formas, um papel crucial no progresso econômico, e que a inovação é um fenômeno complexo e sistêmico. Isso porque não basta ter bons indicadores de geração de ciência se não houver uma base produtiva com capacidade de utilizar e absorver os princípios científicos descobertos para a geração de produto. Assim, políticas públicas de inovação necessariamente envolvem a relação entre a ciência e sua produção, a tecnologia e sua geração e também a inovação por parte do setor produtivo (SALERNO; KUBOTA, 2008). Além do que, o setor público ainda promove atividades inovativas nas firmas através do investimento direto em educação e treinamento, do suporte legal à proteção de patentes, da política de regulação e competição (GRIFFITH, 2000).

A tradição neoclássica normalmente vê o papel da política pública como sendo o de corrigir falhas de mercado (CLARK; GUY, 1998). De acordo com essa corrente, a política deve envolver o deslocamento do sistema para a posição ideal de equilíbrio geral, embora haja divergências sobre qual seria o ponto ideal sem que houvesse a intervenção do governo. Tal papel passivo limitaria a atuação do setor público no processo de pesquisa, desenvolvimento e inovação ao financiamento da pesquisa básica, setor no qual é gerado novo conhecimento (MAZZUCATO, 2014). Já a alternativa evolucionista a este argumento neoclássico não nega a existência de externalidades decorrentes da inovação. A diferença entre o pensamento evolucionista e o pensamento neoclássico é o questionamento do quanto é desejável ou necessário corrigir as falhas de mercado, uma vez que a inovação pode ser benéfica o suficiente para não ser desencorajada, mesmo que haja alguma forma de

transbordamento de seus resultados. Os evolucionistas também consideram um leque muito mais amplo de questões relevantes para o debate político – em particular o contexto histórico e estrutural e o papel das instituições, enfatizando a dimensão sistêmica da inovação, nenhum dos quais aparece na análise clássica neoclássica (FREEMAN; PEREZ, 1988).

Partindo da ideia sobre os sistemas de inovação, caracterizado por ser um ambiente formado por distintos atores e instituições que interagem para a produção, uso e difusão de novas tecnologias, pode-se observar a formação de dois cenários: de um lado, o sistema de inovação com características simbióticas, em que tanto o Estado como o setor privado se beneficiam mutuamente e, de outro, o sistema de inovação “parasitário”, no qual o setor privado drena os benefícios concedidos pelo Estado ao mesmo tempo em que não apresenta sua contrapartida. Esse cenário se expressa na tendência atual para o aumento dos investimentos públicos em P&D paralelo à diminuição dos gastos privados (MAZZUCATO, 2014).

Sendo assim, espera-se que a política pública de inovação cubra uma ampla variedade de iniciativas que incentivem o setor privado na promoção da geração de inovação. Essas iniciativas podem ser distintas em política científica, política tecnológica e política de inovação. Cada uma dessas faces pode ser considerada um campo distinto de políticas públicas, que, embora intimamente relacionados nos programas de apoio e fomento à inovação, podem ser diferenciados como o objetivo de facilitar sua compreensão (LUNDVALL; BORRÁS, 2005).

Política científica é um conceito do período imediatamente posterior à Segunda Guerra Mundial, que tinha como questões centrais a alocação de recursos suficientes para a ciência, os critérios de sua distribuição entre as atividades e a responsabilidade de assegurar que os recursos fossem utilizados de maneira eficiente e promovessem o bem-estar e a segurança nacional. A formulação de políticas científicas era centralizada em modelos normativo-institucionais que viam a ciência como força produtiva, merecedora de um lugar nas políticas de governo (VELHO, 2011).

Por essa razão, a quantidade e qualidade da formação de recursos humanos recebia especial atenção, uma vez que os objetivos de política científica exercidos efetivamente pelos governos, além do foco no fortalecimento da atividade de pesquisa para o crescimento da ciência e da capacitação, incluíam prestígio nacional e valores culturais, aliados às necessidades socioeconômicas (LUNDVALL; BORRÁS, 2005; VELHO, 2011).

Abordando a inovação de modo sistêmico, o sistema de inovação constituía-se pelas universidades, instituições de pesquisa, institutos tecnológicos e laboratórios de P&D. A

política científica ocupava-se basicamente de duas funções: regular internamente os elementos do sistema de inovação e determinar de que maneira eles relacionam-se com o governo e com o setor produtivo. Considerando que o foco da política científica é a produção de conhecimento científico, os principais instrumentos de políticas públicas eram os recursos públicos de pesquisa garantidos em competição, a existência de organizações públicas de pesquisa, laboratórios, universidades e centros de pesquisa, os incentivos tributários às firmas, a oferta de educação superior em níveis e o suporte legal à propriedade intelectual (LUNDVALL; BORRÁS, 2005).

Entre as décadas de 1960 e 1970, a concepção de que o processo de transformação do conhecimento científico em tecnologia e sua apropriação pela sociedade seguiam um modelo linear que se iniciava com a ciência e produzia bem-estar social foi sendo substituída pela visão de que a política de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) deveria ter foco e racionalidade na identificação de prioridades setoriais e nas demandas geradas pelo mercado (VELHO, 2011). Segundo Lundvall e Borrás (2005), a política de estímulo tomou forma de uma política tecnológica, referindo-se às políticas que têm foco no desenvolvimento de tecnologias e setores. Percebeu-se que houve mudança na concepção das políticas quando tecnologias de base científica tais como energia nuclear, tecnologia espacial, computadores, medicamentos e engenharia genética passaram a assumir papel central na promoção do crescimento econômico, pois acreditava-se que esses setores abririam novas oportunidades comerciais, além de serem caracterizados por uma alta taxa de inovação. Dessa forma não seria mais a ciência que empurrava a tecnologia, mas o mercado, as necessidades dos usuários que passaram a ditar o ritmo do desenvolvimento científico (LUNDVALL; BORRÁS, 2005; VELHO, 2011). Nessa relação entre ciência e tecnologia, as empresas eram tidas como possuidoras de capacitação e habilidades para julgar as demandas do mercado, identificar oportunidades tecnológicas e articular necessidades e demandas.

Embora as bases conceituais, a estrutura organizacional, os instrumentos de financiamento e as formas de avaliação dos mesmos tenham sido comuns aos países que implementaram e conceberam políticas explícitas para estimular a produção e utilização de conhecimento científico e tecnológico, a política tecnológica demonstrou ter diferentes significados para diferentes países (LUNDVALL; BORRÁS, 2005; VELHO, 2011). Nos países de alta renda, o foco estava em estabelecer a capacidade de produzir as mais recentes tecnologias de base científica, assim como definir suas aplicações. Em países menores, o foco era absorver e usar essas tecnologias da maneira como vêm do mercado. E nos países em



desenvolvimento, podem ter sido realizados esforços para entrar em indústrias promissoras já estabelecidas por meio da utilização de novas tecnologias.

Os objetivos das políticas tecnológicas não são muito diferentes daqueles da política científica, mas representaram uma mudança filosófica em direção a objetivos econômicos. Os elementos do sistema de inovação em foco na política tecnológica permanecem sendo universidades, centros de pesquisa, institutos tecnológicos e laboratórios de pesquisa e desenvolvimento. Entretanto, os incentivos passaram a ser para que os pesquisadores trabalhassem em problemas relevantes para o setor produtivo e para que fossem criadas oportunidades para a transferência de tecnologia. Assim, percebe-se que a atenção se move das universidades em direção à engenharia e da organização interna das universidades em direção à maneira como estas se relacionam com o setor produtivo, induzindo a geração de inovação por parte das empresas. Como o foco da política tecnológica é o avanço e a comercialização de conhecimento técnico setorial, os instrumentos específicos desse tipo de política visavam alocar recursos para áreas prioritárias setoriais, sendo que os principais instrumentos desse tipo de política são: os contratos públicos, o apoio do setor público a setores estratégicos, a criação de organizações para ligar a pesquisa à indústria, o treinamento da força de trabalho e melhoria das habilidades técnicas, a padronização, o estudo de tendências tecnológicas e a aferição de setores industriais (LUNDVALL; BORRÁS, 2005; VELHO, 2011).

No final do século XX, a ciência passou a ser vista como fonte de oportunidade estratégica e as formulações políticas passaram a ter foco nas políticas de inovação, que tinham como aspecto fundamental a revisão e a redefinição dos laços entre as partes que compõem o sistema. A política de inovação junta-se à abordagem da política científica, que consiste na ideia de que as firmas sabem o que é bom para elas e normalmente agem de acordo com isso, e à perspectiva da política tecnológica que considera que as competências não estão distribuídas de maneira igualitária entre as firmas e que boas práticas de desenvolvimento, absorção e uso de novas tecnologias não são imediatamente difundidas entre elas. Ambas as abordagens cobrem todos os aspectos do processo de inovação, incluindo difusão, uso e promoção de novas tecnologias e, dessa maneira, podem ser vistas como uma importante forma de política econômica onde o foco está mais na inovação que na alocação (LUNDVALL; BORRÁS, 2005).

Os maiores objetivos das políticas de inovação são o crescimento econômico e a competitividade internacional. Entre os instrumentos que são usados pela política de inovação estão a regulação dos direitos de propriedade intelectual e o acesso a financiamento para as

atividades de P&D. Há uma distinção na política de inovação, que reside entre iniciativas objetivando a promoção da inovação dentro do contexto institucional e aquelas que visam à mudança desse contexto de maneira a promover a inovação. A primeira categoria sobrepõe-se a instrumentos usados em políticas de ciência e tecnologia. A segunda pode incluir reformas em universidades, educação, mercados de trabalho, mercados de capital, setores regulados e leis de competição. Nessa outra abordagem de política pública, lançou-se mão de novos instrumentos que autorizam, por exemplo, a concessão de subvenções econômicas a empresas para a realização de atividades de P&D e inovação tecnológica, rompendo com os paradigmas anteriores vinculados ao modelo linear (VELHO, 2011). Como o foco da política de inovação passou a ser a performance global da economia, os instrumentos de políticas públicas mais utilizados são: a melhoria das habilidades individuais e da capacidade de aprender, a melhora do desempenho e do aprendizado organizacional, a regulação ambiental, a regulação biotécnica, leis corporativas, leis de competição, melhoria do capital social para o desenvolvimento regional: clusters e distritos industriais, previsões inteligentes, reflexivas e democráticas.

Embora haja diferenças entre os tipos de políticas, pode-se perceber que os mecanismos de política conversam entre si, mesmo porque os instrumentos das políticas de ciência e tecnologia também são os instrumentos da política de inovação. A diferença é que a política de inovação confere especial atenção às dimensões organizacionais e institucionais dos sistemas de inovação, pois o conhecimento científico passou a ser notado como um processo socialmente construído, incluindo a geração de competências e o desempenho organizacional (LUNDVALL; BORRÁS, 2005). Ou melhor, para atender esse propósito, as políticas usam diversos instrumentos conjugados tais como: investimentos em pesquisa básica, em recursos humanos e em infraestrutura pública de pesquisa; criação de redes de pesquisa e apoio à realização de P&D das empresas com universidades e centros de pesquisa.

Nesse contexto de política de inovação, a preocupação fundamental dos governos e dos *policy makers* passa a ser a identificação de qual o instrumento de política mais apropriado para estimular as atividades tecnológicas do país, considerando o Estado não como substituto do mercado em suas falhas estáticas, mas sim como o agente auxiliador na alocação dos recursos da melhor maneira possível, assegurando, assim, a competitividade também em termos dinâmicos. No que se refere à inovação, é a intervenção do Estado que dinamiza a capacidade e a disposição do empresariado, criando os espaços e as perspectivas de investimento e mercado (MAZZUCATO, 2014). Deste modo, a discussão sobre o papel do Estado e sua necessidade de intervenção na economia perde espaço para o debate sobre a

forma como o Estado deve intervir na promoção do desenvolvimento tecnológico (DOSI *et al*, 1990).

Ainda é possível refinar o conceito de política pública de C,T&I, numa conceituação teórica ortodoxa, passando necessariamente pela abordagem tradicional da política industrial, pela existência de falhas de mercado e pela inadequação social dos mecanismos de incentivo privados (METCALFE, 1994). Abordando as políticas de incentivo dessa maneira, vê-se que esses conceitos estão relacionados às peculiaridades econômicas que envolvem o conhecimento como fator determinante para a inovação, sua produção e disseminação, e, em particular, seu caráter indivisível, incerto, não apropriável, as externalidades geradas por ele e as demais propriedades dos bens públicos que o caracterizam.

Embora estas imperfeições forneçam uma justificativa geral para a aplicação dos instrumentos de política de inovação, elas não fornecem orientações específicas para as particularidades de cada caso individualmente. De fato, a perspectiva de fracasso do mercado é notavelmente presente em suas prescrições e pode ser aplicada na maioria dos casos nos quais se admite a presença de políticas públicas ativas de inovação. Entretanto, há de se considerar também que os mecanismos de mercado podem levar a situações nas quais há empresas fazendo demasiada ou pouca inovação, que inovarão muito tarde ou muito cedo, e que gerarão inovações com boa ou má qualidade (STONEMAN, 1991).

Para Metcalfe (1994), sob a perspectiva evolucionista, é importante considerar que existem diferenças importantes entre as políticas e a maneira como elas criarão condições às empresas na realização de atividades inovativas. Uma primeira categoria são as políticas cujo objetivo é reduzir os custos de pesquisa para a empresa, como subsídios às atividades de P&D e incentivos fiscais a P&D. Outra categoria tem como objetivo alterar as possibilidades inovativas das empresas como programas de P&D em colaboração com outras instituições, como por exemplo, com instituições públicas de pesquisa básica. Mas, de toda maneira, as políticas de inovação envolvem o processo de invenção e o de difusão, da ciência básica até o domínio das competências tecnológicas específicas.

Sendo assim, as políticas que buscam aumentar a competitividade via inovação tecnológica constituem-se em diversos tipos: de caráter fiscal e orçamentário, no caso da montagem de infraestrutura pública; de crédito e de financiamento, tanto para empresas públicas como privadas em setores de transportes e energia, de alta intensidade de capital, que necessitem de elevado volume de investimento e com baixo retorno esperado; de compras do governo, no estímulo à modernização e capacitação tecnológica; de normalização e

certificação tecnológica; de estímulo à criação e à consolidação de mecanismos de difusão tecnológica e de comércio exterior (POSSAS, 1996).

Mais do que auxiliar as empresas a inovarem, na prática, as políticas públicas de inovação vêm se concentrando na criação de um ambiente propício à inovação, como a promoção de redes de cooperação entre empresas e entre setor público e privado (AVELLAR, 2009). Além do que, o financiamento à P&D nas empresas é um dos instrumentos universalmente mais utilizados para a indução do desenvolvimento tecnológico, e tem impacto positivo sobre a produtividade e crescimento das firmas (DE NEGRI; LEMOS, 2009).

A partir desse aparato teórico, podem-se identificar três aspectos na atuação das políticas tecnológicas referentes aos instrumentos utilizados, aos objetivos e ao objeto-alvo dessa política. Entre os instrumentos destacam-se os incentivos fiscais às atividades de P&D, linhas de financiamento dirigidas à inovação tecnológica, compras do setor público e fornecimento de capital de risco para empreendimentos novos de base tecnológica. Esses elementos serão melhor abordados nas próximas seções deste capítulo. Quanto aos objetivos da política encontra-se uma grande diversidade, pois podem estar focados no desempenho das empresas ou de um setor, no estímulo de parcerias entre empresas e centros de pesquisa, na capacitação dos recursos humanos, em programas de qualidade ou na melhoria do ambiente regulatório. Sendo assim, os objetos da política podem ser empresas, grupo de empresas, setores, universidades, centros de pesquisa, pesquisadores.

#### **2.4 Breve histórico das políticas de inovação no Brasil**

Desde o final da Segunda Guerra até meados da década de 1970, as políticas de desenvolvimento brasileiras tinham como base a crença de que o progresso tecnológico e a existência de uma estrutura industrial tecnologicamente dinâmica seriam uma consequência direta do processo de industrialização, da liberalização e da estabilização da economia. Não havia até então nenhum esforço explícito de fomento ao progresso tecnológico.

A primeira vez que o governo brasileiro elaborou planos que compatibilizavam diversas linhas de atuação, indicando os instrumentos para sua execução e que apresentavam as diretrizes que deviam ser seguidas data de 1975, quando o Governo Federal instituiu o Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. As entidades que utilizavam recursos governamentais para realizar atividades de pesquisas científicas e tecnológicas passaram a ser organizadas na forma de um sistema nacional. Seguiram-se então os Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, administrados pelo Conselho Nacional

de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Essa configuração institucional manteve-se até 1985, quando foi criado o Ministério da Ciência e Tecnologia, como órgão central do sistema federal de C&T. A harmonização entre as políticas dos diversos ministérios que também atuam na área tem sido assegurada pelo Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia que teve sua atuação revigorada após o ano de 2003 (MCTI, 2007).

No período pós-guerra, a política de C&T compunha-se de formação de recursos humanos e geração de novos conhecimentos científicos e tecnológicos (VIOTTI, 2008), voltada quase que exclusivamente para o apoio e o estímulo às instituições de ensino e pesquisa, sem que o setor privado fosse considerado alvo dos programas de políticas de C&T.

A promoção da inovação tecnológica passou a ser incluída enfaticamente nos objetivos da política de desenvolvimento brasileira a partir do final dos anos 1990, com a promoção de profundas reformas políticas no âmbito do fomento à inovação (MORAIS, 2008), a despeito do papel das empresas ter continuado o de ser um agente externo nas políticas de avanço tecnológico. Neste período mais recente, as alterações no marco legal tiveram por objetivo estimular processos mais intensivos de modernização tecnológica nas empresas e criar um ambiente institucional mais favorável ao aprofundamento da cooperação entre os agentes públicos da área de C&T e o setor produtivo. Tais reformas apresentaram notoriedade, tanto em termos de formulação de política, quanto no que diz respeito à oferta de instrumentos e recursos de apoio à inovação (KANNEBLEY JUNIOR; PORTO, 2012; MORAIS, 2008).

No período compreendido desde meados de 1950 até o atual momento, a evolução das políticas de C&T e de inovação pode ser compreendida em três fases, de acordo com o modelo de desenvolvimento econômico vigente na época (VIOTTI, 2008).

O período entre o final da Segunda Guerra e o início dos anos 1980 foi marcado pelo forte apelo da industrialização via substituição de importações como motor do desenvolvimento econômico. Acreditava-se que o desenvolvimento do Brasil seria uma consequência de sua industrialização.

A política vigente de C&T tinha como foco central a promoção da infraestrutura e de atividades de P&D, isto é, a criação e o fortalecimento de universidades e instituições de pesquisa, assim como a formação de recursos humanos para atividades de P&D. Com isso, esperava-se que ocorresse uma expressiva ampliação da oferta de recursos científicos e tecnológicos produzidos por instituições de P&D, que, supunha-se, viria a ser aproveitada pelas empresas e transformada em inovações (VIOTTI, 2008). As políticas dos anos 1960/1970 delinearam um quadro produtivo com mercados fechados, altas taxas de

importação, financiamento facilitado para construção de fábricas e a Lei do Similar Nacional<sup>2</sup> para induzir a fabricação local de bens mais tecnologicamente complexos, mas não necessariamente incentivavam um projeto de produção destes (SALERNO; KUBOTA, 2008).

Percebe-se que essa visão política caracterizava a empresa como agente externo ao sistema de C&T do país, sendo consideradas apenas como usuárias ou consumidoras da produção de conhecimentos ofertada pelas instituições de P&D. Desse modo, a política explícita de C&T estava desarticulada das necessidades do processo de industrialização, prestando contribuição de pouca relevância para o desenvolvimento das capacidades de aperfeiçoamento e inovação, pois o conhecimento gerado não foi efetivamente aproveitado pelo setor produtivo da economia (VIOTTI, 2008).

Até o fim dos anos 1980, a economia muito fechada inibiu a competição internacional no período em que houve profunda transformação da base produtiva, com a introdução das tecnologias de informação e comunicação (TICs) em produtos como computadores, softwares e microeletrônica, principalmente. Além disso, as empresas brasileiras experimentavam uma fase de internacionalização, acirrando e induzindo o modelo profundamente globalizado atual (SALERNO; KUBOTA, 2008).

A necessidade de superar a desarticulação entre política de C&T e política industrial foi o objetivo central das reformas iniciadas no Brasil no final da década de 1990, a fim de também mobilizar novos recursos que revertessem a histórica instabilidade do gasto público para C&T (PACHECO, 2003).

Enquanto as políticas industriais dos anos 1960 e 1970 tiveram foco na construção de capacidade física, sem preocupação com padrão competitivo internacional, nos anos 1990 o discurso era orientado para o fortalecimento da competitividade internacional, embora fosse ainda apartado de política industrial (SALERNO, 2010).

A segunda fase de desenvolvimento das políticas de fomento à inovação inicia-se em meados da década de 1980, com a busca do aumento da competitividade do sistema produtivo brasileiro, por intermédio da liberação dos mercados. No início dos anos 1990, com a revogação da Lei do Similar Nacional e com a queda expressiva das tarifas de importação, bem como a revogação de várias restrições à importação então existentes, a orientação política tinha a intenção de dar um “choque de competitividade” na indústria (SALERNO; KUBOTA, 2008). Essas medidas adotadas tinham como referência a crença de que as próprias políticas de industrialização ou desenvolvimento seriam responsáveis pelos elevados

---

<sup>2</sup> A lei do similar nacional foi uma lei de proteção à indústria nacional instituída nos anos 1950 que buscava garantir reserva de mercado para empresas de capital nacional, estabelecendo que um produto somente poderia ser importado se fosse comprovado que nenhum produto similar era produzido no país.

níveis de ineficiência, pela falta de competitividade da economia e pelo persistente atraso econômico e tecnológico (VIOTTI, 2008).

A abertura do mercado interno aos bens e serviços internacionais era vista como o principal instrumento da política de C&T implícita no modelo de desenvolvimento. Esperava-se que o aumento das pressões competitivas associadas à abertura do mercado brasileiro removeria a proteção, que permitia manter lucrativo o emprego de tecnologias defasadas, e incentivaria as empresas a buscar inovações tecnológicas que as tornassem competitivas frente à concorrência internacional. Também se acreditava que a abertura comercial facilitaria e aceleraria o processo de transferência de tecnologias estrangeiras para o país por meio do investimento direto estrangeiro.

Em meados da década de 1990, a política explícita de C&T manteve a promoção de atividades de P&D, tendo-se reduzido significativamente os investimentos públicos nessa área. Entretanto, isto não comprometeu a formação de recursos humanos para a pesquisa, cujo processo de avanço foi sistemático e acelerado, consolidando a pós-graduação brasileira neste período (VIOTTI, 2008).

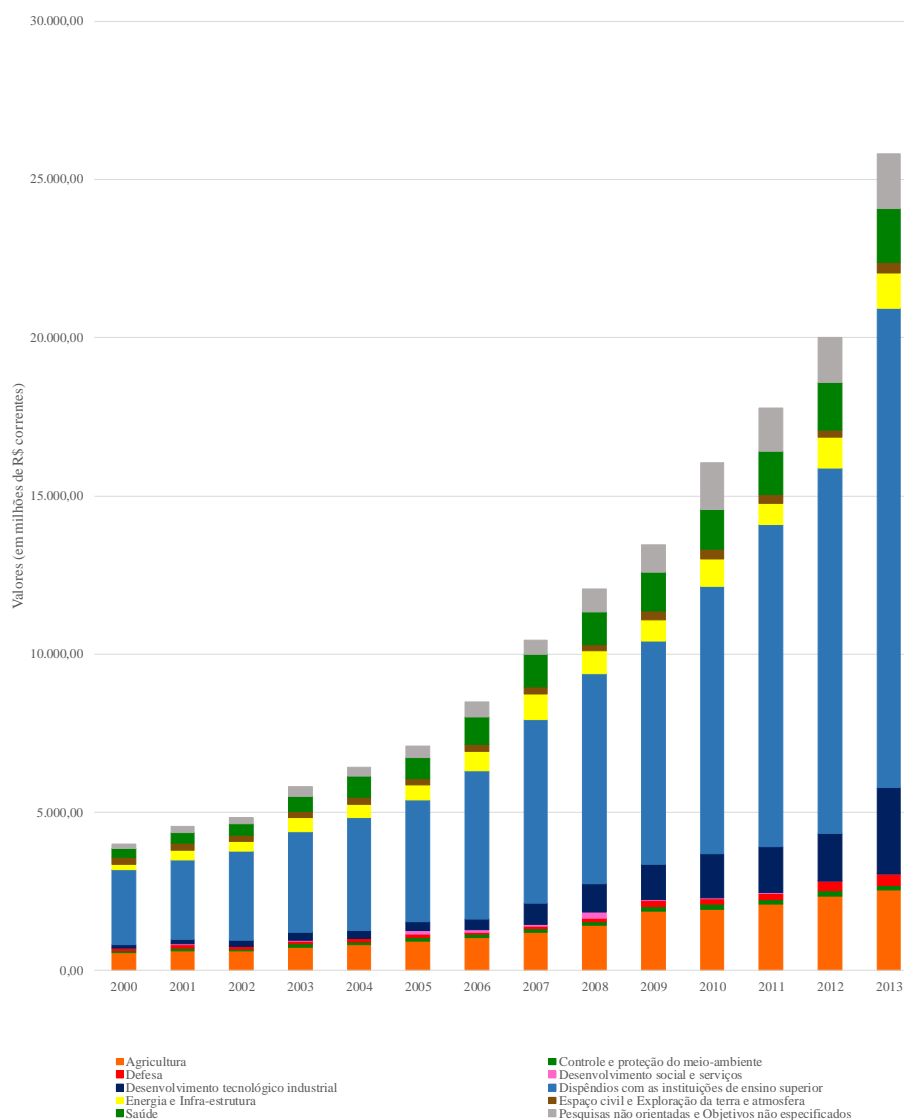
Além disso, nesse período houve algumas mudanças relevantes para os rumos das políticas de C&T no Brasil. De acordo com Viotti (2008), uma dessas mudanças foi a reforma do regime de propriedade intelectual, ocorrido principalmente em atendimento às regras estabelecidas pelo Acordo Comercial Relativo aos Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual, da Organização Mundial de Comércio (OMC).

Tal reforma objetivava reduzir a natureza de bem público do conhecimento científico e tecnológico, o que permitia o seu emprego simultâneo por diversos usuários. Buscava reforçar a natureza econômica do conhecimento por intermédio da concessão de monopólios de exploração mais amplos e duradouros. Com isso, houve um desequilíbrio em favor do pequeno grupo de inovadores, formado principalmente por empresas estrangeiras, e contra as empresas nacionais absorvedoras de tecnologia. Com esse novo regime de apropriação intelectual, a inovação seria estimulada nas empresas instaladas no país, independentemente da origem de seu capital (VIOTTI, 2008).

Outras mudanças ocorridas nesse período foram a promoção do empreendedorismo e da criação de incubadoras de empresas e parques tecnológicos e a introdução da “inovação” como um dos objetivos da política. No final dos anos 1990, a inovação já se constituía em um novo elemento das políticas de C&T, embora ainda houvesse assimetria entre os setores acadêmico e produtivo em relação à geração de inovação efetiva.

A Figura 3 representa a distribuição entre os objetivos socioeconômicos das políticas de fomento à inovação a partir do ano de 2000. Os dados introduzem um ponto do debate sobre os objetivos a serem alcançados pela política de incentivo à inovação.

**FIGURA 2- Dispendio realizado em políticas de inovação por objetivo socioeconômico (em milhões de R\$ correntes)**



Fonte: Elaboração da autora com base em dados do MCTI

Apesar do alto dispendio governamental em atividades de P&D, percebe-se que esse gasto tem sido concentrado em poucas áreas. A maior parte desses gastos foi destinada as instituições de ensino superior, com parcelas significativas destinadas à agricultura e pesquisas não orientadas. Para Pacheco (2003), o êxito da pós-graduação, em paralelo a um desempenho ruim do setor privado, reforçou a dimensão “ofertista” da política de C&T do período e a assimetria do sistema. A consolidação da pós-graduação correspondeu a um



grande esforço de qualificação de recursos humanos e fortalecimento da pesquisa acadêmica que deveria ser acompanhado pelo fortalecimento tecnológico das empresas. O que havia de instrumentos e políticas de apoio às atividades de P&D empresariais foram pensadas nos mesmos termos de políticas de apoio à atividade de pesquisa acadêmica, e não em termos de política econômica, como seria mais cabível.

Dessa forma, a política de C&T dessa segunda fase de desenvolvimento tecnológico brasileiro, embora buscasse eficiência e competitividade, pode ter sido uma simplificação do processo de mudança técnica, não muito diferente do que ocorreu no período em que se buscava o progresso tecnológico via industrialização. Havia a necessidade de o governo apoiar o esforço privado, isto é, a raiz do que se esperava em termos de apoio político, acadêmico e empresarial às reformas políticas concebidas, que precisam dar maior ênfase ao tema inovação, a fim de promover importantes mudanças de comportamento estratégico, tornando-o mais intensivo em esforços próprios de P&D ou alianças com universidades e instituições de pesquisa (PACHECO, 2003).

Isso não ocorreu, assim como o processo de inovação nas empresas não ocorreu de forma a ser um simples resultado natural do processo de abertura, fortalecimento da propriedade intelectual e ampliação dos investimentos estrangeiros, como previa a política de C&T do período (VIOTTI, 2008).

Com a herança desse cenário, a terceira fase do desenvolvimento tecnológico brasileiro inicia-se em meados da virada para o século XXI. Houve, juntamente com a mudança do padrão de governo, um processo de revalorização do papel das políticas públicas ativas como ferramentas necessárias para a promoção do desenvolvimento.

Assim, a adoção de políticas ativas para promover a inovação passou a assumir crescente importância no debate sobre as políticas econômicas, industriais e de C&T (VIOTTI, 2008). É desse período um conjunto de iniciativas que davam apoio sistemático e complexo às atividades de inovação das empresas e instituições de pesquisa. Entre essas, podem ser destacadas a criação dos Fundos Setoriais, a Lei de Inovação, a Lei do Bem e a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE).

Esta última política buscou diferenciar-se tanto das políticas industriais dos anos 1960 e 1970, cujo foco era a expansão da capacidade física do parque industrial, como da política de estímulo à competitividade dos anos 1990, desvinculada de uma política de desenvolvimento industrial (ARRUDA; VERMULM; HOLLANDA, 2006).

Essa política estabeleceu um conjunto complexo e ambicioso de áreas prioritárias articuladas em três eixos: linhas de ação horizontais (inovação e desenvolvimento

tecnológico, inserção externa, modernização industrial e melhoria do ambiente institucional/ ampliação da capacidade de escala produtiva), opções estratégicas (semicondutores, software, bens de capital e fármacos e medicamentos) e atividades portadoras de futuro (biotecnologia, nanotecnologia, biomassa e energias renováveis). Dois pontos merecem destaque na organização dessa política: o primeiro é o resgate da política industrial desarticulada na fase de liberalização da economia brasileira, o segundo é a busca explícita da conjugação entre política industrial e política tecnológica através dos incentivos à inovação (VIOTTI, 2008). Os mecanismos de fomento à inovação, com destaque para a área de P&D, foram aprimorados no Brasil, a partir do momento em que a agenda de C&T incorporou de forma mais clara o tema inovação como prioridade da política pública (PACHECO, 2011).

Nesse sentido, o plano de ação do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2007) trata como prioridades estratégicas as seguintes linhas de ação: Expansão e Consolidação do Sistema Nacional de C,T&I, Promoção da Inovação Tecnológica nas Empresas; Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Áreas Estratégicas; C,T&I para o Desenvolvimento Social.

Nessa fase mais recente, há outras quatro tendências ou aspectos adicionais relativos à política de C&T brasileira que a caracterizam: o crescimento do interesse da mídia em assuntos de C,T&I, a ampliação do número de estados e municípios que buscam por si estruturar políticas de C,T&I, o esforço de construção de uma política de C,T&I voltada para a promoção da inclusão social e a crescente utilização da abordagem de Arranjos Produtivos Locais<sup>3</sup> como ferramenta de análise e intervenção localizada (VIOTTI, 2008).

Para De Negri e Lemos (2009), os gastos deveriam ser focalizados nos segmentos onde a iniciativa privada ainda não estivesse investindo e que são considerados centrais no padrão de C,T&I identificados mundialmente. A fim de criar condições para que tais atividades fossem consideradas rentáveis, os setores preferenciais para a alocação de recursos públicos seriam aqueles onde ainda existiriam janelas de oportunidades, isto é, setores novos, empresas ainda emergentes, suporte público e concorrência ainda modesta, em termos de capacitação tecnológica.

Todas essas características apresentadas mostram que nos últimos anos ocorreu um deslocamento do eixo da política de C&T na direção de uma aproximação do setor produtivo

---

<sup>3</sup> Conforme definição proposta pela RedeSist, arranjos produtivos locais são aglomerações territoriais de agentes econômicos, políticos e sociais – com foco em um conjunto específico de atividades econômicas – que apresentam vínculos, ainda que incipientes. Geralmente envolvem a participação e a interação de empresas, incluem também diversas outras instituições públicas e privadas voltadas para a formação e capacitação de recursos humanos, pesquisa, desenvolvimento e engenharia, política, promoção e financiamento (CASSIOLATO e LASTRES, 2003).

e das empresas, alterando-se efetivamente para uma política orientada de inovação tecnológica. Segundo Pacheco (2011), o apoio às atividades de inovação das empresas vinha crescendo desde meados dos anos 2000, em função da implementação da Lei do Bem e da subvenção econômica prevista na Lei de Inovação. Entretanto, no ano de 2009, muito em função da crise e da natureza pró-cíclica desses incentivos, houve uma queda tanto nos incentivos fiscais da Lei do Bem e da Lei de Informática, como também no dispêndio da União com a subvenção econômica.

## **2.5 Marco legal brasileiro da inovação**

As políticas públicas de fomento à inovação atualmente seguem a legislação dos Fundos Setoriais, instituídos pela Lei nº 11.540/07, a Lei do Bem (Lei nº 11.196/05), Lei da Informática (Lei nº 8.248/91 alterada pela Lei nº 11.077/04) e a Lei da Inovação (Lei nº 10.973/04), bem como suas posteriores alterações. Atuam através de subsídios, incentivos fiscais, subvenções econômicas, créditos especiais entre outros instrumentos legais para empresas que inovam ou buscam inovar.

O marco legal da inovação brasileiro tem como um dos objetivos principais prescrever o comportamento das instituições de pesquisa científica e tecnológica ao interagir e colaborar com o setor privado de modo a transformar inovação em competitividade, gerando desenvolvimento socioeconômico e cultural no Brasil.

O marco regulatório do setor de C&T tornou-se bem mais complexo, inclusive com a aprovação, entre o final da década de 1990 e meados da década de 2010, de um conjunto novo de instrumentos legais, em que se destacam uma nova Lei de Propriedade Industrial, a Lei de Cultivares, a Lei do Software, várias versões da Lei de Biossegurança e, por fim, a chamada Lei de Inovação do Brasil (PACHECO, 2008).

Nas próximas subseções serão apresentados os principais aparatos jurídicos que delimitam o fomento à inovação no Brasil.

### **2.5.1 Fundos Setoriais**

Criados no final da década de 1990, em meio às diversas medidas que objetivavam a ruptura com o modelo linear de inovação em direção ao modelo sistêmico, os Fundos Setoriais representaram um novo padrão de financiamento de P&D no Brasil. Esses fundos trouxeram uma maior integração dos setores produtivos às ICTs, com o objetivo de fomentar avanços em diversos setores da economia.

Os fundos foram instituídos em função da necessidade de superar a instabilidade da alocação de recursos para o financiamento do desenvolvimento científico e tecnológico. Um dos objetivos é o de disseminar, no meio empresarial, principalmente entre as pequenas e médias empresas, a prática da inovação como fonte fundamental para a competitividade (PACHECO, 2007).

O marco legal dos Fundos Setoriais dispõe sobre o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT, alterando o Decreto-Lei que o instituiu em 1969, e a Lei nº 9.478/97 que o alterou posteriormente e dá outras providências à criação dos Fundos Setoriais, constituindo-os de receitas fiscais e parafiscais vinculadas<sup>4</sup>, que tem como finalidade fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico de determinados setores (BRASIL, 2007).

Embora inspirado nos debates sobre privatizações e no financiamento à P&D dos centros de pesquisas das empresas estatais, ocorridos antes de 1999, a formulação dos Fundos Setoriais não foi limitada aos setores primariamente considerados. Esperava-se que a engenharia financeira e institucional dos primeiros fundos poderia servir para a montagem de outros, em setores em que não havia tradição de ação estatal, mas que se mostravam vitais para uma melhor inserção internacional, requerendo financiamento público para a pesquisa e inovação, a fim de aumentar a competitividade desses setores (PACHECO, 2003). Entretanto, o instrumento, inovador, teve sua eficácia minimizada em razão da baixa execução orçamentária da época e do arcabouço legal e regulatório então vigente, o qual impedia a aplicação em projetos empresariais e pulverizava recursos em vista da existência de vários fundos setoriais (SALERNO; KUBOTA, 2008).

Essa situação se reverteu nos anos seguintes, tendo que o montante de recursos dos fundos setoriais, que efetivamente foi dirigido a projetos, aumentou de forma significativa e houve aprovação do novo arcabouço legal, a Lei de Inovação e a Lei do Bem, o que possibilitou ao Estado financiar P&D diretamente nas empresas, o que antes era feito

---

<sup>4</sup> As receitas que alimentam os Fundos tem diversas origens: recursos ordinários do tesouro nacional, a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE), parcela sobre o valor de royalties sobre a produção de petróleo ou gás natural, percentual da receita operacional líquida de empresas de energia elétrica, percentual dos recursos decorrentes de contratos de cessão de direitos de uso da infraestrutura rodoviária para fins de exploração de sistemas de comunicação e telecomunicações, percentual dos recursos oriundos da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, percentual das receitas destinadas ao fomento de atividade de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico do setor espacial, percentual do faturamento bruto de empresas que desenvolvam ou produzam bens e serviços de informática e automação, percentual sobre a parcela do produto da arrecadação do Adicional ao Frete para a Renovação da Marinha Mercante - AFRMM que cabe ao Fundo da Marinha Mercante – FMM, o produto do rendimento de suas aplicações em programas e projetos, bem como nos fundos de investimentos, recursos provenientes de incentivos fiscais, empréstimos de instituições financeiras ou outras entidades, contribuições e doações de entidades públicas e privadas e o retorno dos empréstimos concedidos à FINEP (MCTI, 2007).

utilizando-se do artifício da existência de projetos conjuntos entre universidades e empresas: o Estado (via FINEP ou assemelhados) financiava (não reembolsável) a universidade, e a empresa financiava sua própria parte (SALERNO; KUBOTA, 2012).

### 2.5.2 Lei de Informática

Após o fim da reserva de mercado para produtos de informática e a abertura do mercado brasileiro no início dos anos 1990, instituiu-se uma nova política que pretendia atender a requisitos de estímulo à competitividade, baseando-se em aspectos de inovação, seletividade e qualidade, com instrumentos de estímulo ao setor de informática acompanhados de exigências e contrapartidas (PACHECO, 2003). Tal política foi consolidada pela Lei de Informática (Lei nº 8.248/91) e sua posterior alteração dada pela Lei nº 10.176/01, que dispõe sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação, e dá outras providências.

A Lei de Informática constitui outro instrumento legal de política industrial e tecnológica no contexto da convergência digital e resultou de uma ampla negociação envolvendo a revisão tributária e fiscal, que estendeu a vigência dos incentivos de 2009 para 2019, incluindo o Polo Industrial de Manaus. Pela referida lei, as empresas de desenvolvimento ou produção de bens e serviços de informática e automação que investirem em atividades de pesquisa e desenvolvimento em tecnologia da informação farão jus ao benefício da redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), tornando isentas de tal imposto as compras de máquinas, equipamentos, aparelhos e instrumentos produzidos no país, bem como suas partes e peças de reposição, acessórias, matérias-primas e produtos intermediários realizadas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e por entidades sem fins lucrativos ativas no fomento, na coordenação ou na execução de programa de pesquisa científica ou de ensino devidamente credenciadas no citado conselho.

A concessão dos incentivos previstos na lei estabelece a exigência de contrapartida em investimentos de P&D das empresas de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), integrando o setor empresarial e as instituições de ensino e pesquisa na realização de projetos de P&D, intencionando promover o aproveitamento do conhecimento gerado nestes centros, inclusive nas regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste (MCTI, 2007).

Constituiu-se numa lei que regularizava incentivos fiscais à empresas do setor de informática, que não teve êxito na promoção da geração de inovação no setor privado, uma vez que, sem foco, reservou o mercado para a produção local de todos os bens de informática

(microcomputadores, máquinas industriais com controle microeletrônico – robôs, comandos numéricos, etc., automação bancária e outros). As alterações propostas à lei do início da década de 1990, a atual Lei de Informática pode ser considerada uma compensação às empresas do segmento, instaladas fora da Zona Franca de Manaus, pelos incentivos que aquelas instaladas nessa zona recebem. Tal iniciativa não apresentou efeitos sobre o sistema produtivo, nem setorial, nem regional assim como não houve resultado expressivo do ponto de vista do desenvolvimento tecnológico e da inovação (SALERNO; KUBOTA, 2012).

### 2.5.3 Lei de Inovação

No Brasil, a Lei de Inovação é o marco legal que autoriza a administração pública a financiar diretamente, e mesmo subsidiar, em casos específicos, a inovação na empresa (MORAIS, 2008). É um conjunto de leis e normas inspirado na Lei de Inovação Francesa e no *Bayh-Dole Act*<sup>5</sup> americano (RAUEN, 2016), sendo definido como um arcabouço jurídico-institucional voltado ao fortalecimento das áreas de pesquisa e da geração de conhecimento no país, em particular aumentando a promoção de ambientes cooperativos para a produção científica e tecnológica.

O primeiro parágrafo original da Lei de Inovação (Lei nº 10.973/04) estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação tecnológica, ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional do País (BRASIL, 2004). Assim, tem como objetivo principal estimular a contribuição de universidades e institutos de pesquisa públicos para o processo de geração e aplicação da inovação.

Por conta de dificuldades observadas na promoção da interação entre as ICTs e as empresas privadas, devido à ausência de definições claras sobre as práticas e o modo de operação da gestão da inovação por ICTs em parcerias com instituições privadas, foi levado à apreciação do Palácio do Planalto ao final de 2015, o Projeto de Lei Complementar que deu origem à sanção presidencial da Lei n.º 13.243, que institui o novo código da C,T&I no Brasil (RAUEN, 2016). Assim, a Lei de Inovação foi alterada instituindo a observância de princípios

---

<sup>5</sup> A lei francesa estabelece os procedimentos legais da relação público-privada, além de criar mecanismos que estimulem a inovação tecnológica no ambiente universitário. Tem como objetivo facilitar a transferência de pesquisa financiada pelo setor público para a indústria e a criação de empresas inovadoras. A legislação americana foi direcionada para a questão de propriedade intelectual uniforme, permitindo às universidades, institutos de pesquisa e pequenas empresas reterem a titularidade de patentes de invenções derivadas de pesquisas financiadas com recursos públicos federais e facultar às instituições beneficiárias desses recursos transferirem tecnologia para terceiros. O BayhDole Act foi responsável pelo aumento significativo do nível de patenteamento nas universidades americanas (MATIAS-PEREIRA; KRUGLIANSKAS, 2005).

tais como a promoção das atividades científicas e tecnológicas como estratégicas para o desenvolvimento econômico e social e a promoção e continuidade dos processos de desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, assegurados os recursos humanos, econômicos e financeiros para tal finalidade (BRASIL, 2016).

Com base nas alterações da lei, ainda prescreve-se que devem ser observadas a redução das desigualdades regionais; a descentralização das atividades de ciência, tecnologia e inovação em cada esfera de governo, com desconcentração em cada ente federado; a promoção da cooperação e interação entre os entes públicos, entre os setores público e privado e entre empresas; o estímulo à atividade de inovação nas Instituições Científica, Tecnológica e de Inovação (ICTs) e nas empresas, inclusive para a atração, a constituição e a instalação de centros de pesquisa, desenvolvimento e inovação e de parques e polos tecnológicos no País; a promoção da competitividade empresarial nos mercados nacional e internacional; o incentivo à constituição de ambientes favoráveis à inovação e às atividades de transferência de tecnologia; a promoção e continuidade dos processos de formação e capacitação científica e tecnológica; o fortalecimento das capacidades operacional, científica, tecnológica e administrativa das ICTs; a atratividade dos instrumentos de fomento e de crédito, bem como sua permanente atualização e aperfeiçoamento; a utilização do poder de compra do Estado para fomento à inovação, apoio, incentivo e integração dos inventores independentes às atividades das ICTs e ao sistema produtivo.

Sendo assim, a Lei regula os processos de transferência para empresas privadas de tecnologias geradas por tais instituições e permite o compartilhamento com empresas de suas infraestruturas, equipamentos e recursos humanos. Além disso, permite a participação minoritária do governo federal no capital de empresas privadas de propósito específico que visem o desenvolvimento de inovações.

Pela redação da referida lei, são considerados instrumentos de estímulo à inovação nas empresas, quando aplicáveis, entre outros os programas de subvenção econômica, o financiamento direto, a participação societária, o bônus tecnológico, as encomendas tecnológicas, os incentivos fiscais, a concessão de bolsas, o uso do poder de compra do Estado, os fundos de investimentos, os fundos de participação, os títulos financeiros (incentivados ou não) e a previsão de investimento em pesquisa e desenvolvimento em contratos de concessão de serviços públicos ou regulações setoriais.

Vê-se que há a permissão de concessão de recursos financeiros a empresas, sob a forma de subvenção econômica, financiamento ou participação acionária, visando o desenvolvimento de produtos e processos inovadores. Também autoriza a administração

pública a realizar encomendas tecnológicas de soluções de problemas técnicos específicos ou de produtos e processos inovadores que atendam objetivos de interesse público (MCTI, 2007).

Com isso, a Lei de Inovação representou um novo paradigma para a maior difusão do conhecimento gerado nas universidades e em centros de pesquisa em apoio a inovações no setor produtivo, conservando as bases pelas quais a lei estabelece as formas de estímulo à atividade inovativa, isto é, permanecem no sentido da pesquisa em direção à produção, tendo em vista que os principais mecanismos e atribuições disciplinados pela lei referem-se às atividades das ICTs e de seus pesquisadores. Tal direcionamento favoreceu a aplicação do modelo dos fundos setoriais, o qual buscou garantir maior participação do setor empresarial nos recursos alocados, no País, para CT&I (MORAIS, 2008; RAUEN, 2016).

#### 2.5.4 Lei do Bem

A Lei do Bem (Lei nº 11.196/05) consolidou e ampliou incentivos fiscais pré-existentes, assim como estabeleceu novos e substanciais incentivos a empresas que realizam atividades de P&D e inovação tecnológica. O terceiro capítulo da Lei dispõe sobre os incentivos à inovação tecnológica, estabelecendo que pessoas jurídicas poderão usufruir de incentivos fiscais para tal finalidade (BRASIL, 2005).

Entre esses incentivos fiscais destacam-se significativas reduções de Imposto de Renda e da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido correspondentes a investimentos realizados em atividades de P,D&I por empresas que trabalham sob o sistema de apuração do lucro real. A lei também autoriza as agências de fomento de C&T a subvencionar o valor da remuneração de pesquisadores, titulados como mestres ou doutores, empregados em atividades de inovação tecnológica em empresas localizadas no território brasileiro (MCTI, 2007).

Além desses incentivos fiscais, a Lei autoriza o governo federal a conceder subvenções econômicas a empresas, desde que estas contratem pesquisadores detentores de título de mestrado ou doutorado, para a realização de atividades de P&D e inovação tecnológica e que participem de concorrência editadas pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) sendo que seus benefícios visam estimular a fase de maior incerteza quanto à obtenção de resultados econômicos e financeiros pelas empresas no processo de inovação que envolve risco tecnológico (KANNEBLEY JUNIOR; PORTO, 2012). Em resumo, a Lei do Bem conta com uma combinação de mecanismos para atender a seus objetivos, tais como: depreciação e amortização aceleradas, redução de impostos para a aquisição de equipamentos



de pesquisa, crédito no imposto de renda na fonte sobre *royalties*, assistência técnica e serviços especializados contratados no exterior.

Cabe ressaltar que essa lei considera como inovação tecnológica a concepção de novo produto ou processo de fabricação, bem como a agregação de novas funcionalidades ou características ao produto ou processo que implique melhorias incrementais e efetivo ganho de qualidade ou produtividade, resultando maior competitividade no mercado (BRASIL, 2005).

Para Salerno e Kubota (2008), a Lei do Bem, ao reduzir impostos, introduz uma ruptura conceitual de largas proporções nas políticas de fomento à inovação, uma vez que os incentivos fiscais para P&D são de fruição automática, isto é, não se exige a apresentação de projeto, ou pedido de autorização prévia para que possam ser usufruídos. Além disso, os dispêndios de P&D são lançados em contas regulamentadas pela Receita Federal, cujo saldo pode aumentar, automaticamente, 60% (ou seja, possibilitar uma dedução extra do IR, como se houvesse mais a deduzir). Os contratos de P&D realizados com micros e pequenas empresas brasileiras, e com institutos de ciência e tecnologia brasileiros, podem ser considerados como despesas internas, e, com isso, ser estendidos a empresas menores que não utilizam o sistema de apuração de lucro real, e estimular a formação de redes de empresas e de cooperação com universidades. Para incentivar o aumento do quadro de pessoal de P&D, a lei prevê abatimento adicional de 20% em razão do aumento do número de pesquisadores contratados. Para incentivar o patenteamento no Brasil, a lei prevê outros 20% de abatimento adicional na soma de dispêndios ou de pagamentos vinculados à P&D objeto de patente ou de cultivar registrada; ou seja, pode-se chegar a abater, em dobro, os dispêndios de P&D.

Nota-se que os benefícios da Lei do Bem visam estimular a fase de maior incerteza quanto à obtenção de resultados econômicos e financeiros pelas empresas no processo de inovação que envolve risco tecnológico (KANNEBLEY JUNIOR; PORTO, 2012), já que as atividades de P,D&I compreendidas na lei se referem à pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental, que constituem-se nas fases iniciais do processo de geração de inovação.

## **2.6 Mecanismos legais: subsídios, incentivos fiscais, subvenções e créditos**

A possibilidade de financiar o desenvolvimento tecnológico em empresas, combinando recursos reembolsáveis e não reembolsáveis, proporciona um grande poder de indução de atividades voltadas para a inovação. O apoio público à atividade de P&D e

inovação nas empresas é uma prática comum aos países desenvolvidos, admitida pela Organização Mundial do Comércio (MCTI, 2007).

Em geral, a rentabilidade esperada de uma nova pesquisa depende do número de usos a que pode ser atribuído a ela, quer pela organização que realiza a pesquisa, quer por outros. Quando surgem novas tecnologias ou novas indústrias se desenvolvem, o mercado inicial, o qual inovadores potenciais precisam enfrentar, pode ser pequeno. Isso fornece uma justificativa para alguns tipos de programas de apoio governamental (JAUMOTTE; PAIN, 2005).

Em praticamente todos os países industrializados ou economias emergentes, incentivos à inovação e ao gasto privado em P&D são instrumentos cada vez mais utilizados para promover a competitividade. Isso é justificado pela forte correlação positiva existente entre os gastos em atividades de P&D e o aumento da produtividade total de fatores (OECD, 2005). Tal situação torna a discussão sobre o papel do Estado e sua necessidade de intervenção na economia menos relevante do que o debate sobre a forma como o Estado deve intervir na promoção do desenvolvimento tecnológico (DOSI *et al.*, 1990).

Cada uma das políticas concebidas destina-se a atenuar determinadas formas de falhas do mercado, um dos principais motivos que causa o investimento insuficiente na inovação. Os incentivos fiscais diretos para a atividade de P&D privada e os programas que oferecem apoio financeiro às pequenas empresas visam estimular o investimento adicional pelo setor privado. As organizações de pesquisa de propriedade pública podem ser financiadas para realizar pesquisas básicas ou outros tipos de pesquisas das quais existem poucas aplicações comerciais imediatas. É provável que os benefícios sociais mais amplos da inovação sejam aumentados se o conhecimento puder difundir-se livremente e se os potenciais beneficiários tiverem capacidade de absorção suficiente para serem capazes de compreender e utilizar novos conhecimentos, combinando-os na geração de inovações.

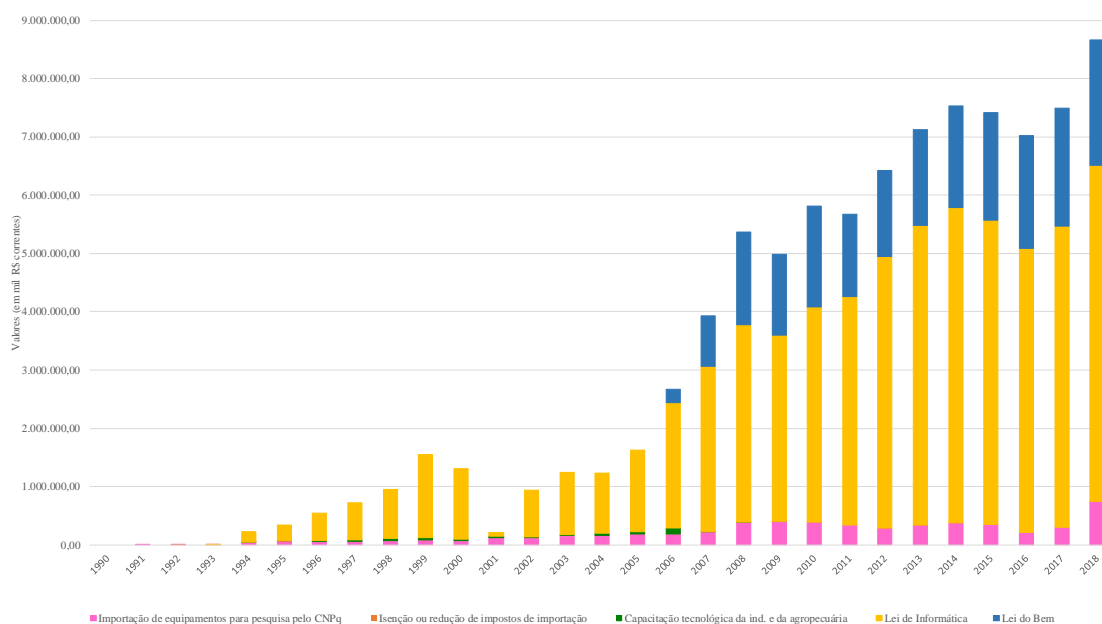
As políticas de educação e de mercado de trabalho têm, assim, um papel duplo a desempenhar para assegurar uma oferta adequada de recursos humanos qualificados disponíveis para realizar atividades inovadoras e maximizar os benefícios do atual estoque de conhecimentos. A conscientização sobre novas tecnologias também pode ser melhorada através do uso de programas de financiamento público para promover colaborações de pesquisa e da divulgação de informações por inovadores que são oferecidos proteção jurídica mais forte para seus direitos de propriedade intelectual (JAUMOTTE; PAIN, 2005).

De acordo com o MCTI (2007), a operacionalização do apoio às atividades de inovação no Brasil se alicerça nos seguintes mecanismos institucionais e financeiros

disponibilizados para as empresas: financiamento com juros reduzidos, fundos de capital empreendedor, incentivos fiscais, subvenções econômicas e compras diretas pelo setor público.

A Figura 3 ilustra a evolução dos valores em renúncia fiscal do governo federal segundo os incentivos à P&D e capacitação tecnológica. Com o reconhecimento da importância de tais mecanismos com foco na inovação tecnológica, houve um aprimoramento do marco regulatório dos incentivos às atividades científicas e tecnológicas e o consequente aumento dos valores dispensados a partir de meados da década de 2000.

**FIGURA 3 - Valores da renúncia fiscal do governo federal segundo as leis de incentivo à P&D e capacitação tecnológica (em R\$ milhões correntes)**



Fonte: Elaboração da autora com base em dados do MCTI

O financiamento com juros reais reduzidos é resultado da ampliação na escala de recursos destinados ao apoio à inovação em empresas, mobilizados pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), tais como os Fundos Setoriais, o Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), etc., e em parcerias com entidades financeiras públicas<sup>6</sup> e privadas. Também se deve à ampliação e consolidação da participação do BNDES no financiamento da P&D e da inovação nas empresas, assim como na capitalização de empresas de base tecnológica.

<sup>6</sup> São instituições financeiras públicas que concedem esse tipo de empréstimo: Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal, Banco do Nordeste, Banco da Amazônia, inclusive com a utilização dos Fundos Constitucionais voltados para o desenvolvimento regional.

O capital empreendedor fomenta projetos de inovação com base na ampliação de fundos de capital empreendedor (*private equity*, *venture capital*, capital semente e anjos) dedicados à inovação, por intermédio das operações da FINEP e do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES), assim como pela mobilização de recursos de bancos de investimento, fundos de pensão e seguradoras nacionais e estrangeiras.

A ampliação do uso de incentivos fiscais para a promoção da P&D e da inovação, em especial, por intermédio da consolidação do emprego das oportunidades criadas pelo novo marco regulatório na área de ciência e tecnologia constitui-se num mecanismo com algumas vantagens listadas na literatura empírica sobre os meios de estímulo à inovação. Entre as vantagens dos incentivos fiscais estão o baixo custo administrativo, a facilidade de acesso pelas empresas e a independência do setor público nas decisões de alocação de projetos e de montante a ser aplicado. No entanto, há de serem reveladas algumas desvantagens existentes pelo fato de serem restritos às grandes empresas, além de ter sua efetividade questionada na relação custo-benefício em termos de bem-estar social (KANNEBLEY JUNIOR; SHIMADA; DE NEGRI, 2016).

A concessão de subvenção econômica para a inovação nas empresas é um instrumento de política de governo também utilizado em outros países desenvolvidos, operado de acordo com as normas da Organização Mundial do Comércio (FINEP, 2017). Formalmente, subvenção econômica é um tipo de subsídio governamental em que recursos públicos são destinados a empresas públicas ou privadas. É prevista e definida na Lei 4.320 da Contabilidade Pública, de 17 de março de 1964 que a classifica como uma transferência corrente, ou seja, não demanda contraprestação direta em bens ou serviços, o que a diferencia de compras governamentais e se destina exclusivamente à despesas de custeio, não se confundindo portanto com investimento. O apoio financeiro à projetos de inovação por meio de subvenção econômica, modalidade instituída pela Lei de Inovação e pela Lei do Bem, consiste na concessão direta de recursos financeiros não reembolsáveis às empresas, para a cobertura de despesas de custeio de projetos de P,D&I de produtos e de processos inovadores (MORAIS, 2008).

Lançado no Brasil em agosto de 2006, este mecanismo apoia-se no aperfeiçoamento e consolidação do uso de subvenções econômicas às atividades de P,D&I e ao emprego de pesquisadores em empresas. O objetivo deste tipo de mecanismo é promover um significativo aumento das atividades de inovação e o incremento da competitividade das empresas e da economia do País.

Essa modalidade de apoio financeiro consiste na aplicação de recursos públicos não reembolsáveis diretamente em empresas, para compartilhar com elas os custos e riscos inerentes a tais atividades. O marco regulatório que viabiliza a concessão de subvenção econômica é voltado à promoção da inovação nas empresas e tem na FINEP seu principal agente. Já a subvenção a pesquisadores apoia as empresas na cobertura de parte da remuneração de pesquisadores mestres, ou doutores, empregados em atividades de inovação (MORAIS, 2008).

Compras diretas do setor público é um instrumento mobilizado para promover o desenvolvimento tecnológico das empresas brasileiras, tanto por intermédio da compra direta de produtos e processos inovadores (como permitido pela Lei de Inovação), quanto pelo estabelecimento de contrapartidas de acesso a tecnologias na aquisição pelo governo, no exterior, de significativos lotes de produtos ou serviços. Alguns segmentos se afiguram preferenciais, como por exemplo, a indústria de produtos farmacêuticos surge como uma das primeiras áreas de aplicação desse instrumento, devido ao considerável porte das compras públicas no mercado nacional para esses produtos; e à importância deles para a saúde pública e, por último, ao fato desse setor ter sido incluído entre os prioritários da PITCE.

Desses mecanismos, uns dos mais utilizados são os incentivos fiscais, que se apresentam na forma de dedução do imposto de renda e/ou crédito fiscal. O incentivo fiscal no Brasil para P&D iniciou-se em 1993 com o programa de Capacitação Tecnológica da Indústria e da Agropecuária (PDTI/PDTA), promovendo a inovação mediante aprovação de projetos, beneficiando poucas empresas. O PDTI/PDTA foi substituído no ano de 2005 pela Lei do Bem, com uma forma mais moderna de incentivo fiscal, permitindo fruição automática dos benefícios fiscais (KANNEBLEY JUNIOR; SHIMADA; DE NEGRI, 2017).

Os incentivos fiscais à inovação apresentam o fato de atender a praticamente todos os tipos de firma. Isso ocorre pelo fato de reduzir os custos com equidade, independentemente do tipo de projeto de P&D que a firma esteja empreendendo, do seu tamanho, da origem de seu capital, bem como do setor de atividade do qual participa (AVELAR; ALVES, 2008). Os autores ainda pontuam que esse tipo de incentivo confere autonomia às firmas no tocante ao modo como investir em atividades de P&D. Entre todas as vantagens desse tipo de mecanismo de incentivo à inovação, existe uma que se destaca em relação às políticas de crédito direto que é o fato de que incentivos fiscais constituírem-se em um instrumento considerado mais transparente e mais flexível, dado que pode atender a diferentes objetivos, tipos de firmas e setores industriais simultaneamente.

Entretanto, além das desvantagens já apresentadas, as principais avaliações presentes na literatura apontam três limitações para o uso dos incentivos fiscais como mecanismo de política de fomento à inovação: os incentivos afetam somente a estrutura de custos da empresa, não causando efeitos sobre a percepção de riscos da mesma; Os incentivos não adiantam recursos financeiros para as atividades tecnológicas, apenas reembolsam os gastos já realizados, excluindo assim empresas de pequeno porte que não possuem capital suficiente para os investimentos requeridos; Os incentivos fiscais não conseguem aumentar a base tecnológica de empresas inovadoras e somente aprofundam as atividades tecnológicas das empresas que já são consideradas inovadoras. Percebe-se, portanto, que os incentivos fiscais se constituem em um mecanismo viesado que acaba atendendo empresas de grande porte que auferem maiores lucros e, conseqüentemente, possuem maiores impostos a pagar (AVELLAR; ALVES, 2008).

Segundo Coelho e De Negri (2011), programas públicos de crédito tem o objetivo de alocar o crédito nos projetos em que os retornos sociais são mais altos, levando em conta os possíveis efeitos de transbordamento tecnológico para o restante da cadeia produtiva. Desse modo, o financiamento direto do governo permite que os subsídios públicos sejam direcionados para atividades que são pensadas para oferecer os mais altos retornos sociais dos gastos com pesquisa. Na prática, a identificação de tais projetos, os agentes apropriados para realizá-los e os meios ótimos pelos quais eles devem ser financiados requerem julgamentos difíceis. A avaliação dos resultados dos projetos é também difícil, tanto devido às dificuldades em estimar os benefícios sociais mais amplos gerados por eles, como pela necessidade de estabelecer o que teria sido contrafactual na ausência de financiamento público (JAUMOTTE; PAIN, 2005).

Outro ponto sobre a política de financiamento direto é que estudos sugerem que esse tipo de instrumento de fomento às atividades de P&D industrial tem um efeito menor do que os gastos com P&D privado, embora isso possa ser devido à existência de externalidades ou efeitos *spillovers*, provavelmente maiores com esse financiamento direto do setor público (CLARK; GUY, 1998).

Além desses instrumentos mais específicos, cabe ressaltar o papel da pesquisa básica realizada em instituições de pesquisa e a atenção dada à garantia dos direitos de apropriabilidade intelectual. A pesquisa básica realizada em universidades e outras organizações de pesquisa com financiamento público é uma importante fonte de avanço tecnológico de longo prazo e um importante insumo no processo de pesquisa do setor privado (JAUMOTTE; PAIN, 2005). Essa atividade abrange trabalhos realizados em universidades,

centros tecnológicos e laboratórios governamentais, normalmente a custo público. Os vínculos entre a pesquisa básica e a indústria variam consideravelmente entre os países e entre os setores industriais - utilidades, produtos farmacêuticos, aeroespacial e alimentos são os setores com os elos mais fortes. A pesquisa básica é amplamente vista como sendo geradora de efeitos importantes, mas indiretos, sobre a inovação industrial - por exemplo, fornecendo informações, contribuindo para a formação de cientistas e engenheiros e para o desenvolvimento de novas técnicas de pesquisa (CLARK; GUY, 1998).

Contudo, as pesquisas sobre inovação revelam que as universidades e os laboratórios públicos de pesquisa básica constituem uma fonte de informação essencial para apenas um número relativamente pequeno de empresas. Isto pode ocorrer simplesmente porque existem relativamente poucas inovações básicas para as quais há uma aplicação comercial imediata. Mas também poderia refletir obstáculos que impedem as empresas de terem conhecimento do trabalho realizado nesses ambientes científicos ou de acederem a ele, bem como a falta de capacidade do setor privado para absorver todos os potenciais benefícios da investigação fundamental.

Ainda na busca pela construção de ambientes mais propícios ao desenvolvimento de inovações tecnológicas, há os movimentos para encorajar uma gestão mais ativa da propriedade intelectual por organizações públicas de pesquisa, sendo parte de uma estratégia mais ampla em muitos países para reforçar os direitos legais dos detentores de algum tipo de propriedade intelectual. Segundo Jaumotte e Pain (2005), na prática, existem inúmeras formas pelas quais a propriedade intelectual pode ser protegida. Uma opção é que a propriedade intelectual seja mantida em segredo. Embora essa opção seja amplamente utilizada pelas empresas, mas pode haver custos para a sociedade como um todo se os potenciais inovadores não puderem acessar as informações necessárias. Uma opção alternativa é utilizar a proteção formal para os direitos de propriedade intelectual, tais como patentes, direitos autorais ou marcas registradas. Cada um deles fornece direitos diferentes aos titulares de propriedade intelectual. Das três, as patentes são as mais utilizadas pelos inovadores. Em quase todos os países, a tendência geral da política de proteção intelectual por muitos anos tem sido oferecer uma proteção cada vez maior aos direitos dos detentores dessas propriedades, principalmente para as patentes. As alterações legislativas tornaram os direitos de patentes mais fáceis de aplicar, alargaram o âmbito das inovações patenteáveis e alargaram o período durante o qual muitas patentes podem ser concedidas. Estas mudanças foram complementadas por iniciativas destinadas a incentivar uma maior utilização dos direitos de propriedade intelectual pelas universidades e por outros organismos públicos de investigação. Cada uma dessas mudanças

pode ter diferentes efeitos econômicos, mas agem em sintonia com a criação e manutenção de um sistema no qual a inovação pode ser gerada mais facilmente.

## **2.7 Subvenções econômicas à inovação tecnológica**

De todos os mecanismos disponíveis apresentados, esta Tese tratará da análise da aplicação das subvenções econômicas à inovação tecnológica. A justificativa para tal, sustenta-se no fato de que a concessão de subvenção econômica para a inovação nas empresas é um instrumento de política de governo largamente utilizado em países desenvolvidos e é operado de acordo com as normas da Organização Mundial do Comércio (OMC). Além disso, a subvenção econômica pode ser entendida como o compartilhamento, entre empresa e Estado, dos custos e riscos de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Assim, é um mecanismo que pretende promover, por intermédio das agências de fomento de C&T, o aumento das atividades de inovação, a implementação de pesquisas e o incentivo a competitividade das empresas e da economia do país.

Como executora do programa de concessão das subvenções econômicas, a Finep tem participação limitada ao apoio das despesas de custeio dos projetos contratados, conforme decretado por Lei. As despesas de capital do projeto devem ser custeadas pela empresa beneficiária, a título de contrapartida.

O decreto que regulamenta a Lei da Inovação determina que a concessão de subvenção econômica implica obrigatoriamente a apresentação de contrapartida por parte da empresa beneficiária. As condições de apresentação de contrapartida são definidas no instrumento de divulgação e seleção do Programa, comumente os editais de seleção lançados pela Finep.

No orçamento dos projetos, os percentuais mínimos exigidos como contrapartida são definidos de acordo com o porte das empresas candidatas e os seus respectivos faturamentos brutos. Com relação às despesas, define-se de acordo com a Lei n.º 4320/64 (BRASIL, 1964) que são despesas de custeio, despesas destinadas à manutenção dos serviços, como pagamento de pessoal próprio, material de consumo, insumos, serviços de terceiros (pessoas físicas ou jurídicas), alugueis de bens móveis ou bens imóveis. Já como despesas de capital, são consideradas despesas necessárias ao planejamento e execução de obras, aquisição de instalações, equipamentos e material permanente. Estas despesas podem ser consideradas em todas as fases do desenvolvimento do projeto, ou seja, desde a escala exploratória ou de bancada até as escadas piloto e protótipo.

A parcela do orçamento do projeto a ser subvencionada deve prever apenas despesas de custeio diretamente relacionados a pesquisa, desenvolvimento e inovação, tais como:



pagamento de pessoal próprio alocado em atividades de P,D&I e respectivas obrigações patronais; contratação de consultorias especializadas de pessoas físicas ou jurídicas; material de consumo; locação de bens móveis ou imóveis, desde que sejam efetivamente aplicados no projeto e gastos para a introdução pioneira do produto, processo ou serviço no mercado.

As despesas de capital necessárias ao projeto devem ser arcadas pela proponente e devem fazer parte da contrapartida da proponente. Neste caso, se incluem também despesas como: prospecção preliminar e estudos de mercado para o produto, processo ou serviço a ser desenvolvido; participação em eventos que não sejam de natureza técnica; aquisição de materiais de consumo com vistas à fabricação de equipamentos e instalações de caráter permanente; obras e reformas de qualquer natureza; custeio de contas relacionadas às atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, bem como o pagamento de empregados que não estejam diretamente ligados ao desenvolvimento das atividades propostas.

As regras da aplicação deste mecanismo suscitam a hipótese de que há a intenção de induzir o investimento privado na geração de inovação e, por essa razão, torna-o um mecanismo passível de ser analisado sob dois pontos de vista: o dos gastos do governo com a concessão desses recursos e o do investimento privado, que está sendo estimulado a aumentar. Por esses motivos apresentados, destaca-se que o instrumento de subvenções econômicas será o principal objeto de estudo empírico desta Tese.

Para avaliar de forma completa e sistemática os impactos oriundos da implementação de políticas de fomento à inovação, buscou-se explorar a relação entre inovação tecnológica, competitividade e sistema produtivo e as políticas públicas de inovação apresentadas.

Essa etapa inicial de análise visou esclarecer como a inovação tecnológica é afetada pela regulamentação de políticas de incentivos variados. Para isso, foram apresentados os aspectos teóricos da inovação e do conhecimento científico e os aspectos sobre a competitividade e o setor produtivo, bem como sobre suas relações com o progresso tecnológico e a geração de inovação.

Como um dos objetivos desta Tese é a compreensão do marco jurídico-institucional das políticas de inovação, recordando-se que este se trata do objeto de estudo do presente trabalho, foram examinadas as propriedades desse instrumento de política. Assim, examinou-se as relações entre políticas públicas de inovação e os sistemas de produção científica, relatou-se um breve histórico da aplicação desse tipo de política pública no Brasil e apresentou-se o marco legal das políticas de inovação e os mecanismos por este instituído e reconhecido para agir em tal finalidade.

Além disso, buscou-se conhecer as principais evidências empíricas encontradas por pesquisas aplicadas tanto na área de incorporação da P&D como insumo produtivo, quanto na área de avaliação das políticas de fomento à inovação. Os resultados são variados, assim como as metodologias utilizadas para encontrá-los. De maneira resumida, percebe-se que existe impacto positivo da adoção de mecanismos de apoio à inovação em diversos países e também no Brasil.

### 3 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

Para a análise sobre os efeitos da geração de inovação e mudanças tecnológicas, as dimensões setorial, regional e cronológica são relevantes. As inovações não permanecem restritas em determinadas indústrias ou algumas áreas da economia, mas incluem toda a economia. Por esta razão, o instrumento para a análise deve considerar toda o contexto econômico. Mais especificamente, com relação à dimensão cronológica, uma perspectiva de médio ou longo prazo é apropriada porque as reações de ajuste devido à mudança tecnológica precisam de tempo para serem percebidas (ZÜRN *et al.*, 2007).

O imperativo de conciliação entre teoria econômica aplicada e estudos empíricos com relevância para os formuladores de política coloca os modelos de equilíbrio geral computável (EGC) como forte candidato a preencher esta lacuna. Devido à abordagem analítica de equilíbrio geral, tais modelos são adequados para a análise quantitativa das implicações da mudança tecnológica, especialmente para a análise de desenvolvimento, a descrição das mudanças tecnológicas nos modelos EGC é de especial interesse. Por um lado, os resultados obtidos são significativamente afetados pelos pressupostos teóricos feitos sobre a implementação de mudanças tecnológicas nesses modelos. Isso significa que, através de uma implementação mais precisa sobre mudanças tecnológicas, os resultados podem ser melhores classificados e explicados.

Os primeiros trabalhos utilizando modelos EGC que inseriram dados referentes à inovação tecnológica e à P&D, remontam à década de 90 e apresentam como principal objetivo estudar os efeitos sobre a produtividade frente ao progresso tecnológico.

Pioneiramente, Diao *et al.* (1996) propuseram um modelo EGC baseado na teoria do crescimento econômico endógeno incorporando dados referentes à P&D. Para isso, os valores de capital foram divididos em capital físico e capital de conhecimento (*knowlegde capital*) para que este último pudesse ser o insumo de produção do setor de P&D. Os autores realizaram três simulações utilizando o modelo calibrado visando obter resultados tanto para efeitos estáticos, quanto para efeitos dinâmicos. A primeira simulação eliminou os impostos sobre a produção e eliminou as tarifas dos bens agrícolas. Uma outra simulação replicou a situação para o setor não agrícola, enquanto a terceira liberalizou ambos os setores. Para cada uma dessas simulações, também são obtidas as trajetórias de transição convergentes para o estado estacionário.

A fim de examinar o impacto das políticas alternativas de fomento à realização de P&D sobre a produtividade e o crescimento econômico do Canadá, Ghosh (2007)

desenvolveu uma especificação teórica de um modelo EGC cuja função de produção está habilitada para que o capital diferenciado (chamado setor de P&D) afete a produtividade ao reduzir a importância relativa dos outros insumos intermediários e fatores primários. Os resultados revelam que os incentivos diretos, tais como os subsídios às atividades de P&D, apresentam o maior impacto sobre a produtividade na economia canadense, enquanto um aumento nos subsídios aos usuários do capital de P&D apresentam um impacto positivo, porém pequeno. Já a liberalização comercial tem efeitos mínimos sobre o crescimento da produtividade via seus impactos sobre os *spillovers* internacionais de P&D.

Zürn *et al.* (2007) utilizaram o modelo NEWAGE-W para a análise quantitativa das implicações da mudança tecnológica induzida pela P&D. No modelo EGC aprimorado pelos autores, a dotação do conhecimento é determinada endogenamente pelos investimentos em P&D. Para analisar os impactos econômicos e também ambientais dos investimentos em P&D e insumo conhecimento, dois cenários foram analisados neste trabalho. Primeiro, foi simulado um cenário com subsídios diretos aos insumos de conhecimento e, posteriormente, outro cenário com subsídios aos investimentos em P&D. Os resultados mostraram que, comparativamente a alterações na acumulação de conhecimento, a acumulação conhecimento mesmo gera um impacto muito mais forte sobre o desenvolvimento econômico.

Com a finalidade de avaliar a capacidade das políticas de incentivos à realização de P&D em afetar a taxa de crescimento de longo prazo, Garau e Lecca (2008) desenvolveram o modelo SGEM para a região italiana da Sardenha. A calibração do modelo dos autores incorpora mudanças técnicas induzidas e permite que sejam feitas análises sobre os *spillovers* internacionais de conhecimento. As incorporações deste modelo ampliam a disponibilidade de todas as tecnologias possíveis, o que pode ser entendido como basicamente incluir um fator intangível na função de produção. Os fatores intangíveis dados pelo nível regional de dotação de conhecimento são divididos em conhecimento excludente e não excludente. O primeiro é tratado como um fator primário de produção que se acumula de acordo com método tradicional de inventário perpétuo. Por sua vez, o conhecimento não excludente deriva do potencial efeito de *spillover* do conhecimento decorrente do comércio inter-regional e internacional. Em termos metodológicos, para fazer as alterações na Matriz de Contabilidade Social (MCS) que pudessem captar os efeitos dos investimentos em P&D e dos *spillovers* tecnológicos, foi utilizada uma ponderação pela matriz *Yale Technology Matrix* (YTM). Os resultados indicam que o custo das políticas de P&D pode variar de acordo com a configuração salarial prevalecente na região. Além disso, a capacidade de tal política para

gerar *spillovers* do conhecimento através do comércio internacional e inter-regional apresenta-se bastante modesta.

Em trabalho de Bye, Fæhn e Heggedal (2009) para a Noruega, é explorado como os incentivos a inovação em uma pequena economia aberta podem ser designados para alcançar melhores padrões de bem-estar e desenvolvimento. O modelo tratado pelos autores permite que a mudança tecnológica conduzida pela P&D seja incorporada nas variedades de capital disponíveis. Os *spillovers* externos de conhecimento são inseridos no modelo para causar cerca de 95% da mudança tecnológica norueguesa e são absorvidos através da utilização de todos os recursos, em que bens de investimento que incorporam melhorias tecnológicas causadas por P&D, sendo um tipo de condutor. Essa característica do modelo contribui para reduzir consideravelmente o papel das políticas de estímulo à P&D. Os resultados mostram que subsidiar os investimentos domésticos, excluindo os estímulos ao mercado internacional, gera menos P&D, formação de capital, crescimento econômico e bem-estar do que outras políticas alternativas.

Bor *et al.* (2010) investigaram os impactos do investimento público em P&D sobre o crescimento econômico e sobre os níveis de produtividade de Taiwan desenvolvendo um modelo EGC dinâmico chamado SciBud-CGE. Os autores utilizaram métodos econométricos para estimar o percentual do insumo de capital de conhecimento incorporado no total de capital físico, segundo a base de dados do GTAP. Os resultados aos quais os autores chegaram mostram que os investimentos públicos em P&D além de produzirem diferentes impactos no curto e também no longo prazo sobre o PIB real da economia taiwanesa, impulsionaram a produção das indústrias de alta tecnologia por meio do aumento das exportações.

Já Bye, Fæhn e Grünfeld (2011), desenvolveram um modelo EGC dinâmico para analisar as inter-relações entre P&D, comércio e produtividade e para comparar o auxílio público para P&D e a promoção da mesma via exportações em termos de crescimento de longo prazo e impactos no bem-estar de uma pequena economia aberta, no caso, a Noruega. Os autores estenderam os modelos anteriores de crescimento endógeno ao introduzir a relação bidirecional entre exportação e produtividade e deram papel relevante para instrumentos de política de promoção de exportações. Um modelo EGC foi aplicado para capturar como as indústrias de bens finais variam em relação a absorção de *spillovers* internacionais de conhecimento, dependendo de suas respectivas intensidades de comércio e de P&D. O modelo apresentado nesse trabalho é um refinamento em comparação com Diao *et al.* (1999), no qual todos os *spillovers* são canalizados através da (única) indústria de P&D. Os resultados

encontrados apontam que a promoção das exportações é inferior ao apoio à P&D no que diz respeito à geração de inovação via P&D. Os autores alegam que o impacto dos incentivos a P&D e da promoção das exportações sobre crescimento e eficiência não é óbvio. Em uma economia real coexistem várias imperfeições de mercado e intervenções governamentais. Assim, tornam-se particularmente relevantes as distorções devido a políticas favoráveis direcionadas às indústrias tradicionais, que tendem a dificultar o crescimento da produtividade e a eficiência econômica.

Considerando que na teoria, P&D gera um efeito na economia, seja por redução de custos, melhoria de qualidade ou diferenciação de produtos, Visser (2007) constrói um modelo global com foco no primeiro efeito: o efeito de produtividade de P&D. Com a finalidade de conceber análises de política econômica, o modelo denominado WorldScan inclui endogenamente o componente P&D, fornecendo assim um instrumento de avaliação dos efeitos de política de inovação. A autora trata P&D como um dos fatores de produção, combinado ao capital físico e trabalho no valor agregado da produção. Desse modo, ela consegue destacar o potencial de longo prazo dos investimentos em P&D para aumentar a produtividade já que os produtores podem substituir os investimentos nos fatores de produção que forem mais atrativos. No WorldScan, a P&D é modelada como uma variável de estoque, semelhante ao estoque de capital físico com uma taxa constante de depreciação. Uma das conclusões do trabalho é que o instrumento de política usado pelo modelo, um subsídio fiscal para P&D, é eficaz em aumentar tanto os gastos com P&D quanto o bem-estar econômico. A eficácia do crédito tributário na estimulação de gastos privados em P&D é determinada principalmente pela elasticidade de substituição entre P&D e capital e trabalho.

Křístková (2012) investiga como os resultados obtidos com modelos EGC padrão podem ser melhorados com a incorporação dos efeitos da atividade de P&D. Essa análise é conduzida por um modelo EGC dinâmico recursivo construído para a economia da República Tcheca. Com isso, a autora busca quantificar o impacto das atividades de P&D sobre o crescimento econômico de longo prazo. O efeito do investimento em P&D é modelado via acumulação de conhecimento que é tratada como um fator de produção específico. Assim, os investimentos em P&D foram considerados como um setor ofertante de capital de conhecimento e incluídos no valor adicionado na base de dados da MCS. O principal resultado encontrado mostra que a acumulação de conhecimento pode contribuir para que o crescimento econômico seja elevado, mas o impacto da dinamização no modelo EGC é pequeno. No longo prazo, o modelo EGC mostrou que o investimento em P&D é menos eficiente em produzir valor adicionado comparado ao investimento em bens de capital. Essa

ineficiência é em parte determinada pela flexibilidade da substituição entre investimentos físicos e em P&D no modelo EGC, o que na realidade pode representar uma disputa. Entretanto, em termos de mudança estrutural da economia, a omissão da capitalização do conhecimento pode subestimar os resultados para o setor terciário no longo prazo.

Com a intenção de validar a construção de um modelo EGC capaz de abordar efetivamente a P&D como um fator de produção, Hong *et al.* (2014) utilizam os cenários base do crescimento econômico sul-coreano entre os anos de 1995 a 2010. Este estudo afirma que a incorporação de P&D como um fator de produção no modelo EGC é necessária para obter maior validade no caso de países com economia do conhecimento, comparando os resultados conseguidos pelo modelo construído com os resultados atingidos por um modelo sem a incorporação do fator P&D. Os resultados demonstram que a introdução do conhecimento e a explicação endógena da PTF são significativas para melhorar a validade do modelo EGC, sobretudo no caso de países com altas taxas de PTF. A MCS utilizada neste estudo segue a recomendação do *System of National Accounts* (SNA 2008) de ter uma conta adicional para o capital de conhecimento. Este trabalho encontra evidências de que a análise de longo prazo com o modelo EGC padrão leva a diferenças relativamente grandes no crescimento real dos setores produtivos. Portanto, os autores recomendam que modelos EGC utilizados para análises de longo prazo, precisam de descrições adicionais para produtividade. Dessa forma, o modelo que incorpora o fator P&D pode ser uma alternativa válida. As normas internacionais para os sistemas de contas nacionais já adotam e recomendam o SCN 2008 para a devida inclusão das atividades relacionadas ao conhecimento e, como tal, espera-se que o modelo baseado em P&D seja uma alternativa adequada.

Também utilizando dados da MCS, Yeo *et al.* (2016) constroem um modelo EGC para gerar simulações de impactos das inovações tecnológicas sobre a estrutura de emprego e distribuição de renda na Coreia do Sul. Com uma matriz de dados que considera as atividades de P&D e a desagregação dos tipos de mão de obra disponíveis, os autores representam explicitamente o conhecimento como fator de produção e formação de capital de conhecimento em uma conta de acumulação de capital. A MCS utilizada neste estudo aceita a recomendação do *System of National Accounts* (SNA 2008) de incorporar-se contas adicionais de capital de conhecimento, tratando os gastos com P&D como consumo intermediário, sendo um insumo na função de produção. Assim, os autores trataram os gastos correntes com P&D não mais como bens intermediários, mas sim como componente dos fatores de produção. Os resultados dessa pesquisa mostraram que o crescimento econômico alcançado pela expansão das inovações somente é atingido através de investimento contínuo

em P&D, traçando uma relação direta entre níveis de inovação tecnológica e crescimento econômico de longo prazo. Sobre a estrutura de empregos da economia coreana, os autores concluem que as políticas de incentivo à inovação são necessárias para resolver o problema de polarização causado pelo crescimento econômico impulsionado pela mesma, uma vez que no crescimento econômico impulsionado pela inovação, ocorre uma piora na distribuição de renda, favorecendo a mão-de-obra altamente qualificada, em detrimento dos postos de trabalho com mão de obra menos qualificada.

Ressaltando a questão do equilíbrio fiscal dos gastos do governo, Zawalińska, Tran e Płoszaj (2016) testam por meio de um modelo EGC dinâmico recursivo multirregional duas possíveis opções políticas para alcançar a meta de aumentar os níveis de dispêndio com P&D na economia polonesa. A primeira estratégia consistiu em simular um aumento dos gastos do governo em P&D e a segunda política simulada seria um modo de fornecer benefícios fiscais para projetos de P&D para as empresas. O modelo utilizado foi desenvolvido e calibrado para apresentar uma relação explícita entre produtividade e estoque de P&D. Os resultados encontrados pelos autores mostram que atingir a meta de intensidade de P&D através do uso de benefícios fiscais é 2,5 vezes mais caro para o orçamento do governo, mas tem um impacto maior na economia em termos de um maior crescimento do PIB. Outro resultado do trabalho sugere que os incentivos fiscais se mostraram eficientes no curto prazo, enquanto no longo prazo uma política de gastos do governo oferece melhor custo-benefício para o aumento dos dispêndios em P&D.

Como apresentada, nota-se que a literatura empírica sobre análise dos efeitos da P&D sobre a economia utilizando modelos EGC enfatiza que, assim como os resultados advindos da P&D doméstica, a absorção do conhecimento em P&D de outras fontes também é decisiva para a produtividade e competitividade das firmas e para a eficiência das economias (BYE; FAEHN; GRÜNFELD, 2011).

Para a economia brasileira, Pio (2016) trabalhou com o objetivo principal de analisar os impactos da acumulação de capital de conhecimento, formado a partir dos investimentos em P&D, sobre a estrutura produtiva e sobre os agregados macroeconômicos no longo prazo. Tal análise foi realizada por meio da construção de um modelo EGC com especificação detalhada dos investimentos em P&D e formação de capital de conhecimento. Propôs-se que, ao implementar modificações no estoque de capital de conhecimento, haveria alterações no uso dos fatores primários, implicando mudanças na produtividade. Os principais resultados obtidos indicam que alterações positivas na produtividade setorial, provoca o aumento no nível de competitividade dos setores da economia brasileira. No nível agregado, observaram-



se aumento do volume de exportação, aumento do consumo real agregado, impactos positivos sobre o PIB real e melhora no bem-estar.

Essa aplicação para a economia brasileira, no entanto, não avaliou a eficácia dos mecanismos políticos de fomento à inovação. Com essa finalidade, há na literatura empírica trabalhos que avaliam os impactos das políticas públicas de inovação utilizando outras metodologias. Entretanto, ressalta-se que parte dos resultados empíricos são obtidos a partir de relações de curto prazo baseadas em estruturas de equilíbrio parcial. Isso dá ênfase a sugestão de que um modelo de equilíbrio geral incorporando P&D seria útil para analisar os efeitos de longo prazo sobre o bem-estar em cenários de implementação de políticas (GHOSH, 2007). Para efeitos de análises de resultados e conclusões sobre o objeto de estudo, alguns dos trabalhos de avaliação estão relacionados a seguir.

Questionando a efetividade dos incentivos fiscais à inovação enquanto sua capacidade de estimular as firmas beneficiárias a ampliarem seus investimentos em atividades tecnológicas, e assim, acelerar o ritmo de inovação no Brasil, Avellar e Alves (2008) utilizaram o método de *Propensity Score Matching* para realizar um exercício empírico de avaliação de programa brasileiro de incentivos fiscais às atividades tecnológicas, o Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI). A principal conclusão a qual os autores chegaram foi que, por meio dos resultados da regressão, o fato da firma participar do programa PDTI determinou um aumento expressivo nos gastos com atividades ligadas à geração de inovação, demonstrando, segundo os resultados obtidos após a aplicação metodológica, que o programa PDTI conseguiu atingir o objetivo de aumentar os gastos em atividades tecnológicas das firmas beneficiárias.

Avellar (2009), em uma proposta de avaliação das políticas de apoio à inovação no Brasil, objetiva identificar a existência de diferença entre os efeitos no comportamento das empresas beneficiárias de três instrumentos específicos de política de inovação: incentivo fiscal (PDTI); incentivo financeiro não reembolsável (FNDCT Cooperativo) e incentivo financeiro reembolsável (ADTEN), considerando suas características e especificidades. Assim, por meio da avaliação comparada desses casos para o ano de 2003, utilizando o método econométrico de *Propensity Score Matching* aplicado a um modelo Probit, buscou-se identificar se o tipo de instrumento de política importa e ajuda a explicar o impacto no comportamento do gasto das empresas em atividades de P&D. A autora encontra resultados que evidenciam que, no Brasil, as políticas de fomento à inovação estão promovendo modificações no comportamento das empresas quanto aos gastos em P&D, e que existe uma predominância dos resultados que apontam para a realidade de que o gasto público alavanca o

aumento do gasto privado em atividades de P&D, com exceção do mecanismo de incentivo financeiro não reembolsável (programa FNDCT) que em nenhum dos testes demonstra algum efeito nas empresas.

Realizando uma aplicação de efeito quantílico de tratamento (EQT), Coelho e De Negri (2010) estimam o impacto do financiamento do BNDES sobre indicadores de desempenho de firmas financiadas. Os indicadores de desempenho são as taxas de crescimento da produtividade total dos fatores, produtividade do trabalho, receita líquida de vendas e número de empregados. Verificou-se que as firmas com produtividade total dos fatores (PTF) mais elevadas são as mais positivamente afetadas pelo financiamento do BNDES. As principais conclusões encontraram são que as diferentes linhas de financiamento do BNDES afetam em média positivamente as taxas de crescimento da PTF, produtividade do trabalho, do número de empregados e da receita líquida de vendas das empresas financiadas. Além disso, com exceção da PTF, estes efeitos positivos se mantêm mesmo após três anos da data de concessão do financiamento.

Kannebley e Porto (2012) investigam a efetividade de instrumentos tributários de incentivos à P&D&I utilizados no Brasil desde o início dos anos de 1990. Particularmente, são analisados dois instrumentos distintos: a Lei de Informática e a Lei do Bem. O trabalho é estruturado sobre dois tipos de análises complementares. A primeira qualitativa, em que coleta para a Lei da Informática estudos qualitativos publicados pelo MCTI, e para a Lei do Bem, conduzida por meio de entrevistas a empresas usuárias e não usuárias do incentivo, e a segunda análise é quantitativa, conduzida por meio da estimação de modelos econométricos com dados em painel. Os autores ressaltam que a avaliação realizada tem um caráter parcial na medida em que a variável dependente avaliada considera apenas os gastos internos em P&D&I e a lei também incentiva o dispêndio em P&D&I externo e a interação empresa e universidade. Os resultados do trabalho demonstram que a Lei da Informática se mostra não efetiva no estímulo à P&D nas empresas, não sendo capaz conferir às empresas competitividade internacional. Por outro lado, a lei do Bem apresenta resultados positivos, porém modestos no nível de investimento em P&D&I interno às empresas. Entretanto, os resultados estimados e avaliação qualitativa indicam que existem possibilidades de aprimoramento do instrumento visando aumentar sua taxa de efetividade.

Tendo como objeto de análise os fundos setoriais e considerando a expectativa de que o acesso aos fundos setoriais contribuiria para o aumento dos esforços tecnológicos e para o alcance de melhores resultados pelas empresas Araújo *et al.* (2012) avaliaram o impacto desses fundos sobre o esforço tecnológico e sobre os resultados das empresas industriais no

Brasil no período entre 2001 e 2006. Neste trabalho, uma técnica *quasi-experimental* é aplicada para comparar as empresas que acessaram os fundos setoriais com aquelas que não os acessaram usando dados de painel que incluem informações sobre esforços tecnológicos e resultados. O grupo de controle é definido com base no algoritmo de *Propensity Score Matching*, o que elimina o viés de seleção. As estimativas indicam que as empresas com acesso aos fundos setoriais apresentam resultados distintos das que não tem acesso, rejeitando a hipótese de as políticas públicas substituem os investimentos privados em inovação. Os autores ainda concluem que, a partir de uma análise preliminar dos impactos dos diferentes instrumentos que compõem os fundos setoriais, há uma associação de maior parte dos impactos dos recursos à concessão de crédito em condições mais favoráveis.

Esses trabalhos apresentados exemplificam a avaliação econômica existente das políticas públicas de inovação no Brasil e revelam que há efeitos consideráveis da aplicação dos diversos incentivos sobre a geração de inovação e sobre os indicadores econômicos, apontando para a efetividade de tais políticas. Entretanto, a lacuna de haver uma análise que trate da inter-relação dos setores produtivos frente aos estímulos à inovação permanece.

A análise dos trabalhos empíricos citados, principalmente os trabalhos que utilizam modelos de EGC, mostra que a construção do modelo BIM-KC está em consonância com o que tem sido desenvolvido e calibrado para tratar as questões econômicas que envolvem capital de conhecimento, mecanismos de fomento à P&D e inovação. Diferentemente de Zawalińska, Tran e Płoszaj (2016), o modelo desta Tese assume que os gastos do governo são exógenos, o que não permite que sejam tratadas as questões sobre equilíbrio fiscal do governo. O modelo BIM-KC também não está apto para tratar das questões envolvendo a produtividade dos fatores primários, o que é central na análise de Ghosh (2007), Bor *et al.* (2010), Bye, Fæhn e Grünfeld (2011), Visser (2007) e Hong *et al.* (2014).

Entretanto, com a configuração adotada e a calibragem realizada, tem-se um modelo que permite analisar com clareza a formação bruta de capital fixo distinguindo os capitais físico e de conhecimento na economia brasileira. Assim, será possível discutir como um mecanismo de fomento à inovação pode impactar os setores produtivos e aumentar o estoque de capital de conhecimento, gerando maior probabilidade de crescimento econômico via inovações tecnológicas.

#### **4 BRAZILIAN IMPERFECT MODEL WITH KNOWLEDGE CAPITAL (BIM-KC)**

Dentre outras aplicações, os modelos de equilíbrio geral computável (EGC) constituem-se em uma ferramenta metodológica útil para avaliação quantitativa do impacto de políticas econômicas sobre o sistema produtivo de um país, fornecendo, dentro das suas suposições e formulações teóricas, projeções gerais, tanto no âmbito micro como macroeconômico. Além disso, é possível observar trajetórias de investimento e acumulação de capital por cada setor produtivo. Tais vantagens são devidas ao fato de que se preservam os detalhes econômicos em nível setorial, o que permite captar de forma sistêmica os efeitos de mudanças políticas sobre a alocação dos recursos, uma vez que esse instrumental metodológico reconhece os canais intersetoriais do sistema econômico, i.e., considera os efeitos complementares e competitivos gerados nas interações econômicas de equilíbrio geral (BETARELLI JUNIOR, 2013; MAGALHÃES, 2013; PEROBELLI, 2004; HADDAD; DOMINGUES, 2001).

Um modelo de EGC é definido por um conjunto de equações que incorpora um histórico de conhecimentos econômicos, tanto teóricos, quanto empíricos – que são hipóteses comportamentais dos agentes do modelo. Apresenta, assim, uma estrutura microeconômica detalhada, captando características setoriais e comportamentais de empresas, famílias e demais instituições na economia.

Por isso, a utilização de modelos EGC possibilita a modelagem, em maior ou menor grau, da complexa interdependência entre instituições e os agentes que compõem a economia, envolvendo questões pertinentes de políticas com vistas a aplicações em economias reais. Assim, modificações foram inseridas nas versões originais desses modelos, permanecendo o objetivo de analisar-se a alocação de bens na economia, que pode se dar entre diferentes regiões, indivíduos, sob incerteza ou, por exemplo, ao longo do tempo (FOCHEZATTO, 2005; FARIA, 2012).

A dimensão temporal nas soluções dos modelos de EGC foi incorporada a fim de se considerar a trajetória observada da economia para análises de longo prazo, assumindo que os efeitos das perturbações ocorridas nas simulações dos modelos não são independentes das projeções futuras dessa trajetória econômica. Por tratar-se de uma questão de longo prazo, tem-se que os resultados da aplicação de políticas dependem consideravelmente das projeções de um cenário base para o ambiente econômico, envolvendo pressuposições futuras acerca das taxas de crescimento de variáveis determinantes, tais como PIB, população, consumo e investimento. Como resultado, tem-se uma contribuição prática para a tomada de decisões

econômicas, pois tal incorporação possibilitou a geração de previsões, que são requisitadas nas análises políticas (DIXON; RIMMER, 1998; DIXON; RIMMER, 2001; MAGALHÃES, 2013). Portanto, os modelos dinâmicos fornecem, adicionalmente, detalhes da trajetória dos efeitos econômicos ao longo do tempo, diante de mudanças exógenas na economia, como fatos observáveis, cenários ou experimentos contrafactuais. Por tal razão, entre outras aplicações, são utilizados também tanto para a análise dos efeitos de implementação de políticas públicas, quanto para a obtenção de cenários prospectivos referentes às mesmas.

O modelo adotado nesta Tese, é uma versão do modelo BIM-RD (*Brazilian Intersectoral Model with Recursive Dynamic*) de Betarelli Junior, Perobelli e Vale (2015), que por sua vez é uma extensão do modelo BIM-T (*Brazilian Imperfect Market and Transport*) de Betarelli Junior (2013). O modelo proposto, denominado BIM-KC (*Brazilian Intersectoral Model with Knowledge Capital*), tem a intenção de analisar os impactos da aplicação das políticas econômicas de fomento à inovação, já detalhadas nos capítulos anteriores. Por se tratar de uma intervenção que pode alterar preços, quantidades e também a estrutura do sistema econômico, gerando efeitos passíveis de propagação dentro da cadeia de inter-relações econômicas, pretende-se com a adoção do modelo, gerar resultados que elucidem a propagação temporal e entre os setores desses efeitos econômicos causados pela implementação da política.

Mais especificadamente, a proposta deste modelo inclui uma identificação detalhada do capital enquanto insumo produtivo, isto é, o insumo capital foi dividido em capital de conhecimento e capital físico, apresentando distintos processos de acumulação ao longo do tempo. De forma análoga, o investimento da economia foi modelado para também evidenciar a formação bruta de capital fixo em capital físico e em capital de conhecimento, utilizando o método de estoque perpétuo, que será detalhado na seção 4.2. Assim, foi possibilitada a investigação dos choques sobre a estrutura de capital da economia a partir de diferentes setores produtivos, obtendo conclusões mais abrangentes dos impactos das políticas de fomento à inovação a partir dos resultados das evidências empíricas.

Uma política de inovação que visa ampliar os investimentos totais em P&D pode ter efeitos significativos sobre os principais agregados macroeconômicos, além de ser possível que se perpetuem durante muito tempo. Por isso, os resultados obtidos a partir de modelos econométricos, que muitas vezes são resultados baseados na teoria do equilíbrio parcial, ficam aquém na efetividade em investigar os fatores que contribuem para o crescimento econômico ou para a mudança estrutural da indústria, por exemplo.

Além do objetivo de analisar os efeitos de um dos mecanismos de incentivo à inovação das políticas anteriormente citadas, este capítulo apresentará os aspectos gerais e o histórico de desenvolvimento dos modelos de EGC, assim como a estrutura teórica do modelo adotado neste trabalho, incluindo os dados que alimentam as simulações e a calibragem do modelo. Posteriormente, serão apresentadas as simulações realizadas, os resultados gerados pelas mesmas e as discussões pertinentes a estes.

#### **4.1 Aspectos gerais do modelo**

Johansen (1960) foi o primeiro autor a desenvolver um modelo com o propósito de converter a concepção teórica de equilíbrio walrasiano, formalizada nos anos 1950 por Arrow-Debreu, em um modelo aplicado à economia real. A metodologia utilizada na aplicação de modelos EGC assenta-se na possibilidade de se calcular numericamente uma alocação de recursos Pareto-ótima, assim como os pressupostos da microeconomia neoclássica (HORRIDGE; PARAMENTER; PEARSON, 1998; DOMINGUES, 2002).

O desenvolvimento da metodologia para a aplicação empírica dos modelos de equilíbrio geral teve como base duas vertentes: o método de solução de Scarf e Scarf e Hansen e a vertente baseada em Johansen. A primeira é reconhecida na literatura como tradição americana de modelagem e é mais comumente utilizada para a verificação dos aspectos teóricos da ciência econômica frente aos cenários econômicos reais.

Já os modelos baseados na variante de Johansen sustentam-se na estratégia de transposição do sistema de equações do modelo para uma forma linear. Dessa maneira, o principal objetivo dessa abordagem é analisar os desvios da uniformidade no processo de crescimento em contraste com o equilíbrio geral de Arrow-Debreu, ou da teoria de crescimento típica, que se baseava na hipótese de crescimento equilibrado em todos os setores. Os modelos de EGC desenvolvidos com base nesta vertente correspondem à tradição australiana de modelagem, que aplicam um sistema linearizado em que as variáveis do modelo seriam medidas em termos de taxas de crescimento. Essa tradição de modelagem ganhou popularidade para aplicação na avaliação de políticas, por permitir maior detalhamento do banco de dados e possibilidade de estabelecimento de relações mais realistas de interdependência setorial e regional (DIXON; PARMENTER, 1996; FARIA, 2012).

Seguindo a abordagem de Johansen, nos anos de 1970, um grupo de pesquisadores financiados pelo governo australiano para analisar as políticas econômicas desenvolveu o modelo ORANI. Este se constitui num modelo nacional de EGC e apresenta estrutura analítica baseada no paradigma walrasiano, no qual as relações de oferta e demanda derivam-

se de hipóteses de otimização e condições de equilíbrio de mercado. Posteriormente, nos anos 1990, surgiram modelos inter-regionais e dinâmicos a partir da versão original do modelo ORANI: o MONASH MULTI-REGIONAL e o MONASH, respectivamente.

Modelos de EGC estáticos desconsideram a trajetória dos efeitos econômicos ao longo do tempo, diante de perturbações exógenas que podem ocorrer na economia. Para contornar tal limitação, o modelo MONASH para a economia australiana foi desenvolvido com a introdução de um módulo de dinâmica recursiva por meio de equações de acumulação de capital e mercado de trabalho. Trata-se de um modelo consolidado e complexo no que tange à especificação das equações, fechamento e choques sugeridos (DIXON; RIMMER, 2001).

Para viabilizar o método de soluções recursivas, tais modelos partem da hipótese de expectativas adaptativas, de modo que a solução de cada período dependa do período corrente e dos períodos passados (DIXON; RIMMER, 2001; BETARELLI JUNIOR, 2013; DOMINGUES *et al.*, 2010; HASEGAWA, 2003). Assim, a calibragem do modelo é feita apenas para o período inicial, sendo suficiente para constatar as repercussões econômicas de suposições levantadas sobre as variáveis endógenas ao longo de um intervalo de tempo.

Seguindo a tradição australiana, o modelo BIM-KC apresenta estrutura central composta por blocos de equações que determinam relações de oferta e demanda, derivadas de hipóteses de otimização, e condições de equilíbrio de mercado. Além de que vários agregados nacionais são definidos em tal estrutura, como nível de emprego, saldo comercial e índices de preços. Ressalta-se que um dos diferenciais do modelo se refere à especificação explícita do produto “P&D” disponível para o consumo dos demais setores, e dos vetores distintos de investimento em capital de conhecimento e em capital físico, que seguem um padrão de acumulação dinâmico recursivo. Maiores detalhes da estrutura produtiva do modelo serão apresentados nas seções seguintes.

Os modelos dinâmicos recursivos de tradição australiana estão consolidados no Brasil, como é o caso do modelo de Fochezatto e Souza (2000), do modelo MIBRA - Modelo Inter-Regional para Economia Brasileira - (HASEGAWA, 2003), do modelo EFES - *Economic Forecasting Equilibrium System* – (HADDAD; DOMINGUES, 2001), do modelo BRIDGE - *Brazilian Recursive Dynamic General Equilibrium Model* - (DOMINGUES *et al.*, 2010), do modelo BIM-T de Betarelli Junior (2013), o modelo BeGreen (*Brazilian Energy and Greenhouse Gas Emissions General Equilibrium Model*) de Magalhães (2013) e de outras aplicações para a economia brasileira que avaliam diferentes cenários com propostas de calibrações diversas.

De acordo com os exemplos das aplicações citadas dos modelos de dinâmica recursiva para o Brasil, percebe-se que o modelo utilizado nesta Tese avança no sentido de constituir-se num modelo capaz de avaliar políticas públicas brasileiras e as repercussões sobre a produção do capital de conhecimento, sobretudo aquelas de incentivo à inovação tecnológica, uma vez que explicitando-se a formação do estoque de capital de conhecimento e o investimento em P&D no país ao longo do tempo fornece resultados consistentes com o que se espera dos objetivos desse tipo de política.

#### 4.1.1 Modelos de EGC aplicados para análise de questões sobre inovações tecnológicas

Modelos de equilíbrio geral computável recebem atenção especial na pesquisa econômica empírica porque articula as teorias de produção e consumo a dados econômicos específicos e possibilita tanto a simulação, quanto a avaliação de políticas econômicas. Como mencionado em seção anterior, a dificuldade envolvida na construção de um modelo EGC capaz de lidar com as questões inerentes ao investimento em P&D surge por diversos motivos. Até o ano de 2009, as contas nacionais geralmente não incluíam explicitamente o investimento em P&D. Esse problema foi contornado no Brasil com a incorporação dos gastos com P&D como produto no Sistema de Contas Nacionais 2010-2011 do IBGE, seguindo o estabelecido pelo SNA 2008.

A atividade de P&D é geralmente considerada como um investimento nos modelos EGC porque é conduzida a fim de gerar capital de conhecimento que contribuirá para ampliação da capacidade produtiva. Para tanto, a capitalização dos gastos com P&D requer avaliação de ativos, especificação da taxa de depreciação, intervalo de tempo da atividade e a observação da contagem dupla como pré-requisitos para sua correta aplicação (HONG *et al.*, 2014).

A abordagem de equilíbrio geral para avaliar impactos em modelos baseados no comportamento do investimento em P&D em uma economia vem tendo sua utilização crescentemente aprimorada. Inicialmente, isso pode ser porque os modeladores de EGC tenham se interessado principalmente em análises comparativas entre cenários base e de impacto político, o que é uma razão para pesquisadores levantarem dúvidas sobre quão bem o modelo CGE se encaixa a outras análises (HONG *et al.*, 2014).

Por isso, são apresentados modelos aplicados à temática da inovação no contexto econômico e suas atribuições específicas, que exemplificam o que tem sido discutido sobre o tema na literatura internacional. A ideia inerente ao modelo aplicado é avaliar concretamente opções de políticas a partir da especificação de parâmetros de produção e demanda e



incorporação de dados empíricos das economias em estudo (MAGALHÃES, 2013). Modelos baseados no investimento em P&D utilizam dados do SCN que incluem os gastos com P&D, mas seguem o padrão dos dados oficiais, mantendo as identidades macroeconômicas que embasam o sistema e também incluem equações extras para tratar as novas contas.

O modelo de Bor *et al.* (2010), que também é baseado na tradição australiana, é um modelo nacional dinâmico cujo principal mecanismo da dinâmica recursiva é a acumulação de capital. O modelo, chamado SciBud-CGE, foi calibrado com dados da matriz insumo-produto de Taiwan e coeficientes relacionados para derivar valores de equilíbrio para o PIB, o nível de preços, mudanças na estrutura industrial, consumo, investimento e receita fiscal do país e também para realizar uma simulação e análise dos efeitos da política pública de investimento em P&D.

Com essa mesma finalidade, o modelo de Hong *et al.* (2014) traz duas principais características para contornar as limitações impostas pelos modelos tradicionais EGC: o conhecimento de um setor é adotado como um fator de produção – na forma de capital de conhecimento - e o capital de conhecimento alheio é considerado uma fonte de *spillovers* que podem aumentar o coeficiente de produtividade total dos fatores (PTF). Além disso, nesse modelo o investimento em P&D está separado pelos setores privado e público, o que está de acordo com a classificação das contas de investimento em P&D da MCS. Os dados que calibram esse modelo são provenientes da Matriz de Contabilidade Nacional (MCS) da Coreia do Sul e, assim como o BIM-KC, o capital de conhecimento segue um processo de acumulação distinto das outras dinâmicas do modelo.

Outro modelo construído para analisar a inovação e calibrado com dados da MCS é o modelo de Yeo *et al.* (2016). Esse modelo leva em conta o investimento em atividades de P&D e apresenta o fator trabalho e a família representativa desagregados em alguns tipos. Mas, similarmente aos modelos de Bor *et al.* (2010) e Hong *et al.* (2014), considera o capital de conhecimento como insumo no bloco do valor adicionado. Esse estudo segue o padrão da dinâmica recursiva de Hong *et al.* (2014), assim como especificado em Visser (2007) e Křístková (2012).

Visser (2007) construiu o modelo WorldScan para analisar o efeito da P&D sobre a PTF incluindo o capital gerado pela P&D no bloco do valor adicionado, como um fator de produção. Dessa maneira, o estoque de P&D é combinado com capital físico e trabalho para produzir valor agregado nos vários setores de produção distintos no modelo. A construção do estoque de P&D é análoga à construção do estoque de capital físico e, assim, os gastos em P&D podem ser interpretados como investimentos, cujos efeitos se estendem além do período

no qual os gastos são realizados. Esse método de construção do estoque de capital de conhecimento, via P&D, é denominado método do estoque perpétuo.

Tal metodologia também é adotada na construção do BIM-KC a fim de obter estimativas indiretas do estoque de capital pela acumulação dos fluxos de investimento para diferentes tipos de capital, deduzindo a depreciação física ou perda de eficiência que ocorre ao longo da vida útil dos mesmos. Assim, estimou-se o estoque de capital de conhecimento na economia brasileira e possibilitou o devido processo de acumulação de capital decorrente do investimento em P&D.

Para estudar os impactos causados por esse tipo de investimento, Křístková (2012) construiu um modelo EGC dinâmico recursivo utilizando dados da MCS da República Tcheca incorporados à capitalização do conhecimento gerado via investimentos em P&D. De acordo com as diretrizes do *System of National Accounts 2008* (SNA 2008), que foram observadas na especificação teórica do modelo BIM-KC, os gastos com P&D deixam de ser considerados como parte do consumo intermediário (no caso de pesquisa privada) ou do consumo governamental (no caso de pesquisa pública), mas como um componente da formação bruta de capital fixo. Dessa maneira, o capital de conhecimento também é considerado como um dos fatores de produção na estrutura do modelo.

Como apresentado, observa-se que a construção e a calibração do modelo BIM-KC estão alinhadas ao que tem sido proposto pela literatura internacional correlata exemplificada. Isso faz com que o modelo, ainda que modificado, atenda os requisitos metodológicos do SCN, mantendo as identidades macroeconômicas inalteradas e esteja em conformidade com os pressupostos teóricos da metodologia de EGC.

Na próxima seção será apresentada a estrutura matemática das principais equações comportamentais que fundamentam a construção do modelo, assim como será definida a inserção do módulo de dinâmica recursiva e das hipóteses do fechamento do modelo.

## **4.2 Especificação teórica do modelo**

Tanto a especificação das equações estruturais como a implementação do modelo BIM-KC foram feitas de acordo com o modelo ORANI (DIXON *et al.*, 1982), já inclusos os mecanismos de dinâmica recursiva do modelo MONASH de Adams *et al.* (1994).

O modelo é calibrado para os dados das contas nacionais e da matriz de insumo-produto do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2010, de acordo com a classificação setorial e de produtos da mesma. Dessa forma, trabalha-se com o modelo composto por 67 setores ( $j = 1, \dots, 67$ ), que produzem um ou mais dos 127 produtos ( $c = 1,$

...,127)<sup>7</sup> e que podem apresentar origem doméstica ou importada ( $S = D$  e  $M$ ). Para produzir os  $c$  produtos na economia, os setores os utilizam também como insumos intermediários, assim como utilizam os  $V$  fatores de produção: trabalho, terra, capital físico e capital de conhecimento ( $V^j = L, T, CF, CK$ ).

Há especificação de cinco componentes da demanda final da produção na economia: o consumo das famílias e o consumo do governo, que consomem os  $c$  produtos de origem  $S$ ; os investidores produtivos responsáveis pela criação de capital na economia e que, para isso, utilizam os  $c$  insumos intermediários de ambas as origens; as exportações de produtos domésticos e a variação de estoques, que acompanha a variação de produção dos  $c$  produtos.

Para viabilizar os fluxos de produtos/insumos entre os produtores e consumidores finais, existem dois setores de margens na economia (comércio e transportes). Por hipótese, as demandas de margens são relacionadas somente com os fluxos de bens ocorridos dentro do território nacional, cujos serviços são demandados pelas transações dos produtos domésticos. Além disso, os custos de serviços de margens, juntamente com a especificação de um agregado de impostos sobre a produção representam as diferenças entre os preços do comprador e os preços básicos, que são percebidos pelos produtores e importadores (BETARELLI JUNIOR, 2013; CARDOSO, 2016; BOR *et al.*, 2010).

Assim, tem-se que os setores produtivos estão minimizando custos de produção sujeitos a uma tecnologia de retornos constantes de escala, cuja combinação de insumos intermediários e o fator primário (agregado) é determinada por coeficientes fixos (função de produção do tipo Leontief). Na composição dos insumos há substituição via preços entre produto doméstico e importado, por meio de funções de elasticidade de substituição constante (CES). Na composição do fator primário também há substituição via preço entre capital e trabalho por funções CES. Embora todos os setores apresentem a mesma especificação teórica, os efeitos substituição via preços se diferenciam de acordo com a composição doméstico/importado dos insumos do setor - presente na base de dados, que será detalhada na seção 4.3.

---

<sup>7</sup> Os Anexos A e B listam os produtos e setores do modelo adotado nesta Tese.

#### 4.2.1 Estrutura da Tecnologia de Produção

A função de produção está especificada de modo que cada setor pode produzir mais de um produto, utilizando insumos intermediários domésticos e importados ( $X_1^{scj}$ ) e fatores de produção  $V^j = L + Kf + Kc + T$ , entre outros custos.

Seja  $Z^j$  o nível de atividade setorial,  $I = X_1^{scj}, V^j$  um composto de insumos combinados no processo produtivo e  $O^j$  um composto de bens produzidos por cada um dos setores. Dessa maneira, pode-se definir a função de produção genericamente como sendo formada por dois componentes: um relativo à composição setorial ( $O^j$ ) e outro relativo à utilização dos insumos ( $I$ ). A conexão entre as duas partes da função é feita pelo nível de atividade setorial ( $Z^j$ ), como pode ser visto em (14). Em outras palavras, o nível de atividade setorial ( $Z^j$ ) interliga o composto  $O^j$  com a demanda de insumos que minimiza os custos de produção, dada por uma função  $H(\cdot)$  aninhada em dois níveis:

$$G(O^j) = Z^j = H(X_1^{scj}, V^j) \quad (1)$$

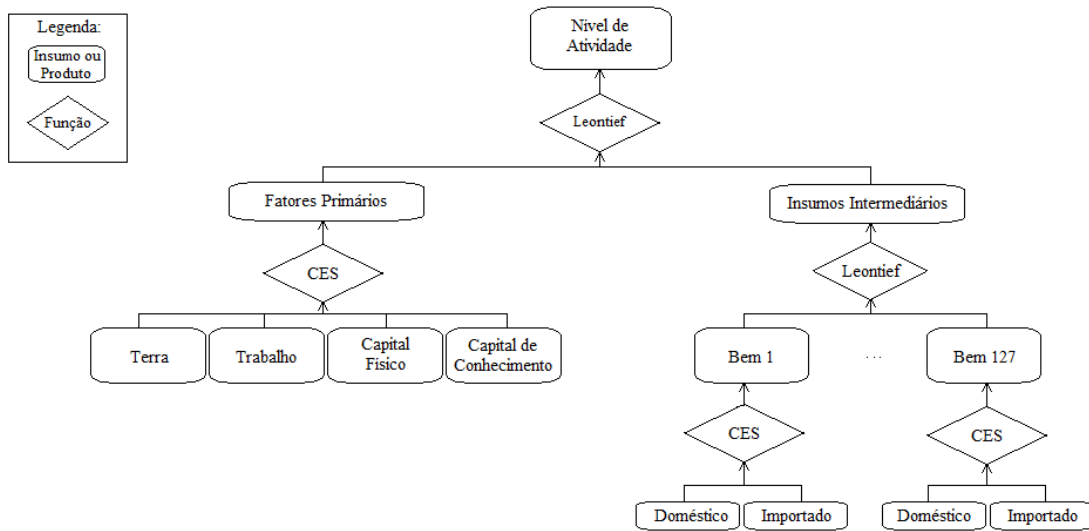
Por uma função de transformação  $G(\cdot)$  de tecnologia de agregação com elasticidade de transformação constante (CET), os setores multiprodutos transformam o seu composto de bens  $O^j$  produzindo *commodities* que maximizam as suas receitas.

A estrutura da função  $H(\cdot)$ , que pode ser decomposta em duas partes, revela que os setores escolhem a combinação de insumos intermediários e fatores primários os quais minimizam os custos de produção para o nível de produção  $Z^j$ . Na primeira parte de  $H(\cdot)$ , a demanda do valor adicionado,  $x_V^j$ , e o uso do composto de insumo intermediário  $c$  pelo  $j$ -ésimo setor,  $x_1^{cj}$ , são definidos por:

$$z^j = x_V^j = x_1^{cj} \quad \because \quad z^j = x_0^j \quad (2)$$

em que  $Z^j$  é o  $j$ -ésimo nível de atividade setorial (mudança percentual); e  $x_0^j$  é a quantidade total de insumos na produção do setor.

**FIGURA 4 - Estrutura hierárquica da função de produção setorial**



Fonte: Elaborada pela autora

A estrutura ilustrada acima é dividida em dois planos, mostrando que os setores escolhem a combinação de insumos intermediários e fatores primários a fim de minimizar os custos de produção de determinado nível de atividade. Na estrutura demonstrada à direita da Figura 4, percebe-se que não há substituição via preço entre diferentes tipos de insumos intermediários por uma função CES – terra, trabalho, capital físico e capital de conhecimento. Por essa razão, a equação (2) denota retornos constantes de escala por uma tecnologia Leontief de produção, caracterizando a demanda em proporção fixa dos mesmos por unidade de produto. Essa propriedade reflete que ambos compostos não respondem às mudanças dos preços relativos e preserva as características intrínsecas da produção de cada bem (BOR *et al.*, 2010; HONG *et al.*, 2014; KŘÍSTKOVÁ, 2012; VISSER, 2007; YEO *et al.*, 2016; BETARELLI JÚNIOR; PEROBELLI; VALE, 2015).

Na estrutura demonstrada à esquerda, os  $j$  setores decidem sobre a demanda dos  $f = 4$  fatores de produção,  $x_V^{if}$ , e das  $s = 2$  origens de cada insumo  $c$ ,  $x_1^{scj}$ , a partir de uma tecnologia CES:

$$x_V^{if} = z^j - \sigma_V^j (p_V^{jf} - p_V^j) \quad (3)$$

$$x_1^{scj} = z^j - \sigma_1^c (p_1^{scj} - p_1^{cj}) \quad (4)$$

nos quais  $\sigma_V^j$  e  $\sigma_1^c$  são as elasticidades de substituição de Armington para cada composto;  $p_V^{jf}$  é o preço do  $f$ -ésimo fator de produção;  $p_V^j$  é o preço do composto de fator de primário, especificado por  $p_V^j = \sum_{f=1}^4 S_V^{if} p_V^{if}$ , sendo  $S_V^{if}$  a participação do fator no valor adicionado;  $p_1^{scj}$  é o preço da  $s$ -ésima origem de um insumo; e  $p_1^{cj}$  é o preço do composto do insumo  $c$ , tal que  $p_1^{cj} = \sum_{s=1}^2 S_1^{scj} p_1^{scj}$ , em que  $S_1^{scj}$  é a participação de dispêndio total com  $c$ . Similarmente,  $x_1^{cj} = \sum_{s=1}^2 S_1^{scj} x_1^{scj}$  em (2). Ambas as equações, (3) e (4), consistem de um termo de escala ( $z^j$ ) e um termo de substituição  $\sigma_1^c(\cdot)$ . Isso mostra que mudanças nos preços relativos podem levar às mudanças nas demandas dos fatores e insumos de produção.

Para  $f = L$ , a equação (3) representa o emprego efetivo de trabalhadores pelo  $j$ -ésimo setor. Assim, o emprego corrente total na economia é dado por  $l = \sum_{j=1}^{67} S_V^{jL} x_V^{jL}$  e do salário médio nominal é definido como  $w = \sum_{j=1}^{67} S_V^{jL} x_V^{jL}$ , que, quando deflacionado pela mudança percentual do índice de preço do consumidor ( $p_3$ ), tem-se a taxa de salário real corrente  $v = w - p_3$ . No mecanismo defasado do mercado de trabalho, quando o nível de emprego exceder em relação ao emprego tendencial ( $l_t - l_{TEND}$ ),  $v_t$  aumentará no período  $t$ . Como existe uma relação negativa entre emprego e salário real no mercado de trabalho, o aumento de  $v_t$  ajustará o nível de emprego em períodos posteriores até convergir para o nível tendencial.

Quando  $f = K$ , considerando que  $K = [KC, KF]$ , a equação (3) representa o estoque de capital usado por cada setor no final do período  $t$ , composto pelo estoque de capital depreciado  $[(1 - D^j)K^j]$  no início do ano  $t$  e do fluxo de investimento ( $Y^t$ ) ao longo do ano  $t$ .

Adotando o mecanismo recursivo, a determinação do crescimento do capital e do investimento dependem das taxas de retorno esperadas. Ou seja, a alocação dos investimentos produtivos depende da diferença entre a variação da taxa bruta de crescimento do capital ( $g^j = y^j - k^j$ ) e a do seu crescimento tendencial  $g_{TEND}^j$ , bem como entre a variação do retorno esperado e do normal  $l_t^j - r_{normal}^j = m_t^j$  para o próximo período  $t$ :

$$g^j - g_{\text{TEND}}^j = [1 - G^j/G_{\text{MAX}}^j]\alpha^j m_t^j \quad (5)$$

sendo  $G^j = Y^j/K^j = [K_t^j/K^j - 1] + D^j > 0$  a taxa bruta de crescimento do capital para o período  $t$ ;  $G_{\text{max}}^j$  é o limite exógeno de um valor máximo para  $G^j$ , como numa função logística; e  $\alpha^j$  é um parâmetro de elasticidade do investimento. A variação das taxas esperadas de retorno ( $\Delta E_t^j$ ) no final do período  $t$  representa uma média da taxa esperada no início do período  $E_0^j$  e da taxa de retorno no final do período  $R_t^j$ :

$$\Delta E^j = \beta(R_0^j + \Delta R^j - E_0^j) \quad (6)$$

em que  $X_j = [X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jp}]$ ;  $0 < \beta < 1$  é um parâmetro de convergência;  $R_0^j = P_V^{jK}/P_2^j$ , ou seja, é a razão entre a rentabilidade e o custo unitário do capital;  $\Delta R^j = [R_0^j(p_V^{jK} - p_2^r)]/100$ , tal que  $x$  é o custo agregado do  $r$ -ésimo investidor produtivo para formar  $Y^r$  unidades de capital (DIXON; RIMMER, 2001, 1998; BETARELLI JUNIOR; PEROBELLI; VALE, 2015).

#### 4.2.2 Demanda por Investimentos Físicos e por Investimentos em P&D

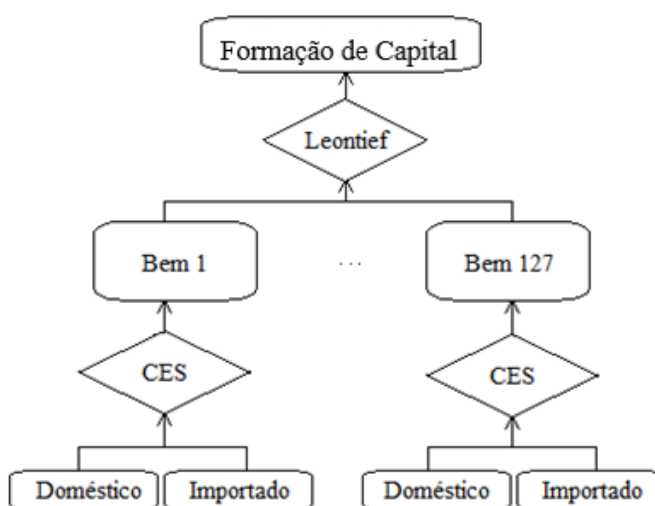
Uma das modificações no modelo foi realizada na função de investimento, a fim de captar distintivamente a formação de capital físico e de capital de conhecimento. Os recursos totais de investimento, que são determinados pela poupança total e depreciação são distribuídos entre investimentos em capital físico e investimentos em capital de conhecimento.

Assim como os produtores de bens, os  $r$  investidores otimizam o custo de combinar os  $c$  insumos para formar as  $Y^r$  unidades de capital, de acordo com uma função de tecnologia dada. De forma semelhante à estrutura de produção corrente (FIGURA 4), na geração de capital físico e de capital de conhecimento assume-se que a substituição pode ocorrer entre as origens de insumos (i.e., domésticos e importados), não havendo, portanto, quaisquer efeitos de substituição entre os insumos.

Para o modelo desta Tese assume-se que o insumo de P&D é utilizado exclusivamente para formar uma unidade a mais de capital de conhecimento. Ou melhor, investidores utilizam P&D para produzir uma unidade de capital de conhecimento. Ressaltando-se que essa especificação teórica vale tanto para o capital físico, quanto para o capital de conhecimento. Desse modo, presume-se que há um efeito de complementariedade entre o capital de conhecimento e o capital físico, enquanto insumos produtivos especificados no modelo.

Como mostrado na Figura 5 o modelo assume que os insumos de várias indústrias são limitados por uma função de produção e, sob tais restrições, os setores minimizarão seus custos de formar ativos fixos, cujos insumos são produtos intermediários produzidos localmente ou importados, que são agregadas por uma função CES. Isto é, no segundo nível hierárquico da Figura 4, uma função CES combina os insumos domésticos e os importados, estabelecendo que mudanças nos preços relativos dentro do composto de cada insumo induzem à substituição em favor da variedade relativamente mais barata. Diferentemente da tecnologia de produção, nenhum fator primário é usado diretamente como insumo na formação dos dois tipos de capital.

**FIGURA 5 - Estrutura hierárquica da formação de capital**



Fonte: Elaborada pela autora

Finalmente, todos os bens gerados são agregados através da função de produção de Leontief, garantindo que a composição entre os insumos seja fixa, para formação de capital físico e de capital de conhecimento dos setores em questão (BOR *et al.*, 2010).

A forma percentual da especificação CES no segundo nível da estrutura de demanda por investimento em capital físico é definida segundo as equações:



$$x_2^{Di} = y^r - \sigma_2^i S_i^M (p_2^{Di} - p_2^{Mi}) \quad (7)$$

$$x_2^{Mi} = y^r - \sigma_2^i S_i^D (p_2^{Di} - p_2^{Mi}) \quad (8)$$

em que  $x_2^{Di}$  e  $x_2^{Mi}$  são, respectivamente, as demandas do insumo  $i$ , doméstico e importado, para a criação de capital;  $y^r$  é a criação de capital agregado em termos reais;  $p_2^{Di}$  e  $p_2^{Mi}$  são as mudanças nos preços dos insumos de ambas as fontes (doméstica (D) e importada (M));  $S_i^D$  e  $S_i^M$  são as participações de cada origem no dispêndio total com  $i$ , e  $\sigma_2^i$  é a elasticidade de Armington.

Além disso, o modelo BIM-KC está especificado por um módulo de dinâmica recursiva, o que significa que equações de acumulação são necessárias para a formação do capital físico e do conhecimento. Por isso, a atividade de investimento também é desagregada em dois tipos: investimento em capital físico e investimento em capital de conhecimento (HONG *et al.*, 2014). O investimento em capital físico é acumulado para gerar estoque físico através do método de estoque permanente com uma taxa de depreciação constante. Por hipótese, a taxa de depreciação do capital não se altera ao longo do tempo, mas as expectativas da taxa de retorno do investimento podem alterar-se temporariamente, causando alterações no volume de investimento e, por conseguinte, nos estoques de capital físico e de capital de conhecimento.

Ambos os estoques de capital evoluem com base na seguinte equação:

$$K_{t+1} = K_t * (1 - d) + I_t \quad (9)$$

em que  $K$  é o estoque de capital,  $d$  é a taxa de depreciação do capital físico e  $I$  é o investimento. A evolução do estoque de capital depende do quanto é investido na economia e da taxa de depreciação do capital. Assim, a especificação do comportamento dos investimentos é feita em estado de fluxo, dependendo das flutuações da taxa bruta esperada de retorno em relação à tendência da economia ao longo do tempo. Dessa maneira, a acumulação de capital irá variar na medida em que os investimentos se tornam operacionais (BETARELLI JUNIOR, 2013).

Com a incorporação do insumo P&D como um produto de propriedade intelectual na função de produção, a demanda por investimentos em P&D para a formação de capital de conhecimento passa a ser um dos componentes da demanda final do modelo. Além disso, tem-se que a alocação de investimentos é crucial para captar os efeitos de P&D em cenários

prospectivos. Assim, opta-se por modelar a demanda por investimentos em P&D a partir do quanto cada setor produtivo é demandado na geração do insumo P&D e não a partir do dispêndio de cada setor em P&D. O método de acumulação é semelhante ao caso de investimento físico, exceto por uma taxa de depreciação diferente, que será detalhada na seção 4.3.

De acordo com a dinâmica de acumulação do modelo, ressalta-se que se a formação de capital de conhecimento é resultado do investimento em P&D, esse capital recém gerado ao ser incorporado ao estoque do mesmo, irá acumular-se e, assim, tornar-se obsoleto a uma determinada taxa de depreciação. Em uma estrutura aninhada similar à estrutura de produção e também a partir de um problema de minimização de custos, a formação de capital de conhecimento pode ser representada analogamente pela Figura 5.

#### 4.2.3 Outras Demandas

A demanda das famílias é especificada a partir de uma função de utilidade não-homotética de Stone-Geary (PETER *et al.*, 1996). Assim, a família representativa  $h = 1$  determina uma composição ótima de suas “cestas” de consumo a partir de um sistema linear de gastos (LES), sujeito a determinada restrição orçamentária. A LES divide o consumo total do composto do bem em duas partes: uma de subsistência (ou mínimo) e outra de luxo (ou supernumerário). A demanda (em mudança percentual) para o composto do  $c$ -ésimo bem da família ( $x_{3T}^c$ ) é, então:

$$x_{3T}^c = (1 - \alpha_3^{\text{ch}}) + \alpha_3^c (x_{3\text{LUX}}^h - p_3^{\text{ch}}) \quad (10)$$

em que  $x_{3\text{LUX}}^h$  é total de gastos de luxo da família  $h$ ;  $p_3^c$  é o preço do consumidor para o bem  $c$ . Em (10),  $x_{3T}^c$  é uma função positiva de  $x_{3\text{LUX}}^h$  e negativa de  $p_3^c$ , controlada pela participação de luxo,  $\alpha_3^c = \alpha_3 \varepsilon^c$ , tal que  $\alpha_3$  é o parâmetro de Frisch (FRISCH, 1959) e  $\varepsilon^{\text{ch}}$  é a elasticidade de gasto do bem  $c$  pela família  $h$ . Em cada composto  $c$  há também especificação CES entre as suas  $s$  origens:

$$x_3^{\text{hsc}} = x_{3T}^{\text{hc}} - \sigma_3^c (p_{3\text{hsc}} - p_{3\text{hc}}) \quad (11)$$

sendo  $\sigma_3^c$  a elasticidade de Armington;  $p_{3^{hsc}}$  o preço da  $s$ -ésima origem do bem  $c$ ;  $p_{3^{hc}}$  o preço do composto  $c$ , tal que  $p_{3^{hc}} = \sum S_3^{hsc} p_{3^{hsc}}$ , em que  $S_3^{hsc}$  é a participação de  $c$  no orçamento da família  $h$ ; e  $x_{3T}^{hc} = \sum S_3^{hsc} x_{3^{hsc}}$ .

A composição do consumo por produto entre doméstico e importado é controlada por meio de funções de elasticidade de substituição constante (CES). As exportações setoriais respondem a curvas de demanda negativamente associadas aos custos domésticos de produção e positivamente afetadas pela expansão exógena da renda internacional, adotando-se a hipótese de país pequeno no comércio internacional, ou seja, presume-se que mudanças no comércio externo brasileiro não influenciam os preços internacionais.

O consumo do governo é tipicamente exógeno, podendo estar associado ou não ao consumo das famílias ou à arrecadação de impostos. Os estoques se acumulam de acordo com a variação da produção. Assim, a demanda do governo e as variações de estoque não apresentam um comportamento de substituição. A demanda externa de cada bem  $c$  tradicional varia inversamente ao preço médio em moeda externa das exportações ( $p_4^c - \Phi$ ) via uma curva de demanda com elasticidade constante ( $\sigma_{EX}^c$ ):

$$x_4^c = -\sigma_{EX}^c (p_4^c - \Phi) \quad (12)$$

em que  $\Phi$  representa a mudança percentual na taxa cambial, a qual foi definida como numerário do modelo, sendo exógena em todas as simulações.

Já a demanda por margens (de transporte e de comércio), proporcionais aos fluxos de bens aos quais as margens estão associadas, possuem o papel de facilitar os fluxos dos  $c$  produtos entre pontos de produção até os usuários domésticos. Os custos de serviços de margens, juntamente com os impostos indiretos (IPI, ICMS e Outros), representam as diferenças entre os preços do comprador (pago pelos usuários) e os preços básicos (recebidos por produtores e importadores). Isto é, podem ser interpretadas como o gasto necessário para que determinado produto chegue até o consumidor final. Dessa forma, as demandas para cada usuário ( $m = \text{transporte, comércio}$ ) podem ser especificadas como:

$$x1mar_{c,s,i,m} = x1_{c,s,i} * a1mar_{c,s,i,m} \quad (13)$$

$$x2mar_{c,s,i,m,k} = x2_{c,s,i} * a2mar_{c,s,i,m,k} \quad (14)$$

$$x3mar_{c,s,m,h} = x3_{c,s,h} * a3mar_{c,s,m,h} \quad (15)$$

$$x4mar_{c,m} = x4_c * a4mar_{c,m} \quad (16)$$

$$x5mar_{c,s,m} = x5_{c,s} * a5mar_{c,s,m} \quad (17)$$

Em que, os indicadores de um a cinco são respectivamente relativos à demanda por insumos intermediários, bens de investimento, consumo das famílias, exportações e demanda do governo.  $x1mar_{c,s,i,m}$ ,  $x2mar_{c,s,i,m,k}$ ,  $x3mar_{c,s,m,h}$ ,  $x4mar_{c,m}$  e  $x5mar_{c,s,m}$  são as respectivas demandas por margens  $m$  (de transporte ou comércio) para cada um dos usuários;  $x1_{c,s,i}$ ,  $x2_{c,s,i}$ ,  $x3_{c,s,h}$ ,  $x4_c$  e  $x5_{c,s}$  são as demandas de cada um desses agentes e os parâmetros  $a1mar_{c,s,i,m}$ ,  $a2mar_{c,s,i,m,k}$ ,  $a3mar_{c,s,m,h}$ ,  $a4mar_{c,m}$  e  $a5mar_{c,s,m}$  representam mudanças tecnológicas que tornam a utilização de margens para cada usuário mais ou menos eficiente.

#### 4.2.4 Solução sequencial em dinâmica recursiva

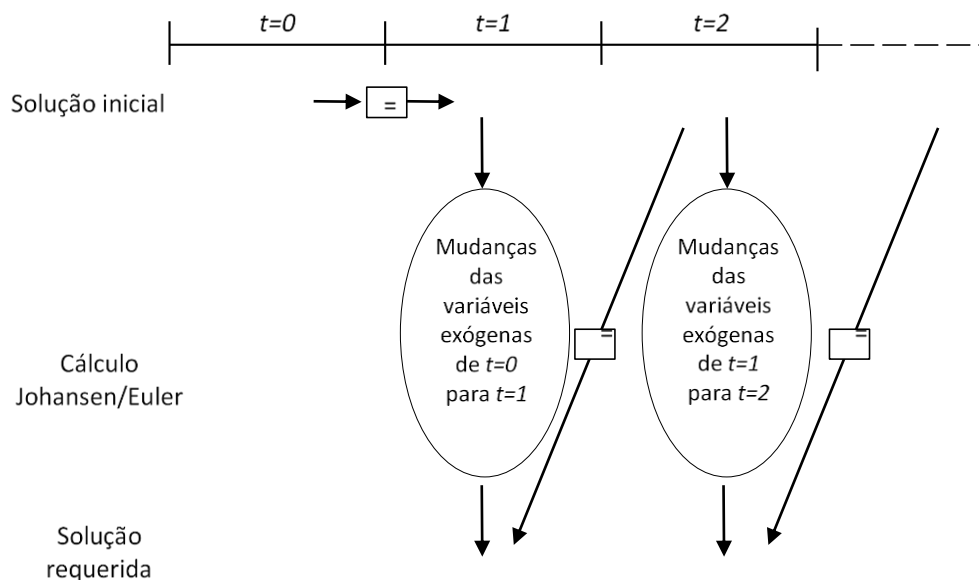
Por modelo dinâmico recursivo diz-se que cada solução do modelo representa as mudanças entre um ano e o próximo. A base de dados inicial, que é o ponto de partida de cada computação, representa o estado da economia tanto no final do período anterior, quanto no início do período corrente. Da mesma forma, a base de dados produzida por cada simulação representa a economia como será no final do período corrente e no início do próximo. Em outras palavras, os modelos dinâmicos resolvem uma série de modelos estáticos, um para cada período de tempo, mantendo, dessa maneira, alguns pontos referentes aos efeitos estáticos, já que representam a situação inicial da economia em equilíbrio (HADDAD, 2004; BETARELLI JR. 2013). A grande vantagem, contudo, é que tais mecanismos admitem a utilização explicitamente temporal do modelo, permitindo a conexão e atualização dos dados de forma dinâmica, a partir das soluções de cada ano, o que não é possível em modelos estáticos, gerando resultados que formam uma trajetória ao longo do tempo (CARDOSO, 2016).

Nos modelos da família MONASH, a estrutura de dinâmica recursiva permite analisar as trajetórias de médio e longo prazo dos efeitos econômicos projetados das simulações (DIXON; RIMMER, 2001). A especificação do módulo de dinâmica recursiva é baseada na modelagem do comportamento intertemporal e em resultados de períodos anteriores

(*backward looking*)<sup>8</sup>. As condições econômicas correntes, tais como a disponibilidade de capital, são endogenamente dependentes dos períodos anteriores, mas permanecem não afetadas por expectativas geradas prospectivamente. Assim, o investimento em capital físico, investimento em capital de conhecimento e os estoques dos dois tipos de capital seguem mecanismos de acumulação e de deslocamento intersetorial a partir de regras pré-determinadas distintas, vinculadas à taxa de depreciação e taxas de retorno especificadas por tipo de capital.

Como se trata de um modelo dinâmico recursivo, o modelo BIM-KC foi calibrado para o ano de 2010, desta forma, o fechamento e conjunto de choques aplicados a partir de 2011 utiliza o ano de 2010 como base e a partir do conjunto de equações do modelo é gerada uma solução para o ano de 2011. Por sua vez, a solução gerada para 2011 passa a ser o ano base que recebe o fechamento e choques de 2012, gerando as soluções para esse ano, e assim por diante. Assim, nesses modelos vigora-se a hipótese de expectativas estáticas. Ou seja, a solução requerida do ano  $t - 1$  (incluindo a solução para os coeficientes da base de dados) como a solução inicial para o ano  $t$ . De forma esquemática, a dinâmica recursiva do ajuste intertemporal pode ser representada na Figura 6.

**FIGURA 6 - A seqüência de soluções usando a solução de  $t-1$  como solução inicial**



Fonte: Adaptada de Dixon e Rimmer (2001)

<sup>8</sup> Há também outra abordagem de modelos dinâmicos de EGC conhecida como modelos dinâmicos não recursivos. Tais modelos usam o método de expectativas prospectivas (*forward looking*), gerando soluções as quais dependem tanto dos períodos antecedentes, quanto dos períodos de tempo futuros.

A solução inicial para todos os anos,  $\bar{V}(t)$ , passa a ser a solução requerida [ $\hat{V}(t - 1)$ ] e não mais unicamente a solução inicial do ano base [ $\bar{V}(0)$ ]. Assim, por exemplo, com as mudanças das variáveis exógenas em  $t = 1$  sobre a solução inicial [ $\bar{V}(1) = \bar{V}(0)$ ], o cálculo de Johansen ou Euler fornecerá os efeitos sobre as variáveis endógenas e, conseqüentemente, uma solução requerida [ $\bar{V}(1)$ ]. Esta será a solução inicial no ano  $t = 2$ , a qual será usada pelo cálculo de Johansen ou Euler quando mudanças nas variáveis exógenas forem aplicadas (DIXON; RIMMER, 2001; BETARELLI JUNIOR, 2013).

Como mecanismo intertemporal, a acumulação de capitais incorpora o caráter dinâmico nos modelos EGC por meio da taxa de depreciação do capital e pela taxa de retorno do investimento. Por hipótese, a taxa de depreciação do capital não se altera ao longo do tempo, mas as expectativas da taxa de retorno do investimento podem alterar-se temporariamente, causando alterações no volume de investimento e, por conseguinte, no estoque de capital.

Tendo o modelo BIM-KC desagregado o capital em capital físico e capital de conhecimento, a dinâmica recursiva utiliza os estoques distintos de capital para permitir o devido processo de acumulação dos mesmos ao longo do tempo. A metodologia empregada para a estimativa do estoque de capital de conhecimento é o método do inventário perpétuo - ou método do estoque permanente.

Assim como na maioria dos trabalhos empíricos e teóricos envolvendo estoque de P&D apresentados no terceiro capítulo desta Tese, a construção deste é abordada de forma análoga para a construção do estoque de capital físico. O estoque de P&D é a soma de todos os investimentos anteriores em P&D corrigidos pela depreciação (VISSER, 2007).

$$KC_{t+1} = KC_t * (1 - d) + I_t \quad (18)$$

em que  $KC$  é o estoque de capital de conhecimento,  $d$  é a taxa de depreciação calibrada para o capital de conhecimento e  $I$  é o investimento neste tipo de capital. Dessa forma, os gastos com P&D podem ser interpretados como investimentos, cujos efeitos se estendem para além do período em que as despesas são realizadas.

Esse método gera estimativas indiretas do estoque de capital pela acumulação dos fluxos de investimento para diferentes tipos de capital, deduzindo a depreciação física ou perda de eficiência que ocorre ao longo da vida útil dos mesmos. Os valores obtidos

dependem dos dados de investimento e das hipóteses adotadas sobre a depreciação de cada tipo de ativo.

Para a medida de estoque de capital de P&D, é preciso considerar que a taxa de depreciação existe porque o conhecimento utilizado em P&D torna-se obsoleto. Outra medida necessária para o cálculo da série de investimento em P&D é a taxa de retorno em investimento do capital de conhecimento, que é uma medida que pode variar muito, dependendo do tipo de dados, do método de estimativa e do grau de agregação.

Para a dedução dos valores, segue-se a seguinte dedução algébrica a partir da equação (18):

$$\frac{I}{KC} = \left[ \left( \frac{KC_t}{K} \right) - 1 \right] + d \quad (19)$$

Para o cálculo do estoque de capital de conhecimento, de acordo com os dados do Sistema de Contas Nacionais para a matriz de Insumo-Produto do ano de 2010 do IBGE, foram utilizados os valores de produção não mercantil do produto “Pesquisa e Desenvolvimento”, que é destinado à formação bruta de capital fixo como o investimento em capital de conhecimento ( $KC$ ). Para o cálculo do estoque de capital de conhecimento, bastou dividir o investimento em capital de conhecimento pela taxa de crescimento bruta da economia, estipulada a 5%<sup>9</sup>.

Desse modo, com essas hipóteses sustentadas pela literatura da área (e.g.: HALL, 1993; GRILICHES, 1990; LOS; VERSPAGEN, 2000; NADIRI; PRUCHA, 1996), obteve-se a série de estoque de capital de conhecimento para os setores produtivos da economia a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE e foi possibilitada a correta especificação da dinâmica recursiva para a acumulação de capital de conhecimento.

Já o ajuste defasado no mercado de trabalho constitui-se num vínculo intertemporal no qual o salário real se ajusta para equilibrar o mercado de trabalho. Além do salário real, os ajustes intertemporais com base no mercado de trabalho incluem as variáveis emprego corrente e emprego tendencial. Assume-se que a demanda por trabalho determina a quantidade de trabalhadores utilizados na produção e que os salários reais são rígidos no curto prazo, mas flexíveis no longo prazo (DOMINGUES *et al.*, 2016).

Formalmente, assume-se que quando o nível de emprego no período seguinte,  $t + 1$ , excede em  $E\%$  o crescimento tendencial, o salário real aumenta em  $\gamma E\%$ . Portanto, uma vez

---

<sup>9</sup> A calibragem referente às estimativas do estoque de capital de conhecimento e de capital físico encontram-se detalhadas na seção 4.3.

que há uma relação negativa entre emprego e salário real no mercado de trabalho, o nível de emprego nos períodos subsequentes se ajustará até convergir para o nível tendencial. Dessa maneira, o equilíbrio no mercado de trabalho é dado por:

$$\frac{\Delta w}{\Delta \theta} = \gamma \left( \frac{L}{T} + \frac{\Delta L}{T} \right) \quad (20)$$

em que  $L$  é o nível de emprego atual;  $T$  representa ao nível de emprego tendencial; e  $w$  é o salário real. Assim, como o emprego é negativamente relacionado aos salários reais, enquanto o nível de emprego estiver acima do tendencial, o salário real aumenta, da mesma forma, quando o emprego está abaixo do nível tendencial o salário real diminui, incentivando posteriores aumentos na demanda por trabalho e assim equilibrando o mercado de trabalho.

Esse comportamento do mercado de trabalho é consistente com a existência de uma taxa de desemprego NAIRU (*non-accelerating inflation rate of unemployment*) exógena ou fracamente dependente dos salários reais (DIXON; RIMMER, 2002; DOMINGUES *et al.*, 2016).

Considerando os modelos de EGC dinâmicos recursivos, que apresentam soluções sequenciais ao longo de um intervalo de tempo pré-estabelecido, existem basicamente quatro tipos de simulações geradas por seus respectivos fechamentos: histórica, de decomposição, de cenário futuro e de política (DIXON; RIMMER, 2001), que serão detalhados a seguir.

#### 4.2.5 Fechamentos do modelo

Na aplicação de modelos EGC, o tratamento de suas hipóteses de simulação, ou o conjunto estabelecido de variáveis exógenas e endógenas, constitui-se num ponto central da especificação metodológica e é conhecido como fechamento do modelo. Tal procedimento é flexível e define o modo de operação do modelo numa simulação. Com o módulo de dinâmica recursiva, dois problemas usuais de fechamento, oferta de trabalho e de capital são resolvidos pelas especificações de ajuste temporal no mercado de trabalho e de acumulação de capital, definidas na seção anterior (DOMINGUES *et al.*, 2016).

A metodologia dos modelos de EGC estabelece que o número de equações é comumente menor que o número de variáveis, cuja diferença resulta exatamente na quantidade de variáveis exógenas do modelo. Assim, quando se realizam as simulações do modelo, calcula-se as variações em  $m$  variáveis do modelo (endógenas) provocadas por mudanças nas demais  $(n - m)$  variáveis (exógenas) em comparação ao ano base estabelecido (DIXON; RIMMER, 2001).



No caso de utilização de modelos dinâmicos recursivos, soluções sequenciais ao longo do tempo são consideradas e podem dar a origem a basicamente quatro tipos de simulações<sup>10</sup> de acordo com o tipo de fechamento: simulação histórica, simulação de decomposição, simulação de cenário futuro e simulação de política. As simulações histórica e de projeção de cenários caracterizam-se por serem cenários de referência. Para a simulação de decomposição, tem-se a simulação histórica como referência e para a simulação de política, tem-se a referência da projeção de cenário. A simulação histórica fornece os efeitos sobre as variáveis não observáveis, tais como mudanças tecnológicas e preferências dos agentes. O modo como essas mudanças ocorrem é dado pela simulação de decomposição (DIXON; RIMMER, 2001).

Ao realizar a simulação histórica, para que as variáveis observadas possam ser incorporadas ao modelo, utiliza-se variáveis de mudanças tecnológicas, de preferências ou parâmetros de deslocamento que acomodam as alterações não previstas, tornando a especificação do modelo ajustada aos objetivos de sua aplicação. Do mesmo modo, para a realização de simulação de política, a variável alvo de choques deve ser exógena ou, caso contrário, trocada por alguma variável, tipicamente de deslocamento de curvas de demanda, de preferências ou de produtividade (SOUZA, 2015; CARDOSO, 2016). Seguindo a tradição australiana de EGC, a troca entre variáveis endógenas e exógenas nas simulações é chamada de *swap*, indicando a permuta entre as variáveis, conforme detalhadas no Quadro 4.

Com a adoção de mecanismos dinâmicos, é possível construir um cenário base da economia brasileira para o futuro e um cenário de política, que se diferencia em relação ao cenário base por tratar choques de valores em alguns instrumentos de política, como por exemplo, políticas de incentivos financeiros e fiscais para determinados setores. Essa diferença pode ser interpretada como os efeitos da mudança política implementada. Ao adicionar um cenário base realista para se analisar as mudanças de políticas adicionais, tanto na simulação histórica, quanto na de previsão, obtém-se a vantagem de analisar como as políticas econômicas implementadas podem influenciar as adaptações frente às mudanças nas tendências macroeconômicas (MAI *et al.*, 2010).

No caso desta Tese, mantém-se a denominação de “política” para a simulação que retira o efeito da concessão das subvenções no cenário observado, ainda que seja observada a ausência de tal política pública. A opção por manter a denominação de cenário de política se justifica para ser consoante com o termo estabelecido na literatura para esse exercício, *policy simulations* (CARDOSO, 2016).

---

<sup>10</sup> As simulações são operacionalizadas pelo RunDynam 3.8, aplicativo do Gempack específico para simulações com modelos EGC que possuem o módulo dinâmico recursivo. Para maiores detalhes, consultar: <http://www.monash.edu.au/policy/gempack.htm>.

Para que os desvios do fechamento de política possam ser analisados em relação ao cenário base desenvolvido, operacionalmente deve-se tornar endógeno o próprio cenário base<sup>11</sup> do modelo (BETARELLI JUNIOR, 2013). Esse procedimento tem por finalidade gerar efeitos tendenciais sobre o sistema produtivo reproduzido no modelo para que possam servir de comparação com uma política específica adotada. Assim, o fechamento de política compreende choques específicos para cada mercado sob análise, indicando os desvios frente à tendência do cenário econômico elaborado.

Por se tratar de uma avaliação de política considerando períodos prospectivos, as respostas às perturbações ocasionadas pelas políticas dependem significativamente das projeções do cenário base para a economia. Dessa maneira, é preciso supor a definição das taxas de crescimento de algumas variáveis determinantes, tais como PIB, consumo e investimento para o determinado período de tempo da análise.

Denomina-se fechamento do cenário base do modelo o cenário macroeconômico de referência no qual ocorrem as simulações de perturbações a serem aplicadas. Ou seja, é o conjunto de variáveis exógenas e endógenas definido como representante das hipóteses sobre o funcionamento da economia. O fechamento constitui-se nas variações dos principais componentes da demanda final observáveis até o ano de 2014 e projetadas até 2030, no caso desta Tese.

### **4.3 Dados do modelo e calibragem**

Conforme descrito anteriormente, algumas das especificações teóricas do modelo utilizado precisaram ser alteradas para que os efeitos da política de subvenções econômicas à inovação pudessem ser analisados, sobretudo no tocante ao comportamento do capital de conhecimento. Por meio da incorporação explícita do conhecimento como fator de produção e do investimento em P&D para a formação de capital de conhecimento, a construção do modelo BIM-KC contribui em termos metodológicos para a análise do setor de atividades de P&D e da acumulação de capital de conhecimento na economia ao longo do tempo em virtude da ocorrência de alguma perturbação exógena, como, por exemplo, a ausência da política de fomento à inovação.

Voltando atenção sobre a estrutura básica do modelo e calibragem dos coeficientes e parâmetros, serão descritos os procedimentos que a possibilitaram, ressaltando as principais modificações realizadas para a calibragem do modelo BIM-KC. Por calibragem entende-se o

---

<sup>11</sup> Esse procedimento é conhecido como Baseline-Rerun e tem como finalidade estabelecer um fechamento no qual os choques que são aplicados nas variáveis exógenas do cenário base tornam-se endógenos no modelo.

processo de especificação da base de dados de acordo com a finalidade de uso do modelo e a estimação de seus parâmetros.

O procedimento adotado determina os valores de solução inicial para os coeficientes e parâmetros, tendo como referência os dados da matriz de Insumo-Produto (MIP) nacional de 2010 do IBGE. A Figura 7 ilustra a estrutura central do modelo BIM-KC e o resultado das alterações nos blocos de vetores que compõe a base de dados do modelo. Nessa figura, as matrizes são dimensionadas por índices ( $c, s, i, o, t, m, h, k$ ) que correspondem aos conjuntos definidos no modelo.

**FIGURA 7 - Estrutura da base de dados do modelo**

		Matriz de absorção					
		1	2	3	4	5	6
		Produtores	Investidores	Famílias	Exportação	Governo	Estoques
	Índice	$\leftarrow i \rightarrow$	$\leftarrow i, k \rightarrow$	$\leftarrow h \rightarrow$	$\leftarrow 1 \rightarrow$	$\leftarrow 1 \rightarrow$	$\leftarrow 1 \rightarrow$
Fluxo básico	$\uparrow$ $cxs$ $\downarrow$	V1BAS	V2BAS	V3BAS	V4BAS	V5BAS	V6BAS
Margens	$\uparrow$ $cxsxm$ $\downarrow$	V1MAR	V2MAR	V3MAR	V4MAR	V5MAR	V6MAR
Impostos	$\uparrow$ $cxsxt$ $\downarrow$	V1TAX	V2TAX	V3TAX	V4TAX	V5TAX	V6TAX
Trabalho	$\uparrow$ $o$ $\downarrow$	V1LAB_O					
Capital	$\uparrow$ $cxsxk$ $\downarrow$	V1CAP					
Terra	$\uparrow$ $1$ $\downarrow$	V1LND					
Impostos sobre produção	$\uparrow$ $1$ $\downarrow$	V1PTX					
Outros custos	$\uparrow$ $1$ $\downarrow$	V1OCT					
		Matriz de produção	Impostos de importação				
	Índice	$\leftarrow i \rightarrow$	$\leftarrow 1 \rightarrow$				
	$\uparrow$ $c$ $\downarrow$	MAKE	V0TAR				

$c$  = número de produtos (107)  
 $s$  = fonte de absorção (doméstico e importado)  
 $i$  = número de setores (67)  
 $o$  = tipo de ocupações (1)  
 $t$  = impostos indiretos (3)  
 $m$  = tipos de margens (comércio e transporte)  
 $h$  = tipo de famílias (1)  
 $k$  = tipos de capital (físico e de conhecimento)

Fonte: Adaptado de Horridge (2006)

Assim, a fim de desagregar o capital em capital físico e capital de conhecimento enquanto insumo produtivo, foi preciso alterar as matrizes de capital - na matriz de fluxos de insumos primários - e a matriz de demanda por investimentos - componente da demanda final. Em ambas as matrizes, introduziu-se mais uma dimensão referente ao capital de conhecimento. Dessa forma, constituem-se insumos primários no modelo trabalho, terra, capital físico e capital de conhecimento. Os valores para o estoque de capital de conhecimento são calculados pelo método do inventário perpétuo, descrito na subseção 4.2.4.

Por sua vez, a demanda por investimentos foi desagregada em demanda por investimentos em capital físico e demanda por investimentos em capital de conhecimento, a partir do montante do valor bruto da produção de P&D com destino à formação bruta de capital fixo. Para tanto, foram utilizados os valores da produção de P&D pelos setores da própria MIP como o investimento em capital de conhecimento, valores do excedente operacional bruto e rendimentos mistos e detalhes da estrutura de investimento na economia provenientes das matrizes de absorção de investimentos (MAIs) de Miguez (2016) para deduzir qual seria a parcela de capital de conhecimento embutida no valor total do capital. Assim, fez-se a calibragem de tal modo que possibilitou-se alcançar projeções mais realistas sobre o comportamento do investimento em cada tipo de capital e em cada setor produtivo.

Esta etapa do processo de calibragem do modelo BIM-KC é baseada nos pressupostos dos critérios de mensuração do valor bruto da produção de P&D e seu destino principal, FBCF, considerando as informações disponíveis no caso brasileiro (IBGE, 2015b). Para a atividade de P&D, o valor corrente do consumo intermediário é obtido a partir de suas fontes próprias de dados, isto é, do quanto cada setor demanda de P&D – valores esses obtidos a partir de dados da PINTEC no caso do setor privado e a partir da classificação orçamentária por natureza da despesa, no caso das atividades relacionadas ao setor governo, como administração pública, saúde pública e educação pública. A estrutura do consumo intermediário de P&D, ou seja, composição e peso de seus produtos, foi definida no ano base e teve como referência a estrutura de custos das atividades que tiveram maior representatividade no Valor de Produção do produto P&D. Nos casos em que foi possível identificar estabelecimentos com produção de P&D, seus custos foram deduzidos das atividades de origem e passaram a integrar o CI da atividade de P&D (IBGE, 2015c).

Em relação ao produto P&D, o valor da produção não mercantil é destinado a formação bruta de capital fixo, uma vez que a mensuração da produção de P&D é a soma dos custos totais dos esforços empreendidos na geração de P&D que não são objeto de transação no mercado, o que é usual em atividades desta natureza. Sendo o valor bruto da produção (VBP) obtido pelo dispêndio, ele é majoritariamente não-mercantil, ou seja, estimado a partir dos custos de produção: remunerações, consumo intermediário e consumo de capital fixo. Recomenda-se que, ainda que os esforços de P&D não sejam bem sucedidos, devem ser incorporados à produção, pois a atividade, mesmo que não tenha inovado no mercado, gerou conhecimento (IBGE, 2015b). Já a parcela correspondente à produção mercantil é destinada ao consumo intermediário. Esta diferenciação ocorre por conta da natureza da produção, se para uso próprio – constituindo-se formação bruta de capital fixo – ou como serviços de P&D para a produção de P&D, caso em que a despesa é classificada

como consumo intermediário (IBGE, 2015c). Dessa forma, os valores da produção de P&D puderam ser devidamente calibrados no modelo.

Isto posto, apresentam-se as especificações realizadas na construção do modelo. Assim como são necessários os insumos intermediários, a produção corrente requer fatores primários. Neste modelo, há três categorias deles: terra (V1LND), trabalho (V1LAB) e capital (V1CAP) – que está desagregado em capital físico e capital de conhecimento. Os impostos sobre produção (V1PTX) são analisados como impostos líquidos, pois considera-se que na matriz de impostos há os impostos sobre produção e os eventuais subsídios não especificados por usuários. A matriz V1OCT refere-se a outros custos devidos pelos setores produtivos, como os custos de permanência de estoque, pagamentos municipais, entre outros (BETARELLI JUNIOR, 2013).

Para a construção do BIM-KC, o vetor V1CAP, que representa a remuneração do capital, foi alterado para que se configurasse como uma matriz composta pelas dimensões “c” – produtos – e “k” – tipo de capital (e.g. capital físico – CF - e capital de conhecimento - CK). Dessa maneira, tem-se:

$$V1CAP(i, k) = x1cap(i, k) * p1cap(i, k) \quad (21)$$

Em que  $x1cap(i, k)$  é o estoque de cada tipo de capital de cada setor e  $p1cap(i, k)$  é o preço de cada tipo de capital em cada um dos setores. O estoque de capital de conhecimento foi deduzido pelo método do inventário perpétuo, já descrito anteriormente. Para a calibragem da remuneração do capital de conhecimento, tem-se que o valor da remuneração do mesmo é o produto do estoque de capital de conhecimento e da taxa de retorno desse tipo de capital, estipulada arbitrariamente pela literatura empírica em 20% (CBO, 2005).

$$V1CAP(CK) = x1cap(ck) * 0,20 \quad (22)$$

Como pode ser observado em (24), a taxa de retorno do capital de conhecimento foi definida de acordo com a literatura. É estabelecido que, assim como as estimativas da elasticidade de P&D, as estimativas da taxa de retorno de P&D variam muito, dependendo do tipo de dados, do método de estimativa e do grau de agregação. Dessa forma, tem-se que o intervalo de estimativas da taxa de retorno do investimento em P&D vai de zero a quase 0,60, com uma tendência central entre 0,20 e 0,30. A ampla variação nas estimativas provavelmente deve-se a diferenças sutis entre os estudos nos dados utilizados ou em sua especificação da equação da produtividade total dos fatores (CBO, 2005; WOLFF, 1997). Portanto, adotou-se

para esta calibragem o limite inferior da tendência central por motivos de que, no Brasil, a natureza adaptativa do processo inovativo é refletida na baixa capacidade de inovar, sendo uma hipótese razoável supor que o retorno dessas atividades seja baixo.

Para a composição da dimensão relativa ao capital físico, foi subtraído do excedente operacional bruto (EOB) e rendimento misto bruto a parcela referente à remuneração do capital de conhecimento.

$$V1CAP(CF) = EOB - V1CAP(CK) \quad (23)$$

Segundo o Sistema de Contas Nacionais (SCN) do IBGE (IBGE, 2015a), P&D é um dos ativos da categoria “Produtos de Propriedade Intelectual”. Assim, esse ativo consiste no valor dos gastos em trabalho criativo que são conduzidos de forma sistemática com vistas ao aumento do estoque de conhecimento, incluindo conhecimento da cultura e sociedade e o uso deste para novas aplicações. O SCN 2008 indica que a parte não mercantil de P&D, que é não observada diretamente, deve ser mensurada pela soma dos dispêndios empreendidos na atividade. Caso o valor de mercado de P&D não seja observado diretamente, por convenção, deve-se estimá-lo pela soma de seus custos, incluindo o custo das pesquisas que não foram bem-sucedidas. Esta definição aponta para a mensuração de P&D nas contas nacionais como gastos realizados pelas unidades institucionais com a finalidade exclusiva de P&D (IBGE, 2015b).

Com a alteração no SCN, a maior parte da P&D passou a ser classificada como formação bruta de capital fixo. No caso de P&D público, a origem dos valores para a identificação dos gastos para o setor governo é realizada a partir de dados do MCTI e utiliza como fontes básicas as informações do Sistema Integrado de Administração Financeira (SIAFI) para o governo federal, levantamentos especiais junto aos governos estaduais e informações do FINBRA para os municípios. Para a estimação dos valores de P&D privado, utilizam-se como base de dados a Pesquisa Industrial (PINTEC), informações da DIPJ/SRF e do Censo da Educação Superior/MCTI (IBGE, 2015b).

Seguindo as notas metodológicas do IBGE (2015a; 2015b; 2015c), quanto ao tratamento da variável, não se incluiu o dispêndio com P&D mercantil no consumo intermediário no valor adicionado, pois esse dispêndio pode ser entendido como compra de materiais e equipamentos de uso operacional e não como investimento.

Por sua vez, a demanda por investimentos também foi modificada a fim de considerar os dois tipos de capital presentes no modelo. Para isso, a matriz V2BAS, que representa os fluxos básicos de investimento, tem sua dimensão dada pelos conjuntos C (Commodities); S

(Origem: doméstica ou importada); I (setores) e adicionalmente o conjunto K (capital físico ou capital de conhecimento). O procedimento utilizado para a adição dessa dimensão no modelo foi a simples desagregação dos valores referentes ao investimento em P&D do total de investimentos considerados como formação bruta de capital fixo.

Já a matriz V2MAR, que representa os fluxos de margens de investimento, tem sua dimensão dada pelos conjuntos C, S, I, M (tipos de margens: comércio e transporte) e K. A matriz V2TAX, que representa os fluxos de impostos sobre o investimento, também passou a incluir a dimensão do tipo de capital, além das dimensões C, S, I e T (tipo de imposto), explicitando os valores para os fluxos direcionados a este tipo de capital.

Conforme descrito na subseção 4.2.4, a dinâmica do modelo é viabilizada pela inserção do movimento de acumulação de capital - físico e de conhecimento - e da alocação dos investimentos. A acumulação de capital varia na medida em que os investimentos se tornam operacionais.

De acordo com método do estoque perpétuo, o movimento do capital é resolvido recursivamente pela equação genérica:

$$K_t^f = I^f + (1 - d^f)K^f \quad \forall f = KF, KC. \quad (24)$$

a qual  $K_t^f$  é o estoque de capital físico ( $KF$ ) e de conhecimento ( $KC$ ) em cada setor  $j$  no final do período  $t$ ,  $d^f$  é taxa de depreciação do estoque de capital  $f$  e  $I^f$  é o fluxo de investimento setorial do capital físico ( $KF$ ) e do capital de conhecimento ( $KC$ ) ou investimentos em P&D. Sendo assim, por manipulação matemática da equação (24) encontra-se a taxa bruta de crescimento de cada tipo de capital:

$$G^f = \frac{I^f}{K_0^f} = \dot{K}^f + d^f \quad \forall f = KF, KC. \quad (25)$$

Sendo  $\dot{K}^f$  a taxa de crescimento anual de cada tipo de estoque de capital, definido arbitrariamente em 2% como estado estacionário da economia. Para a taxa de depreciação do estoque de conhecimento ( $d^{KC}$ ) foi definido em 15%, conforme Hall (1993), Griliches (1990), Los e Verspagen (2000) e Nadiri e Prucha (1996). Consequentemente, a razão entre investimento e capital de conhecimento  $\left( \frac{I^{KC}}{K_0^{KC}} \right)$ , conhecida com a taxa bruta do

crescimento do capital de conhecimento ( $G^{KC}$ ), é de 17%. Cabe mencionar que a taxa de depreciação que incorre sobre os investimentos em P&D não decorre de qualquer declínio na produtividade do capital de conhecimento, mas da redução na avaliação de mercado, que surge devido à incapacidade de se apropriar dos benefícios das inovações e à obsolescência das inovações originais por novas. Primeiramente, como o processo de P&D leva tempo, o gasto com P&D corrente não induz ao crescimento de forma imediata do estoque de conhecimento. Portanto, ao se considerar o estoque de investimento em períodos anteriores, deve-se levar em conta que este também se deprecia e torna-se obsoleto, mas a uma taxa distinta da taxa de depreciação do capital físico.

De posse dos valores dos coeficientes  $G^{KC}$  e  $I^{KC}$ , foi possível calcular os valores do estoque de capital de conhecimento de cada setor ( $K$ ), conforme a fórmula  $K_0^{KC} = I^{KC} / K_0^{KC}$ .

De forma similar aos modelos da família MONASH, calibrou-se a taxa normal de retorno do investimento de P&D ( $R_{Normal}^{KC}$ ) com base na razão entre rentabilidade do capital ( $V1CAP^{KC}$ ) e estoque do capital de conhecimento ( $K_0^{KC}$ ) de cada setor. A taxa normal de retorno do investimento em P&D ( $R_{Normal}^{KC}$ ) foi próxima de 5% para cada atividade produtiva.

O procedimento para calibrar os coeficientes e parâmetro no módulo dinâmico do capital físico acompanhou o do capital de conhecimento. Com  $\dot{K}^{KF}$  igual a 2% e uma taxa de depreciação de 6%, então a taxa bruta do crescimento do capital físico ( $G^{KF}$ ) é de 8% para cada setor econômico. Por conseguinte e após alcançar o valor do estoque de capital físico ( $K_0^{KF} = I^{KC} / K_0^{KC}$ ) encontra-se a taxa normal de retorno do investimento em capital físico de aproximadamente 17% por atividade setorial ( $R_{Normal}^{KF}$ ). Tanto para o capital físico quanto para o capital de conhecimento, as flutuações da taxa bruta do crescimento são restringidas por um teto em conformidade com uma função logística, ou seja,  $G = UG_{Tend} = G_{max}$ . Para esse limite, foi calibrado um  $U$  de 3 vezes maior que o valor tendencial.

Para a calibragem da elasticidade de investimento, foi utilizado o valor adotado por Haddad e Hewings (1997) e Perobelli (2004), de 4,8 para todos os setores. Para a elasticidade salário de emprego, foi fixada em 0,66; utilizando como referência o trabalho de Gonzaga e Corseuil (2001). Em suma, tem-se o procedimento de calibragem dos coeficientes necessários



para o estabelecimento da dinâmica intertemporal que existe entre a acumulação de estoque dos capitais físico e de conhecimento e a alocação dos investimentos (TABELA 1).

Os valores apresentados para cada um dos setores do modelo permitem caracterizá-los segundo sua intensidade em capital físico, capital de conhecimento ou trabalho, de acordo com a participação dos EOB do capital físico e do capital de conhecimento e dos salários na composição do valor adicionado da economia brasileira. Segundo o EOB, que é analisado como a remuneração dos dois tipos de capitais na economia, percebe-se os setores que são mais intensivos em capital do que em trabalho. Observando essa característica, foi possível distinguir os setores do modelo segundo a distribuição do valor adicionado entre salários, remuneração do capital físico e remuneração do capital de conhecimento.

**TABELA 1 - Coeficientes da dinâmica de acumulação de capitais físico e de conhecimento**

Código	Siglas	Capital de Conhecimento				Capital Físico				Part. % no VA		
		Investimento em P&D	Estoque	Rnormal (%)	D <sub>KC</sub> (%)	Investimento	Estoque	Rnormal (%)	D <sub>KF</sub> (%)	Salários	EOB <sub>kc</sub>	EOB <sub>kf</sub>
1	AgricultOut	0,00	0,00	0,05	0,15	49533,16	990663,27	0,17	0,06	18,36	0,00	79,39
2	Pecuria	0,00	0,00	0,05	0,15	13994,05	279880,99	0,17	0,06	27,18	0,00	68,05
3	FlorPescAq	0,00	0,00	0,05	0,15	8038,96	160779,16	0,17	0,06	11,01	0,00	86,23
4	CarvaoMNMmet	1,75	35,03	0,05	0,15	1500,29	30005,89	0,17	0,06	32,80	0,08	56,20
5	PetrolGas	5,25	105,10	0,05	0,15	20156,69	403133,82	0,17	0,06	13,72	0,02	79,67
6	MinerioFerr	174,29	3485,75	0,05	0,15	6022,44	120448,86	0,17	0,06	7,38	2,41	86,58
7	MMNFerro	0,00	0,00	0,05	0,15	738,82	14776,48	0,17	0,06	34,95	0,00	53,61
8	AbateCarne	33,28	665,62	0,05	0,15	6853,45	137068,96	0,17	0,06	48,13	0,17	32,34
9	RefAcucar	3,50	70,07	0,05	0,15	2942,97	58859,38	0,17	0,06	50,20	0,03	30,47
10	OtPALiment	193,56	3871,10	0,05	0,15	10338,30	206766,06	0,17	0,06	45,96	0,67	36,53
11	Bebidas	45,54	910,85	0,05	0,15	11568,67	231373,37	0,17	0,06	23,19	0,24	66,20
12	PFumo	36,78	735,68	0,05	0,15	340,90	6817,99	0,17	0,06	24,12	6,90	58,91
13	PTexteis	60,43	1208,63	0,05	0,15	1802,58	36051,68	0,17	0,06	58,58	0,79	22,72
14	AVestuario	21,02	420,39	0,05	0,15	2592,03	51840,63	0,17	0,06	44,50	0,35	42,55
15	CalcCouro	91,96	1839,21	0,05	0,15	1257,36	25147,13	0,17	0,06	59,13	1,88	21,18
16	PdMadeira	16,64	332,81	0,05	0,15	1324,44	26488,70	0,17	0,06	44,29	0,62	42,28
17	CelulPapel	141,01	2820,13	0,05	0,15	5935,20	118703,92	0,17	0,06	39,46	1,21	44,17
18	ImpressRep	1,75	35,03	0,05	0,15	714,13	14282,55	0,17	0,06	44,41	0,12	41,14
19	RfPetrol	0,00	0,00	0,05	0,15	6475,08	129501,70	0,17	0,06	17,78	0,00	71,53
20	Biocomb	0,00	0,00	0,05	0,15	1750,66	35013,17	0,17	0,06	37,99	0,00	48,06
21	PQuimicos	321,42	6428,49	0,05	0,15	2561,50	51230,04	0,17	0,06	34,94	5,74	43,90
22	DefAgric	600,81	12016,19	0,05	0,15	1580,95	31619,09	0,17	0,06	48,24	9,03	22,92
23	Perfuma	634,97	12699,32	0,05	0,15	798,22	15964,39	0,17	0,06	39,38	21,35	25,99
24	Farma	707,66	14153,18	0,05	0,15	1467,53	29350,58	0,17	0,06	24,76	20,45	45,64
25	BorraPlast	190,05	3801,04	0,05	0,15	7020,47	140409,31	0,17	0,06	47,99	0,96	33,80
26	PMNMeta	62,18	1243,66	0,05	0,15	5861,88	117237,65	0,17	0,06	42,26	0,54	43,72
27	FAcoDeriv	417,76	8355,28	0,05	0,15	2666,52	53330,39	0,17	0,06	39,42	6,32	38,16
28	MetNFerros	119,11	2382,22	0,05	0,15	2630,31	52606,19	0,17	0,06	48,30	1,37	32,07
29	PMetal	122,61	2452,28	0,05	0,15	3253,62	65072,40	0,17	0,06	45,03	1,53	38,58
30	EscInformat	726,93	14538,54	0,05	0,15	8085,02	161700,34	0,17	0,06	45,15	3,32	33,46
31	MqElétrico	383,61	7672,14	0,05	0,15	1059,09	21181,89	0,17	0,06	54,96	7,36	18,00
32	MaqEquip	627,96	12559,19	0,05	0,15	3192,40	63848,02	0,17	0,06	46,60	6,73	29,49
33	AutomUtil	1807,68	36153,66	0,05	0,15	5068,61	101372,12	0,17	0,06	29,83	15,26	42,94
34	PecVeicAut	528,99	10579,85	0,05	0,15	2823,09	56461,84	0,17	0,06	49,99	5,39	26,83
35	OtEqTransp	563,15	11262,99	0,05	0,15	1946,83	38936,66	0,17	0,06	49,52	9,09	25,90
36	IndDiversas	126,12	2522,35	0,05	0,15	2292,89	45857,78	0,17	0,06	32,41	3,63	53,74
37	ManRepMqEq	12,26	245,23	0,05	0,15	2244,44	44888,71	0,17	0,06	35,39	0,35	54,68
38	EletriGasUt	227,71	4554,24	0,05	0,15	97639,05	1952780,94	0,17	0,06	13,23	0,19	80,60
39	AguaEsgosto	11,39	227,71	0,05	0,15	27360,62	547212,44	0,17	0,06	26,16	0,02	64,81
40	Construcao	30,65	613,07	0,05	0,15	36504,09	730081,84	0,17	0,06	31,97	0,06	59,21
41	Comercio	147,14	2942,74	0,05	0,15	38355,06	767101,15	0,17	0,06	36,29	0,18	52,70
42	Terrestre	0,00	0,00	0,05	0,15	69012,59	1380251,71	0,17	0,06	37,76	0,00	51,28
43	Aquavario	0,00	0,00	0,05	0,15	1317,69	26353,81	0,17	0,06	53,55	0,00	26,02
44	Aereo	0,00	0,00	0,05	0,15	1274,35	25486,91	0,17	0,06	61,42	0,00	14,10
45	ArmAuxTr	0,00	0,00	0,05	0,15	21838,69	436773,88	0,17	0,06	44,68	0,00	39,01
46	AlojHoteis	0,00	0,00	0,05	0,15	216,46	4329,22	0,17	0,06	50,09	0,00	36,26
47	ServAlim	0,00	0,00	0,05	0,15	2503,07	50061,43	0,17	0,06	34,94	0,00	57,91
48	EdicaoImp	18,39	367,84	0,05	0,15	1198,18	23963,69	0,17	0,06	42,04	0,85	43,22
49	TvRadioCine	0,00	0,00	0,05	0,15	1227,57	24551,31	0,17	0,06	42,88	0,00	38,72
50	Telecom	677,01	13540,11	0,05	0,15	11353,50	227070,01	0,17	0,06	14,68	5,14	70,58
51	DenSistema	782,10	15642,06	0,05	0,15	5108,46	102169,14	0,17	0,06	42,71	6,75	36,80
52	InFinanSeg	21,02	420,39	0,05	0,15	9275,05	185500,92	0,17	0,06	31,31	0,16	57,93
53	AlugImobi	0,00	0,00	0,05	0,15	6106,33	122126,65	0,17	0,06	1,10	0,00	98,52
54	JuridCont	0,00	0,00	0,05	0,15	4192,03	83840,67	0,17	0,06	31,81	0,00	59,10
55	ArquitEngen	3054,84	61096,88	0,05	0,15	1488,74	29774,75	0,17	0,06	37,14	37,99	16,41
56	OtAtTecnCien	0,00	0,00	0,05	0,15	1125,26	22505,27	0,17	0,06	28,23	0,00	63,97
57	AlugueisNIimo	59,56	1191,11	0,05	0,15	920,13	18402,63	0,17	0,06	29,15	3,83	58,80
58	OtAdmin	18,39	367,84	0,05	0,15	2679,67	53593,45	0,17	0,06	49,69	0,28	34,05
59	VigSegur	0,00	0,00	0,05	0,15	180,32	3606,46	0,17	0,06	66,47	0,00	11,64
60	AdmPubSegS	6629,00	132580,00	0,05	0,15	163202,37	3264047,38	0,17	0,06	62,93	0,47	11,52
61	EducPublic	10772,00	215440,00	0,05	0,15	24488,88	489777,66	0,17	0,06	81,96	1,48	3,38
62	EducPriv	780,35	15607,03	0,05	0,15	499,79	9995,75	0,17	0,06	74,04	5,47	3,68
63	SaudePublic	1047,00	20940,00	0,05	0,15	13277,87	265557,40	0,17	0,06	78,58	0,36	4,61
64	SaudePriv	25,40	507,97	0,05	0,15	12795,30	255905,93	0,17	0,06	48,21	0,09	39,54
65	ArtesCultE	0,00	0,00	0,05	0,15	352,87	7057,42	0,17	0,06	43,40	0,00	50,21
66	OrgAssocia	0,00	0,00	0,05	0,15	935,95	18718,96	0,17	0,06	50,74	0,00	39,78
67	SvDomestic	0,00	0,00	0,05	0,15	0,46	9,25	0,17	0,06	95,17	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do modelo

Nota: Os investimentos e os estoques de capital de conhecimento e de capital físico estão expressos em R\$ milhões.

Analisando particularmente o EOB do capital de conhecimento, lista-se os setores de Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P&D (38%); Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal (21%); Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (20%); Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças (15%); Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores (9%) e Fabricação de defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos (9%) como os setores mais intensivos em capital de conhecimento no modelo.

Dentre esses setores supracitados, é possível notar que quatro deles são mais intensivos em trabalho do que em capital físico (TABELA 1). Essa característica pode estar alinhada ao fato de que setores mais inovadores, que investem mais em P&D e acumulam capital de conhecimento ao longo do tempo, possuem trabalhadores mais qualificados, pagando-os salários mais altos. Por isso possuem uma participação no valor adicionado relativo à remuneração do trabalho maior do que os demais setores pouco ou nulamente intensivos em capital de conhecimento.

As atividades econômicas mais intensivas em capital físico do que em trabalho e que também são expressivos na utilização de capital de conhecimento, que são as dos setores farmoquímico e farmacêutico e a fabricação de automóveis e outros veículos, reconhecidamente setores que possuem a necessidade de se ter plantas industriais complexas, além de serem estruturas produtivas mais concentradas em poucas indústrias. Entretanto, são setores que investem expressivamente em atividades inovativas, sendo inclusive beneficiados por linhas de incentivo à pesquisa, desenvolvimento e inovação como financiamentos e subsídios públicos (PINTEC, 2016). Por isso, acumulam e utilizam em seus processos produtivos o capital de conhecimento, mas precisam manter uma estrutura de capital físico bastante robusta.

Percebe-se pelos valores calibrados que os setores exclusivamente intensivos em capital físico ou intensivos em trabalho apresentam uso de capital de conhecimento bastante baixo ou nulo. Os setores mais intensivos em capital físico do modelo, como, por exemplo, as atividades imobiliárias e produção florestal não são setores de manufatura e distribuem sua renda somente entre capital físico e trabalho. Ademais, no período analisado, não demandaram recursos de subvenção econômica junto a FINEP para investirem em atividades de P&D (TABELA 3). Já os setores mais intensivos em trabalho do modelo não se classificam como manufaturas: Serviços domésticos; Educação pública; Saúde pública; Educação Privada; Vigilância, segurança e investigação e Administração pública, defesa e

seguridade social. Dentre esses setores, destaca-se que os setores de educação pública e educação privada não receberam nenhum valor de subvenção no período entre os anos de 2010 a 2016, mas utilizam capital de conhecimento em seu processo produtivo, ainda que de modo pouco expressivo (TABELA 1).

Esses valores calibrados no modelo referentes ao processo de acumulação dos capitais de conhecimento e físico e à consequente dinâmica do investimento na economia ao mesmo tempo em que habilitam o modelo BIM-KC a analisar adequadamente questões sobre a relação entre P&D, investimentos produtivos e competitividade, também permitem que se tenha o panorama das características que identificam e qualificam os setores econômicos do modelo acima traçado.

Para a calibragem dos fluxos básicos, segue-se a demanda a preços básicos (valor de produção) dos bens (“c” em COM), de origem doméstica ou importada (“s” em SRC), pelas indústrias (“i” em IND) e dos usuários finais (da demanda final). Esses fluxos estão representados, por exemplo, pelos coeficientes V1BAS (consumo intermediário – firmas), V2BAS (investimento ou formação bruta de capital fixo). Ressalta-se que os preços básicos somados aos valores de margens e impostos líquidos de subsídios correspondem aos fluxos a preços de mercado.

Como já mencionado, os modelos EGC utilizam em suas calibrações elasticidades e parâmetros estimados extraídos diretamente da literatura. Dessa maneira, foram utilizadas estimativas de parâmetros encontrados na literatura, sobretudo, para a calibragem das elasticidades ao modelo e às novas dimensões de commodities e setores do modelo. Alguns desses parâmetros, tais como a elasticidade dos investimentos em capital de conhecimento e em capital físico ( $\alpha_{KC}$  e  $\alpha_{KF}$ ) e as elasticidades de Armington são apresentadas na Tabela 2. Estas últimas seguem as estimações de Tourinho *et al.* (2007), definidas por produto, porém sem distinção entre o uso de bens intermediários ( $\sigma_1$ ), bens investimento ( $\sigma_2$ ) e demanda das famílias ( $\sigma_3$ ) (SOUZA, 2015).

**TABELA 2 - Elasticidades utilizadas**

Código	Produtos	$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$	Código	Produtos	$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$	Código	Setores	$\alpha_{KG}$	$\alpha_{KF}$
1	ArrozTrig	1,24	68	SemiAcAco	0,57	1	AgricultOut	4,80	4,80
2	Milho	1,24	69	MetaluMnF	0,98	2	Pecuria	4,80	4,80
3	Algodao	1,24	70	FunAcoMnF	0,57	3	FlorPescAq	4,80	4,80
4	CanaAcu	1,24	71	PdMetal	1,50	4	CarvaoMNMmet	4,80	4,80
5	Soja	1,24	72	CompEletron	0,16	5	PetrolGas	4,80	4,80
6	OtLavoTp	1,24	73	InformaEscr	0,16	6	MinerioFerr	4,80	4,80
7	Laranja	1,24	74	EletronComun	0,16	7	MMNFerro	4,80	4,80
8	Caf	1,24	75	EqMedOptic	0,16	8	AbateCarne	4,80	4,80
9	OtLavoPr	1,24	76	MqApEletrico	0,36	9	RefAcucar	4,80	4,80
10	Bovinos	1,24	77	Eletrodomest	0,16	10	OtPAliment	4,80	4,80
11	Leite	1,24	78	Tratores	1,43	11	Bebidas	4,80	4,80
12	Suinos	1,24	79	MqExtrMCon	1,80	12	PFumo	4,80	4,80
13	AvesOv	1,24	80	OtMqEqMeca	1,80	13	PTexteis	4,80	4,80
14	PrExploF	1,24	81	AutomUtil	1,43	14	AVestuario	4,80	4,80
15	PescaAq	1,24	82	CaminhoesOni	1,43	15	CalcCouro	4,80	4,80
16	CarvaoMin	0,27	83	PecVeicAut	0,41	16	PdMadeira	4,80	4,80
17	Mnmetalic	0,75	84	Aeronaves	0,41	17	CelulPapel	4,80	4,80
18	PetrolGas	0,27	85	Moveis	1,24	18	ImpressRep	4,80	4,80
19	MinFerro	0,27	86	IndDiversas	1,24	19	RfPetrol	4,80	4,80
20	Mnferro	0,98	87	ManRepMqEq	1,80	20	Biocomb	4,80	4,80
21	CarneBov	2,03	88	EletriGasUt	1,24	21	PQuimicos	4,80	4,80
22	CarneSuin	2,03	89	AguaEsgRes	1,24	22	DefAgric	4,80	4,80
23	CarneAves	2,03	90	Edificacoes	1,24	23	Perfuma	4,80	4,80
24	PescInd	2,03	91	ObInfraEstru	1,24	24	Farmac	4,80	4,80
25	LeiteResf	1,47	92	ServConstr	1,24	25	BorraPlast	4,80	4,80
26	OutLatic	1,47	93	Comercio	1,24	26	PMNMeta	4,80	4,80
27	Acucar	1,24	94	TrTerr	1,24	27	FAcoDeriv	4,80	4,80
28	ConFrutas	1,24	95	TrTPas	1,24	28	MetNFerros	4,80	4,80
29	OleoVegAn	0,61	96	TAquav	1,24	29	PMetal	4,80	4,80
30	CafeBenef	1,24	97	TAereo	1,24	30	EscInformat	4,80	4,80
31	ArrozBene	1,24	98	ArmAuxTr	1,24	31	MqEletrico	4,80	4,80
32	PdDTrigo	1,24	99	Correios	1,24	32	MaqEquip	4,80	4,80
33	RacoesAni	1,24	100	AlojHoteis	1,24	33	AutomUtil	4,80	4,80
34	OtPdAlim	1,24	101	ServAlim	1,24	34	PecVeicAut	4,80	4,80
35	Bebidas	3,59	102	LivroJorn	1,24	35	OtEqTransp	4,80	4,80
36	PdFumo	1,18	103	RadCineMusic	1,24	36	IndDiversas	4,80	4,80
37	PTexteis	3,36	104	TelecomTv	1,24	37	ManRepMqEq	4,80	4,80
38	Tecidos	3,36	105	DenSistema	1,24	38	EletriGasUt	4,80	4,80
39	ArTexteis	3,36	106	InFinancSegu	1,24	39	AguaEsgosto	4,80	4,80
40	AVestuario	2,23	107	AlugImobi	1,24	40	Construcao	4,80	4,80
41	CalcCouro	0,15	108	AlugImput	1,24	41	Comercio	4,80	4,80
42	PdMadeira	1,86	109	JuridCont	1,24	42	Terrestre	4,80	4,80
43	Celulose	1,01	110	PesqDes	1,24	43	Aquaviario	4,80	4,80
44	Papel	1,01	111	ArquitEngen	1,24	44	Aereo	4,80	4,80
45	Impressao	1,01	112	Publicidade	1,24	45	ArmAuxTr	4,80	4,80
46	CombAviac	1,18	113	AlugNlmo	1,24	46	AlojHoteis	4,80	4,80
47	Gasoolcool	1,18	114	CondoEdific	1,24	47	ServAlim	4,80	4,80
48	NaftasPetr	1,18	115	OtServAdm	1,24	48	EdicaoImp	4,80	4,80
49	OleoCombust	1,18	116	VigSegur	1,24	49	TvRadioCine	4,80	4,80
50	DieselBio	1,18	117	AdmPublica	1,24	50	Telecom	4,80	4,80
51	ORFPetroleo	1,18	118	PrevAsSocial	1,24	51	DenSistema	4,80	4,80
52	EtanolComb	1,51	119	EducPublic	1,24	52	InFinanSeg	4,80	4,80
53	QuimInorg	0,56	120	EducPriv	1,24	53	AlugImobi	4,80	4,80
54	AubosFer	0,56	121	SaudePublic	1,24	54	JuridCont	4,80	4,80
55	QuimOrgani	0,56	122	SaudePriv	1,24	55	ArquitEngen	4,80	4,80
56	ResinasFib	0,56	123	ArtesCultE	1,24	56	OtAtTecnCien	4,80	4,80
57	DefAgrico	0,56	124	OgPatrSind	1,24	57	AlugueisNlmo	4,80	4,80
58	QuimicDiv	0,56	125	ManCompTele	1,24	58	OtAdmin	4,80	4,80
59	TintasVer	1,51	126	SvPessoais	1,24	59	VigSegur	4,80	4,80
60	PerfumLimp	0,40	127	SvDomestic	1,24	60	AdmPubSegS	4,80	4,80
61	Farmac	0,40				61	EducPublic	4,80	4,80
62	ABorracha	2,16				62	EducPriv	4,80	4,80
63	APlastico	1,75				63	SaudePublic	4,80	4,80
64	Cimento	0,75				64	SaudePriv	4,80	4,80
65	ArtCimGesso	0,75				65	ArtesCultE	4,80	4,80
66	VidrosNmet	0,75				66	OrgAssocia	4,80	4,80
67	FerroGusa	0,57				67	SvDomestic	4,80	4,80

Fonte: Elaboração da autora a partir da base de dados do modelo

Com igual cuidado, há a observação de dados que detalham a concessão de subvenções econômicas na calibragem do modelo. O propósito da obtenção desses dados é atender às especificações teóricas do modelo adotado, assim como gerar análises confiáveis sobre os impactos deste mecanismo de fomento à inovação. Por isso, foram adicionados os valores das subvenções econômicas concedidas às empresas privadas entre os anos de 2010 e 2016, agregados por cada um dos 67 atividades produtivas do Sistema de Contas Nacionais (SCN) (TABELA 3). Esses valores foram aplicados ao modelo ano a ano, de acordo com a data de início do contrato entre as empresas e a Finep e, uma vez que o modelo é dinâmico, tais valores alimentaram os choques aplicados anualmente.

O resultado mostrado na Tabela 3 é o total dispendido com as concessões das subvenções econômicas durante o período para cada um dos setores. Entre eles, destacam-se os setores de Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos; Outras atividades administrativas e serviços complementares; Intermediação financeira, seguros e previdência complementar; Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P&D e Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos.

Esses setores produtivos receberam a maior quantidade de recursos do programa de subvenção e também foram os setores mais presentes nos anos de concessão. Observa-se, contudo, que, embora a maioria dos setores que receberam recursos de subvenção sejam setores de manufatura, nos setores destacados acima há presença de atividades e serviços não industriais. No caso do setor denominado de “Outras atividades administrativas e serviços complementares”, encontram-se classificadas empresas de desenvolvimento de softwares por exemplo. Essas empresas têm por definição a busca constante por inovação e aprimoramento tecnológico, estando muitas vezes na fronteira do desenvolvimento tecnológico entre os setores produtivos e por essa razão constitui-se um setor de destaque no recebimento dos recursos de subvenção à inovação.

Como o exercício de simulação consiste em avaliar os efeitos econômicos na ausência da concessão dessas subvenções, avalia-se as repercussões ou os desvios da trajetória do cenário de referência para a economia brasileira. O processo de inserção no modelo que envolve os dados referentes as mesmas é descrito criteriosamente na seção sobre a construção dos choques no próximo capítulo, uma vez que a calibragem desses valores é utilizada na estratégia de simulação desta Tese.

**TABELA 3- Soma dos valores concedidos de subvenção econômica período 2010 - 2016**

Código	Siglas	Descrição do setor	Valores recebidos (em R\$ milhões)
1	AgricultOut	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	0,50
2	Pecuria	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	0,00
3	FlorPescAq	Produção florestal; pesca e aquicultura	0,00
4	CarvaoMNMet	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos	0,00
5	PetrolGas	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	2,50
6	MinerioFerr	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração	0,00
7	MMNFerro	Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos	0,00
8	AbateCarne	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	0,00
9	RefAcucar	Fabricação e refino de açúcar	0,00
10	OtPALiment	Outros produtos alimentares	20,04
11	Bebidas	Fabricação de bebidas	0,00
12	PFumo	Fabricação de produtos do fumo	21,57
13	PTexteis	Fabricação de produtos têxteis	0,00
14	AVestuario	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios	0,00
15	CalcCouro	Fabricação de calçados e de artefatos de couro	0,00
16	PdMadeira	Fabricação de produtos da madeira	4,70
17	CelulPapel	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	5,48
18	ImpressRep	Impressão e reprodução de gravações	8,13
19	RfPetrol	Refino de petróleo e coquearias	0,00
20	Biocomb	Fabricação de biocombustíveis	0,00
21	PQuimicos	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	69,74
22	DefAgric	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos	4,24
23	Perfuma	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal	7,15
24	Farmac	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	92,24
25	BorraPlast	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	22,30
26	PMNMeta	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	6,93
27	FAcoDeriv	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	5,16
28	MetNFerros	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais	2,03
29	PMetal	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	57,01
30	EscInformat	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	36,34
31	MqEletrico	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	172,18
32	MaqEquip	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	0,00
33	AutomUtil	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	0,00
34	PecVeicAut	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	11,49
35	OtEqTransp	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	67,98
36	IndDiversas	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	37,78
37	ManRepMqEq	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	56,08
38	EletriGasUt	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	0,70
39	AguaEsgosto	Água, esgoto e gestão de resíduos	0,00
40	Construcao	Construção	18,00
41	Comercio	Comércio por atacado e varejo	62,48
42	Terrestre	Transporte terrestre	0,00
43	Aquaviario	Transporte aquaviário	0,00
44	Aereo	Transporte aéreo	0,00
45	ArmAuxTr	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio	11,97
46	AlojHoteis	Alojamento	0,00
47	ServAlim	Alimentação	0,00
48	EdicaoImp	Edição e edição integrada à impressão	0,00
49	TvRadioCine	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem	23,67
50	Telecom	Telecomunicações	0,00
51	DenSistema	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação	0,00
52	InFinanSeg	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	110,63
53	AlugImobi	Atividades imobiliárias	0,00
54	JuridCont	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas	81,11
55	ArquitEngen	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D	103,25
56	OtA'TecnCien	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	0,00
57	AlugueisNlmo	Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual	0,00
58	OtAdmin	Outras atividades administrativas e serviços complementares	152,90
59	VigSegur	Atividades de vigilância, segurança e investigação	0,00
60	AdmPubSegS	Administração pública, defesa e seguridade social	3,68
61	EducPublic	Educação pública	0,00
62	EducPriv	Educação privada	0,00
63	SaudePublic	Saúde pública	0,00
64	SaudePriv	Saúde privada	7,53
65	ArtesCultE	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos	0,00
66	OrgAssocia	Organizações associativas e outros serviços pessoais	0,00
67	SvDomestic	Serviços domésticos	0,00
<b>TOTAL</b>			<b>1287,51</b>

Fonte: Elaborada pela autora com base nos dados da Finep e IBGE

## 5 APLICAÇÕES DO MODELO

As aplicações do modelo BIM-KC propostas nesse capítulo tem como objetivo observar o papel do mecanismo de fomento à inovação – subvenção econômica – sobre o comportamento do investimento agregado na economia entre os anos de 2010 e 2030. Assim, será possível também avaliar os impactos da política em termos setoriais e macroeconômicos durante o período. Para as simulações em modelos EGC, é preciso determinar o fechamento do modelo, ou seja, o conjunto de variáveis que permanecem constantes ou recebem choques (exógenas) e as variáveis solucionadas internamente pelo sistema de equações (endógenas). Conforme já explanado, a aplicação é de um modelo dinâmico recursivo possibilita a existência de dois fechamentos distintos: o fechamento do *baseline* (cenário) e outro fechamento de política. O fechamento de cenário é definido por variações anuais dos indicadores macroeconômicos observados e projetados para a economia brasileira. Os resultados de políticas (simulações) representam os desvios em relação ao cenário de referência.

A tradição australiana de modelagem de modelos EGC dinâmicos recursivos enfatiza a construção de um *baseline* realista para apoiar a análise de políticas. Ainda que sejam envolvidos esforços para incorporar dados históricos de diferentes fontes na base de dados a fim de se comparar os cenários de políticas estipulados, há vantagem em poder observar uma perspectiva de evolução das variáveis quando se adotam os cálculos dos efeitos da política como desvios de um *baseline* realista (MAI *et al.*, 2010).

Assim, a evolução da economia no período analisado é baseada em um cenário de crescimento do PIB, do consumo das famílias, dos gastos do governo, do nível de investimento e das exportações, entre outros indicadores macroeconômicos. Dessa maneira, o cenário base – ou *baseline* do modelo - configura-se como um cenário tendencial da economia em que desvios em relação a ele podem ser mensurados, projetando os efeitos de choques de políticas específicas. Em outras palavras, as soluções do modelo são apresentadas na forma de desvio acumulado pela diferença entre a solução do fechamento de política, cuja referência é o *baseline*, e da solução do fechamento de cenário, calibrado a partir da simulação de interesse. Ao projetar os efeitos da política implementada a partir dos dados históricos observados para um período de tempo, é possível, por exemplo, observar separadamente o desempenho dos setores produtivos, dos principais agregados macroeconômicos, entre outros resultados (MAI *et al.*, 2010; MAGALHÃES, 2013).

No cenário base utilizou-se dados referentes ao PIB, investimento, consumo das famílias, gastos do governo e exportações no período de 2011 a 2030. Para os anos de 2011 a



2017, os dados são observados e os dados entre 2018 e 2030 são valores prospectivos. Ambos os tipos de dados são apresentados na Tabela 4. Esses valores refletem a trajetória da economia brasileira durante o período de análise e as perspectivas futuras em relação aos principais indicadores macroeconômicos. No início do período, entre os anos de 2011-2012, a economia dava mostras de superaquecimento, mas o governo reforçou políticas de estímulo fiscal e monetário. A partir de então, o Brasil incorporou a chamada Nova Matriz Econômica (NME), que se baseava em uma expressiva intervenção governamental e englobava redução da taxa de juros básica, controle de preços, investimentos direcionados e subsídios (HORTA; GIAMBIAGI, 2018; BARBOSA FILHO, 2017).

Descrevendo o cenário econômico, tem-se uma situação a qual refletia um momento de recuperação da crise internacional de 2008-2009. O período compreendido entre 2011-2013 apresenta crescimento moderado, mantido pela demanda interna e com o mercado externo variável. Essa situação foi possível graças às políticas de intervenção governamental na economia combinadas às políticas fiscal e monetária expansionistas. Apesar do crescimento do PIB e de seus componentes de demanda nesse período, sugere-se que houve uma considerável desaceleração no crescimento da produtividade nesse período. Uma das interpretações possíveis para tal cenário é que pode ter havido uma má alocação do capital, reduzindo não só a produtividade da economia, mas também as perspectivas de crescimento futuro (HORTA; GIAMBIAGI, 2018).

Os valores dos indicadores macroeconômicos mostram que, no período após o ano de 2014, houve desaceleração da economia brasileira, com redução gradual do nível de crescimento (TABELA 4). A redução da taxa de crescimento do PIB foi acompanhada de redução da taxa de investimento em cerca de 4% e queda substancial da taxa de crescimento do consumo das famílias. Mas, somente em 2015, estabelece-se formalmente a recessão econômica, com a forte contração do consumo e do investimento, além da taxa de crescimento dos gastos do governo, que se retraiu gradativamente (BARBOSA FILHO, 2017).

O período entre 2015-2016 foi caracterizado pela acentuada recessão, acumulando queda de mais de 7% para o PIB. Os valores da Tabela 4 revelam que, entre os componentes da demanda, a recessão foi puxada pelo desempenho do investimento. Para Horta e Giambiagi (2018), vários fatores contribuem para a expressiva retração do investimento. Em primeiro lugar, houve esgotamento do ciclo de expansão da economia mundial iniciado no início dos anos 2000, com sinais evidentes de desaceleração a partir de 2011. Além disso, houve ajuste fiscal adotado para recuperação das deterioradas contas públicas, implicando na piora dos

resultados primários e aumento da dívida pública e gerou impacto negativo no volume de investimento da economia.

**TABELA 4 - Variações reais e anuais (%) dos principais indicadores macroeconômicos**

Ano	PIB	Consumo das Famílias	Gastos do Governo	Exportações	Investimento	Tipo de dado
2011	3,97	4,82	0,271	4,79	6,83	Observado
2012	1,92	3,50	2,28	0,271	0,779	Observado
2013	3,00	3,47	1,51	2,39	5,83	Observado
2014	0,504	2,25	0,81	-1,13	-4,22	Observado
2015	-3,55	-3,22	-1,44	6,82	-13,9	Observado
2016	-3,46	-4,3	-0,056	1,91	-10,3	Observado
2017	1,00	-0,6	-0,558	5,18	-3,70	Observado
2018	1,70	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado
2019	2,00	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado
2020	2,00	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado
2021	2,00	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado
2022	2,00	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado
2023	2,00	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado
2024	2,00	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado
2025	2,00	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado
2026	2,00	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado
2027	2,00	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado
2028	2,00	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado
2029	2,00	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado
2030	2,00	1,50	0,70	4,60	1,70	Projetado

Fonte: Elaborada pela autora com base nos dados do SCN, BNDES e FUNCEX

A trajetória recessiva foi interrompida em 2017, iniciando uma lenta recuperação cíclica com base na capacidade ociosa da economia. Podem ser destacados o comportamento do consumo das famílias e o setor exportador, alicerçado sobretudo nas exportações agrícolas que negociaram uma safra extremamente positiva. Já a retomada do consumo das famílias reflete principalmente a ligeira melhoria das condições de crédito e a recuperação do mercado de trabalho – como a queda da taxa de desemprego e a recuperação do rendimento real (HORTA; GIAMBIAGI, 2018). Além do mais, houve reajustes salariais e vinculação de benefícios sociais associadas a medidas de estímulo ao consumo das famílias, por meio de liberações dos saques de contas inativas do FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço). Num quadro de elevado endividamento e pouco dinamismo do mercado de trabalho, tais resoluções contribuiriam para deslocar a restrição orçamentária de muitas famílias e liberar algum fluxo de consumo reprimido (LARA, 2018; PAIM; LARA, 2018).

A continuação da recuperação do mercado de trabalho projetada para os anos seguintes aliada a adoção de uma política monetária expansionista, assim como a perspectiva mais otimista para a conjuntura econômica mundial, faz com que as prospecções da economia

sejam ascendentes (HORTA; GIAMBIAGI, 2018). Os dados projetados mostram que, a partir de 2018, o consumo das famílias e os gastos do governo seguem a mesma trajetória de crescimento do PIB (TABELA 4). Foram adotadas, para isso, trajetórias de crescimento linear, conforme cenário hipotético de crescimento da economia a partir de seu estado estacionário.

Estas trajetórias prospectivas são incorporadas como choques no modelo de EGC, que calcula endogenamente o cenário completo para a economia brasileira até o ano de 2030. Isso acontece por meio de uma simulação inicial realizada, de forma que os cinco indicadores macroeconômicos sejam projetados em cada ano de acordo com as taxas de crescimento obtidas a partir do modelo de consistência utilizadas no *baseline* do modelo BIM-KC. Para simular esses choques nas variáveis agregadas e macroeconômicas do fechamento de cenário, variáveis de deslocamento e mudança tecnológica respondem endogenamente. Os valores para estas variáveis, por sua vez, fornecem uma estimativa de quanto a tecnologia/preferências devem se modificar ao longo do período. O *baseline* é, então, novamente simulado, porém utilizando os valores encontrados para a variável tecnológica (tornam-se exógenos), fazendo com que o PIB e as demais variáveis macroeconômicas sejam determinadas endogenamente. O objetivo destas simulações é assegurar que tais variáveis respondam conforme o projetado e também que se estabeleça um cenário de referência para posterior comparação com o cenário a ser estudado (MAGALHÃES, 2013).

Em vista disso, as estimativas para as taxas de variação anual do PIB, investimento, consumo das famílias, consumo do Governo e exportações do relatório de inflação do Banco Central são resultados de pesquisa do BNDES (HORTA; GIAMBIAGI, 2018), com a vantagem de que estes levam em consideração o crescimento dos componentes da demanda final, cujo crescimento é consistente com o crescimento do PIB. Entre os anos de 2018 e 2030, são consideradas taxas de crescimento estimadas para a economia brasileira de 2%. Para o consumo das famílias, estima-se crescimento de 1,5% e para os gastos do governo, 0,7%. Já para o investimento agregado da economia e das exportações, são previstas taxas de crescimento de 1,7% e 4,6%, respectivamente.

Dessa maneira, para a elaboração do fechamento de cenário tem-se a situação descrita pelos dados observados e projetados. Isto posto, a próxima seção abordará a descrição dos choques e o mecanismo de funcionamento do modelo para as simulações de políticas pretendidas.

## 5.1 Construção dos choques

De um modo geral, os subsídios diretos para atividades de P&D podem afetar a competitividade do setor produtivo e, assim, gerar impactos sobre os indicadores de crescimento econômico por meio dos canais diretos e indiretos. Os primeiros podem ser traduzidos num conjunto de impactos econômicos gerados pela hipótese da atuação de agentes otimizadores, que atinge a competitividade das firmas, os retornos potenciais dos investimentos e a renda das famílias. Os canais indiretos são visualizados por meio de mudanças no nível de atividade econômica, causadas por alterações na demanda dos fatores primários e no nível de produção agregada.

Com base nos valores observados das concessões de subvenção econômica e das contrapartidas de capital realizadas pelas empresas beneficiárias entre os anos de 2010 a 2016, a análise de equilíbrio geral aqui adotada avaliará o comportamento das variáveis macroeconômicas, bem como para determinados setores a partir de choques nos subsídios concedidos pelo governo. Dessa maneira, pretende-se observar qual efeito ocorre após um corte dos valores subvencionados concedidos às empresas privadas. É preciso ressaltar que o modelo BIM-KC considera os gastos do governo e a produtividade dos fatores primários como exógenos. Dessa maneira, não há como avaliar se a simulação do choque de ausência de subvenções afeta a produtividade do trabalho.

Além de aplicar o choque nas variáveis macroeconômicas do cenário base, como explicado na seção anterior, incorporou-se à simulação histórica as variações monetárias observadas referentes ao recebimento dos recursos da Finep por determinados setores. Em outras palavras, a simulação na qual retira-se a concessão de subvenções da economia é o fechamento de política do modelo.

Os resultados projetados e decorrentes dessas análises podem ser observados nos indicadores macroeconômicos e setoriais ao longo do período de tempo analisado. Como visto na subseção 4.2.5 do capítulo anterior, para alcançar tais resultados, operacionalmente é preciso definir o ambiente econômico da simulação (BETARELLI JUNIOR, 2013). Tal ambiente diz respeito ao conjunto de hipóteses descritas no fechamento do modelo, estabelecendo quais são as variáveis exógenas para as simulações pretendidas. De acordo com o exposto no Quadro 1, são consideradas exógenas as mudanças tecnológicas, tais como a produtividade dos fatores primários (trabalho e capital), assim como a preferência das famílias, a taxa de retorno normal e a razão investimento/capital. Essas variáveis são as quais o modelo não incorpora uma teoria ou comportamento determinando por suas equações, tanto na simulação histórica quanto na simulação de política.

Como modelos de EGC trabalham com preços relativos, é necessário definir qual variável de preço será o numerário do modelo. Para isso, há duas escolhas usuais: a taxa de câmbio e o índice de preços ao consumidor (DOMINGUES *et al.*, 2010; BETARELLI JUNIOR, 2013). Neste trabalho, opta-se pela taxa de câmbio como numerário, estando, portanto, exógena em todas as simulações.

Já para aplicação do choque de ausência da concessão de subvenções econômicas à inovação, é feito o *swap* entre a variável endógena de mudanças ordinárias na receita de impostos sobre produção (*delVIPTX*) e a variável exógena de mudanças na taxa dos impostos sobre produção (*delPTXRATE*). Assim, é possível que sejam alterados os custos de produção de acordo com a retirada dos subsídios concedidos na forma de subvenção.

Para tanto, foram necessários dados referentes às concessões de subvenções no período entre os anos de 2010 e 2016. Os valores, fornecidos pela secretaria executiva da política, a Finep, são referentes a cada um dos projetos subvencionados, identificados por empresa proponente e agregados pela Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE 2.0) do IBGE. Após compatibilização<sup>12</sup>, obteve-se o montante de recursos concedidos por setores produtivos do SCN do IBGE em cada um dos anos do período de concessão observado. Dessa maneira, a simulação de política conta com um choque realista no sentido de que os valores retirados na simulação são exatamente os valores concedidos pela política analisada.

---

<sup>12</sup> A compatibilização entre as classes CNAE, os setores do SCN e os setores do modelo BIM-KC pode ser consultada no Apêndice A.

QUADRO 1 - Fechamento base do modelo

Variáveis Exógenas	Descrição
x11nd	Uso da terra
a1cap	Mudança tecnológica no uso do capital
a1lab_o	Mudança tecnológica no uso do trabalho
a11nd	Mudança tecnológica no uso da terra
a0com	Termo de deslocamento da tecnologia do bem
a1tot	Termo de mudança técnica no uso dos insumos
a2tot	Termo de mudança técnica neutra – investimento
aprimtot	Termo de mudança técnica no uso dos fatores primários
delfwage	Termo de mudança no mecanismo de ajuste dos salários reais
faccum	Termo de mudança na equação de acumulação
f1lab_o	Termo de deslocamento no salário de determinado setor
f1lab_i	Termo de deslocamento no salário de determinada ocupação
f3tot	Razão consumo/PIB
invslack	Variável para tornar exógeno o investimento agregado
f5tot	Deslocamento geral na demanda do governo
fx6	Termo de deslocamento na regra dos estoques
f5	Termo de deslocamento na demanda do governo
finv4	Termo de deslocamento na regra dos investimentos de longo prazo
f4p	Termo de deslocamento no preço da demanda por exportações
f4q	Termo de deslocamento na quantidade da demanda por exportações
f4qtot	Deslocamento para a direita na demanda por exportações totais
f4p_ntrad	Deslocamento para cima na demanda por exportações coletivas (preço)
fntrad	Deslocamento na composição da exportação agregada de não tradeables
pf0cif	Índice de preço das importações (CIF)
delPTXRATE	Mudança na taxa de impostos sobre a produção
f0tax_s	Termo de deslocamento do imposto geral de vendas
f1tax_csi	Variação % uniforme no poder da tarifa para uso intermediário
f2tax_csi	Variação % uniforme no poder da tarifa sobre investimento
f3tax_csh	Variação % uniforme no poder da tarifa para uso das famílias
f5tax_cs	Variação % uniforme no poder das tarifas sobre uso do governo
t0imp	Poder da tarifa
f4tax_trad	Variação % uniforme no poder das tarifas sobre exportações tradeables
f4tax_ntrad	Variação % uniforme no poder das tarifas sobre exportações não tradeables
f1oct	Deslocamento no preço de outros custos
f2taxt	Variação % uniforme no poder dos impostos sobre investimento por tipo de imposto
phi	Taxa de câmbio (moeda local/moeda estrangeira)
q	Número de famílias
a3_s	Mudança de preferência entre domésticos e importados na demanda das famílias
<b>Extensão dinâmica</b>	
emptrend	Tendência da trajetória do emprego
delUnity	Variável dummy, sempre ajustada como exógena
rnorm	Taxa de retorno bruta normal
gtrend	Tendência da razão investimento/capital

Fonte: Elaborado pela autora

Já para o fechamento de política da simulação, foi feito o *swap* entre as mudanças ordinárias na receita de impostos sobre a produção (*delVIPTX*) e as mudanças na taxa dos impostos sobre a produção (*delPTXRATE*) ano a ano, apenas para os setores que receberam subvenções econômicas naquele determinado ano.

Como mencionado, os valores adotados como choques são as variações monetárias dos valores concedidos aos setores (TABELA 5). A variável que recebe o choque, *delVIPTX*, representa a mudança ordinária nas receitas de impostos sobre a produção. Interpretadas como um tipo de subsídio, as subvenções concedidas incorporam-se a estrutura de custos das empresas, reduzindo-a. Essa relação pode ser vista pela seguinte expressão do modelo:

$$delVITOT(i) = delVICST(i) + delVIPTX(i) \quad (28)$$

em que estabelece que o custo total da produção em cada setor (*delVITOT(i)*) é igual ao custo total do setor (*delVICST(i)*) mais os impostos sobre a produção de cada setor (*delVIPTX(i)*).

**TABELA 5 - Valores calculados para o choque na concessão de subvenções**

Código	Setores	Variação monetária anual (em milhões de R\$)							Total por setor	Porcentagem das subvenções em relação ao VBP
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016		
1	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita			0,50					0,50	0,07%
5	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio					2,50			2,50	0,47%
10	Outros produtos alimentares	2,66	2,64	4,06	2,05			8,63	20,04	1,58%
12	Fabricação de produtos do fumo	21,57							21,57	21,99%
16	Fabricação de produtos da madeira		1,20			3,50			4,70	3,77%
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	2,64			2,84				5,48	1,34%
18	Impressão e reprodução de gravações	8,13							8,13	8,29%
21	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	22,25	3,70		24,97	14,30	4,52		69,74	9,36%
22	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos		2,41		0,76	1,08			4,24	1,12%
23	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal	0,50				6,65			7,15	3,67%
24	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	5,82	8,12	15,68	0,99	39,28	22,35		92,24	43,41%
25	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	2,39	4,96	2,89	3,58	6,21	2,29		22,30	4,35%
26	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	3,52		1,69			1,72		6,93	1,66%
27	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	5,16							5,16	0,69%
28	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais		2,03						2,03	0,67%
29	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	37,87	1,28		0,78	17,08			57,01	12,26%
30	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	22,02	1,38	0,88		10,33	1,72		36,34	7,20%
31	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	46,18	84,85	1,78	1,65	22,96	14,76		172,18	39,15%
34	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	1,24			1,00	0,00	5,14	4,12	11,49	2,02%
35	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	40,76	0,50		7,78	16,50	2,44		67,98	28,97%
36	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	8,05	5,08	8,06		10,15	6,44		37,78	13,94%
37	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	32,76	7,08	3,81		6,03	6,40		56,08	22,31%
38	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades					0,70			0,70	0,08%
40	Construção	4,01	5,75	1,12	5,49	1,64			18,00	0,75%
41	Comércio	26,34	15,41	5,02	3,23	10,38		2,09	62,48	2,71%
45	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio			1,21		10,76			11,97	4,15%
49	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem	23,67							23,67	14,91%
52	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	79,84		3,38	8,31	19,09			110,63	8,01%
54	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas	47,15	16,28	1,00	7,06	9,63			81,11	22,35%
55	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D	1,55	14,42	2,91	39,81	24,52	20,03		103,25	61,24%
58	Outras atividades administrativas e serviços complementares	85,18	13,98	7,76	9,71	18,54	17,73		152,90	39,19%
60	Administração pública, defesa e seguridade social							3,68	3,68	0,26%
64	Saúde privada	6,71		0,82					7,53	1,44%
	<b>Total por ano de recebimento</b>	<b>537,96</b>	<b>191,08</b>	<b>62,58</b>	<b>120,00</b>	<b>251,84</b>	<b>114,16</b>	<b>9,89</b>	<b>1287,5144</b>	

Fonte: Elaborada pela autora com base nos dados recebidos da Finep e IBGE

Como pode ser observado na Tabela 5, os anos de 2010 e 2014 foram os anos com maiores concessões de subvenções, tanto na quantidade de setores atendidos, quanto no montante de recursos ofertados. Em 2010, foram concedidos aos setores cerca de R\$ 537 milhões, para 25 setores produtivos diferentes. Já em 2014, foram concedidos recursos na ordem de R\$ 251 milhões, menos da metade do que foi concedido no ano de 2010. Na mesma tabela há também a informação de quanto representa o total das subvenções recebidas por

cada atividade econômica em relação ao Valor Bruto da Produção (VBP) dos mesmos. Relativizando de acordo com a produção bruta setorial, nota-se que as atividades produtivas que se destacam no recebimento dos recursos de subvenção e que devem sofrer os maiores impactos do choque simulado são as atividades de Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P&D (55), de Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (24), de Outras atividades administrativas e serviços complementares (56) e Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos (31).

Há diferenças entre os setores do modelo, discutidas na seção 4.3, referentes à intensidade do uso dos fatores primários, que são úteis para presumir o comportamento das variáveis diante da simulação do choque. Para os setores mais intensivos em capital físico do que em trabalho e que também são expressivos na intensidade em que empregam capital de conhecimento, espera-se que o corte nos subsídios às atividades de P&D gere um aumento dos custos de produção, que será refletido em um menor nível de produção, o que irá diminuir a demanda por fatores primários. Desse modo, esses setores utilizariam menos quantidades de capital físico e trabalho no processo produtivo. Como consequência, esses fatores primários seriam liberados para os demais setores na economia, expandindo a oferta no mercado de fatores primários em outros setores – o que levaria a uma queda dos salários, da rentabilidade do capital, das taxas de retorno e dos investimentos em capital físico e em capital de conhecimento.

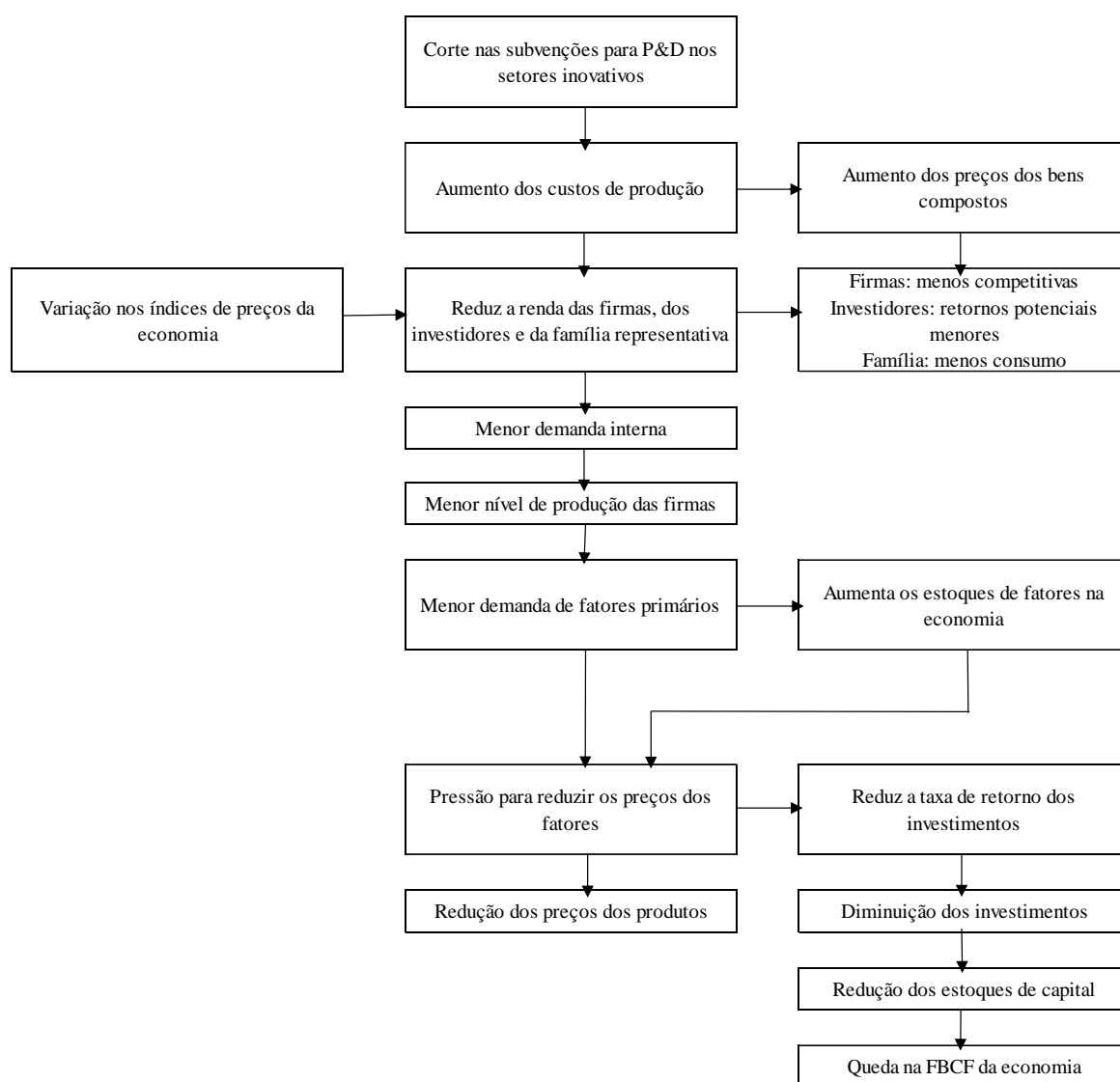
Já para setores mais intensivos em trabalho do que em capital físico, mas que também empregam capital de conhecimento em seus processos produtivos, a dinâmica ocorre de maneira um pouco distinta. A simulação de retirada dos recursos de subvenção econômica não impõe uma restrição ao mercado de trabalho diretamente, mas a pressão de queda na demanda do fator primário trabalho irá afetar sobretudo setores em que esse fator é mais requisitado no processo de produção. Dessa maneira, embora tais setores produtivos percebam o choque simulado sobre a demanda por trabalho, a demanda por capital também será reduzida como efeito da ausência dos recursos de subvenção.

Ao implementar um corte nos subsídios ao setor proporcional ao valor concedido como subvenção ano a ano, espera-se como efeito direto a verificação do aumento dos custos de produção dos setores, o que gera uma queda imediata da produção de cada um deles. Mas a simulação do corte no programa de subvenções econômicas abrange efeitos diretos e também os indiretos que se dissipam pela economia, afetando tanto o lado da oferta, quanto a demanda.



Para melhor visualizar o caminho de propagação do choque simulado, a Figura 8 exibe os principais mecanismos de propagação dos efeitos da política simulada. Nela, pode-se ver que o corte nos recursos de subvenção econômica gera um conjunto de impactos negativos na economia derivados do comportamento otimizador dos agentes econômicos.

**FIGURA 8 – Principais mecanismos de propagação decorrentes da simulação do choque**



Fonte: Elaborado pela autora

Pelo lado da demanda, o corte nos recursos concedidos como subvenção é percebido pelos setores que o recebiam como um aumento de custo de produção dos bens intermediários e de consumo final, o que gera um aumento dos preços dos bens compostos. Assim, reduz-se a competitividade das firmas dos setores diretamente atingido pela política simulada, reduzindo a taxa de retorno dos investimentos devido à queda da rentabilidade do capital, aumentando os custos de produção dos bens e diminuindo a renda da família representativa.

Dessa forma, há uma diminuição na renda dos agentes econômicos: produtores, investidores e consumidores - o que por sua vez, irá atingir a demanda interna por meio da perda real de renda dos agentes. Em outras palavras, como a taxa de retorno do investimento não se reduz em virtude do aumento dos custos de produção, mas sim pela queda da rentabilidade do capital, esse fator primário passa a ser menos requisitado na economia, em virtude da retração da atividade econômica. Destarte, há uma pressão de baixa do preço do capital na economia e consequentemente afeta negativamente a taxa de retorno esperada dos investimentos, válido tanto para o capital físico quanto para o capital de conhecimento. Com isso, haverá uma queda no nível de atividade produtiva das firmas, diminuindo a necessidade de uso dos fatores primários da economia, que por serem menos demandados, terão seus preços reduzidos. Isso faz com que haja uma redução dos preços dos produtos devido a pressão para a diminuição dos custos de produção. Como no modelo BIM-KC os gastos do governo são exógenos, não é possível traçar as relações causais de uma redução nos gastos do governo decorrente do corte dos recursos de subvenção.

A ausência das concessões dos recursos de subvenção faz com que os setores demandem menos fatores primários, incluindo o insumo capital de conhecimento. Portanto, pelo lado da oferta, há uma redução da disponibilidade de produção, dada a percepção de que a demanda a ser atendida foi reduzida. A queda na atividade produtiva dos setores causa a liberação dos insumos trabalho e capital físico, formando um excedente ocioso no mercado de fatores primários – o que pressiona a redução da remuneração dos mesmos. Essa redução nos custos de produção induz a uma queda dos preços dos produtos, tornando assim os produtos domésticos mais competitivos. Esse tipo de resultado é denominado efeito-preço.

Na Figura 8, o último efeito esboçado é o de redução dos preços dos produtos. Esse efeito dá origem a uma percepção por parte dos agentes de que houve um aumento na renda e, assim, iniciar-se-á outro ciclo de impactos sobre a economia. Tais impactos são estímulos secundários sobre as atividades produtivas e englobam o efeito-atividade (ou efeito-renda).

Como efeitos secundários, tem-se que o aumento da demanda nos mercados de fatores e nos mercados de bens ocorre pelas vias da expansão da renda dos agentes ou pela elevação do nível de competitividade dos setores produtivos. Isso promoverá uma pressão de aumento no nível de preços. Deve-se considerar que cada um dos setores do modelo possui uma distribuição distinta do valor adicionado entre a remuneração do trabalho e capital, o que afeta a forma pela qual a renda gerada em cada setor será alocada no consumo de novos produtos. Essa característica é especialmente útil ao se analisar os impactos setoriais dos choques, o que será feito em seção posterior.

Esta análise dos principais meios pelos quais ocorre a propagação dos efeitos econômicos da política simulada é de natureza estática, observados no momento em que há a ocorrência do corte dos recursos de subvenção. Além disso, os efeitos do cenário base – que consideram as questões estruturais e conjunturais da economia – não são computados nestas relações causais. Porém, o modelo BIM-KC é um modelo dinâmico recursivo, que apresenta mecanismos intertemporais de propagação dos choques simulados. Ao observar-se o efeito intertemporalmente, presume-se que os impactos gerados pela aplicação do choque sejam dispersados ao longo do tempo, revelando maior ou menor sensibilidade das variáveis analisadas em relação ao aumento dos custos de produção setorial.

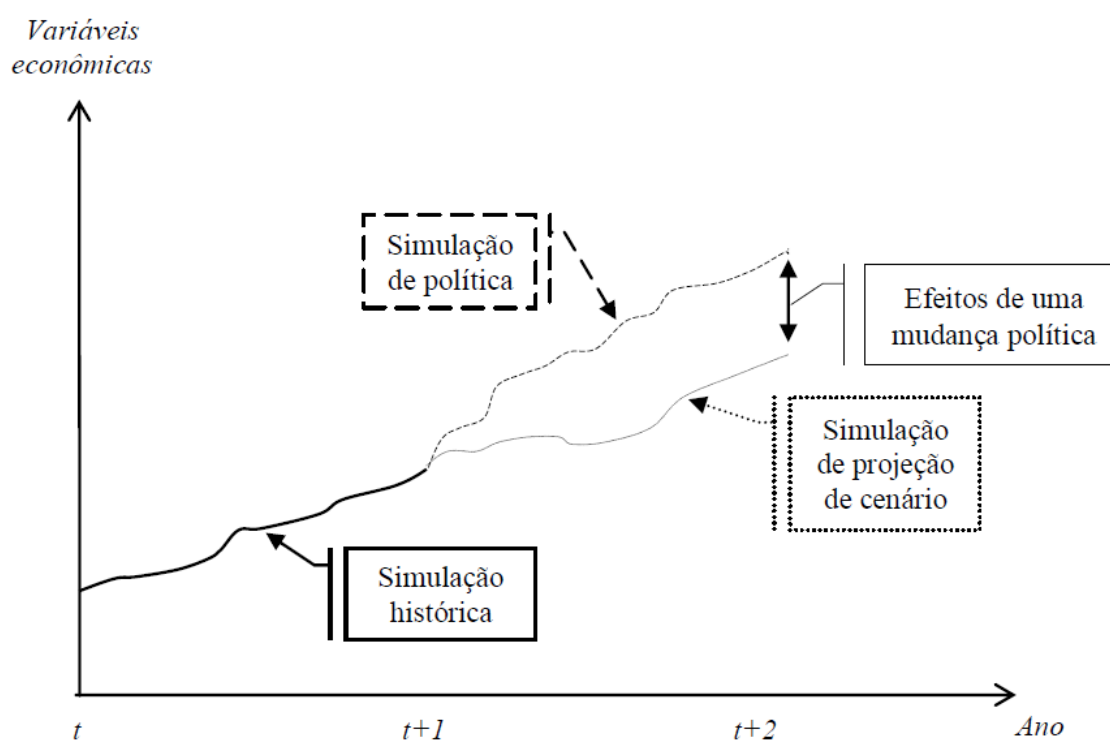
A resposta de longo prazo da simulação realizada depende da combinação dos efeitos preço e atividade em cada ano de aplicação do choque. Caso o efeito-atividade seja maior que o efeito-preço, é possível que haja um incremento dos investimentos uma vez que o efeito sobre a renda do capital físico e de conhecimento está em movimento de crescimento. Isso faz com que a variação percentual das taxas de retornos esperadas de ambos os tipos de capital seja positiva, incentivando o aumento dos investimentos. Assim, o aumento dos investimentos se torna operacional no período seguinte, provocando a expansão dos estoques de capital físico e de conhecimento. Como consequência, tal expansão provocará uma queda no preço de ambos os insumos primários e assim reduzirá as taxas de retorno esperadas. Dessa maneira, no período posterior, haverá uma variação negativa dos investimentos. A sequência deste processo é o contínuo enfraquecimento das variações dos investimentos e dos capitais físico e de conhecimento até a convergência ao cenário de referência (BETARELLI JUNIOR, 2013).

A demanda por trabalho no longo prazo também depende do resultado de forças do efeito-atividade e efeito-preço, este último decorrente da mudança dos preços relativos dos fatores primários de produção. Caso o efeito-atividade seja maior que o efeito-preço, o salário real será impactado positivamente devido à posterior elevação da demanda por fatores. Mas, a expansão dos salários, traduzida em aumento dos custos de produção, irá reduzir a demanda pelo insumo trabalho na economia. Esse efeito negativo desaquecerá a expansão dos salários nos períodos subsequentes, impactando a demanda no mercado de trabalho, sobretudo nos setores que são mais intensivos em trabalho do que em capital. Ao final da análise intertemporal, tem-se que o salário real e o nível de emprego apresentarão uma tendência convergente aos patamares do cenário de referência.

## 5.2 Simulações

É possível definir a simulação de cenários como uma simulação que serve de caminho de controle, de forma que os desvios são medidos para analisar os efeitos de um choque de política em períodos futuros. Dessa forma, uma simulação de política permite analisar os efeitos de uma mudança na política econômica, sendo ela um desvio das variáveis econômicas em relação ao cenário de referência. A vantagem de calcular os efeitos da política como desvios em relação ao cenário projetado é que ela traz uma perspectiva de crescimento para a análise (BETARELLI JUNIOR, 2013).

**FIGURA 9- Tipos de simulação em modelos dinâmicos recursivos**



Fonte: Adaptado de MAI *et al.* (2010)

Vale ressaltar que os valores estabelecidos no *baseline* do modelo influenciam de modo discreto o desvio causado pelo choque de política, o que decorre tanto da estrutura recursiva do modelo como da sua linearização. Assim, um *baseline* que projeta um maior crescimento, ou com seus componentes em trajetórias distintas, altera apenas marginalmente o resultado de desvio do choque de política (CARDOSO, 2016).

As simulações de políticas estabelecem que as variáveis reais referentes aos componentes da demanda final são endogeneizadas, uma vez que se pretende visualizar o

possível desvio em relação ao cenário base definido. Assim, na simulação de política são inseridos choques que alteram a estrutura de custos dos setores produtivos privados, ao retirar exatamente a concessão dos valores subvencionados (TABELA 5).

Todas as simulações foram realizadas no software RunDynam<sup>13</sup> e foram operacionalizadas pelo procedimento de Euler 1-2-4 dentro do GEMPACK. Além do método de Euler, é possível obter as soluções por dois métodos alternativos, Gragg e Midpoint. Trata-se de variações do método de Euler e podem, em alguns casos, produzir resultados mais precisos para um mesmo número de passos.

### **5.3 Resultados e discussões**

Os resultados esperados da aplicação do modelo BIM-KC na avaliação da política de concessões de subvenções à inovação do Governo Federal são provenientes de um cenário no qual as concessões seriam inexistentes. Sob essa hipótese, parte-se do princípio de que os projetos de inovação das empresas continuariam sendo executados, porém seriam custeados por elas mesmas, alterando a estrutura de custos de produção na intenção de gerar inovação. Nesse tipo de exercício, de acordo com as características da metodologia empregada, os efeitos encontrados são resultados imediatos da simulação realizada e resultados indiretos provenientes da observação dos encadeamentos intersetoriais do modelo de EGC, ambos determinados pelos efeito-preço e efeito-atividade discutidos na seção anterior.

Como efeito direto da aplicação da retirada das subvenções, tem-se a elevação dos custos de produção dos setores, que por sua vez, gera a ocorrência de impactos negativos sobre os agentes da economia, percebida na forma de diminuição da competitividade das firmas, na redução dos retornos dos investimentos e na queda da renda real da família representativa. Dessa maneira, analisando os resultados obtidos sob a luz do mecanismo de propagação do modelo BIM-KC, sumariza-se que a ausência das subvenções econômicas aos projetos de inovação dos setores produtivos privados atinge diretamente os custos de produção de cada um dos setores, sobretudo sobre aqueles cujas atividades são intensivas em capital físico e em capital de conhecimento – que por possuírem essa característica tendem a se dedicar e investir mais em atividades de P&D e projetos de inovação tecnológica do que setores mais intensivos em mão de obra e terra, por exemplo. Cabe ressaltar que os impactos são pequenos, pois são proporcionais ao tamanho da concessão do fomento público em

---

<sup>13</sup> O RunDynam é um aplicativo customizado do Gempack 10.0 (Harrison e Pearson, 2002) para simulações de dinâmica recursiva e modelos intertemporais. Maiores detalhes em <https://www.vu.edu.au/centre-of-policy-studies-cops>.

relação à produção nacional. Conforme a Figura 1, analisada no capítulo 2 desta Tese, o Brasil não destina nem 2% do PIB à geração de P&D.

A característica de dinâmica recursiva do modelo permite analisar esses impactos nos períodos definidos, na forma de trajetória temporal, considerando que os mecanismos de ajuste devidos a acumulação de capital são capazes de propagar os efeitos inicialmente gerados pela aplicação do choque devido aos canais de transmissão já explanados.

Para facilitar a análise de alguns resultados, como os que serão apresentados na subseção 5.3.3, foi feita uma agregação com base na intensidade tecnológica dos setores produtivos<sup>14</sup> (OCDE, 2011). Assim, é possível também discutir os resultados de acordo com demanda por capital de conhecimento de cada um dos tipos de setores. Além da agregação sugerida pela OCDE visualizada no Quadro 2, também foram agregados os setores de atividades denominadas “KIBS” (*Knowledge Intensive Business*), de serviços e os setores ligados às atividades agropecuárias – setores tradicionalmente não demandantes de P&D (MONTENEGRO *et al.*, 2018).

**QUADRO 2- Classificação dos setores produtivos segundo intensidade tecnológica**

Setores de Alta Intensidade Tecnológica	Setores de Médio-Alta Intensidade Tecnológica
Aeronaves e naves espaciais Indústria farmacêutica Equipamentos de escritório, contabilidade e informática Radio, TV e equipamentos de comunicação Instrumentos médicos, ópticos e de precisão	Máquinas e aparelhos elétricos* Veículos a motor, reboques e semi-reboques Indústria química, exceto farmacêutica Equipamentos ferroviários e equipamentos de transporte* Máquinas e equipamentos*
Setores de Médio-Baixa Intensidade Tecnológica	Setores de Baixa Intensidade Tecnológica
Construção e reparação de navios e barcos Produtos de borracha e plásticos Coque, produtos petrolíferos refinados e combustível nuclear Outros produtos minerais não metálicos Indústria metalúrgica básica e outros produtos de metal	Produtos de manufatura* e reciclagem Madeira, celulose, papel, produtos de papel, impressão e publicação Alimentos, bebidas e produtos de tabaco Têxteis, produtos têxteis, couro e calçado

Fonte: OCDE (2011)

\* Não classificado em outra parte

Como os resultados gerados estendem-se ao ambiente econômico como um todo, para que a análise dos resultados seja assertiva em relação aos objetivos da avaliação da política pública em questão, analisam-se primeiro os resultados observados sobre os principais agregados macroeconômicos, como o PIB, o saldo da balança comercial, o nível de emprego, o deflator implícito do PIB, o comportamento dos estoques de capital e o investimento

<sup>14</sup> A classificação por intensidade tecnológica identifica algumas diferenças estruturais entre o padrão de esforços inovativos e de mudança tecnológica de acordo com o nível de desenvolvimento dos países. O indicador, que é calculado pelo gasto em P&D dividido pelo valor adicionado, possibilita comparações com os países da OCDE.

agregado. Posteriormente, apresentam-se as projeções setoriais, como os impactos sobre os custos de produção e o nível de atividade produtiva, os efeitos sobre o investimento setorial e a formação de estoques de capital de conhecimento e capital físico. Os últimos resultados apresentados estão agregados segundo a intensidade tecnológica dos setores.

### 5.3.1 Efeitos sobre os principais agregados macroeconômicos

A Tabela 6 apresenta os principais impactos do corte de subvenções de produção relacionadas aos projetos de inovação sobre os indicadores macroeconômicos, cujos efeitos representam desvios acumulados das variáveis econômicas em relação ao cenário de referência da economia brasileira. A ausência das subvenções de produção tenderia a reduzir persistentemente a taxa de crescimento do PIB abaixo do cenário de referência. Os impactos negativos seriam relevantes tanto no ano da aplicação da política como no longo prazo (2030). O corte dos recursos de subvenção à inovação denota aumento nos custos de produção e, portanto, maior restrição de oferta e queda da atividade econômica no país. Por conseguinte, os requisitos de insumos reduziriam, levando a uma queda geral dos preços nos mercados de bens e serviços e fatores de produção. Um indicador que representa uma referência geral dos custos e preços internos na economia é o deflator implícito do PIB. Conforme a Tabela 6, a trajetória declinante do deflator do PIB é contínua e expressiva até 2019, porém com arrefecimento entre 2020 e 2030. Essa observação, associada com a variação negativa da taxa de crescimento do PIB, sinaliza que o corte das subvenções de produção promoveria um efeito-preço superior ao efeito-atividade. Contudo, o efeito-atividade começa a se fazer mais presente entre 2020 e 2030 em virtude do leve aquecimento de demanda nos mercados como resposta à redução dos custos e preços, amenizando, pois, a forte retração da economia promovida pelo efeito-preço. Em 2030, o deflator do PIB já registraria um desvio positivo de 1,83%, cujo aquecimento de demanda amenizaria a retração da atividade na economia brasileira. De outra forma, observa-se que as subvenções econômicas vinculadas às atividades inovativas parecem ter um papel importante quanto à promoção de um desvio positivo na taxa de crescimento da oferta e demanda agregada na economia brasileira, sobremaneira entre os anos de 2011 e 2019.

**TABELA 6 - Variação acumulada (em %) por biênio dos principais agregados macroeconômicos**

Variáveis	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011-2030
PIB	-0,0028	-0,0042	-0,0063	-0,0099	-0,0118	-0,0127	-0,0216
Consumo das Famílias	-0,0045	-0,0080	-0,0121	-0,0176	-0,0188	-0,0202	-0,0246
Exportações	0,0089	0,0212	0,0349	0,0499	0,0462	0,0457	-0,0212
Importações	-0,0115	-0,0227	-0,0361	-0,0528	-0,0521	-0,0515	-0,0196
Termos de troca	-0,0087	-0,0206	-0,0341	-0,0491	-0,0453	-0,0447	0,0215
Emprego	-0,0047	-0,0059	-0,0077	-0,0111	-0,0113	-0,0096	-0,0001
Salário Real	-0,0030	-0,0068	-0,0117	-0,0194	-0,0263	-0,0319	-0,0661
Salário Nominal	-0,0191	-0,0405	-0,0667	-0,0968	-0,0943	-0,0953	-0,0520
Investimento	-0,0111	-0,0200	-0,0306	-0,0485	-0,0635	-0,0702	-0,0392
Investimento em capital físico	-0,0113	-0,0205	-0,0313	-0,0495	-0,0648	-0,0719	-0,0394
Estoque de capital físico	0,0000	-0,0009	-0,0025	-0,0050	-0,0083	-0,0115	-0,0393
Investimento em capital de conhecimento	-0,0065	-0,0079	-0,0132	-0,0224	-0,0319	-0,0328	-0,0408
Estoque de capital de conhecimento	0,0000	-0,0010	-0,0021	-0,0037	-0,0066	-0,0101	-0,0349
Deflator do PIB	-0,0182	-0,0379	-0,0615	-0,0856	-0,0752	-0,0707	0,0116
Índice de preços ao consumidor	-0,0200	-0,0300	-0,0600	-0,0800	-0,0700	-0,0600	0,0100
Índice de preços do investimento	-0,0200	-0,0400	-0,0600	-0,0800	-0,0700	-0,0600	0,0200
Bem estar	-0,0085	-0,0146	-0,0217	-0,0310	-0,0345	-0,0391	-0,0453

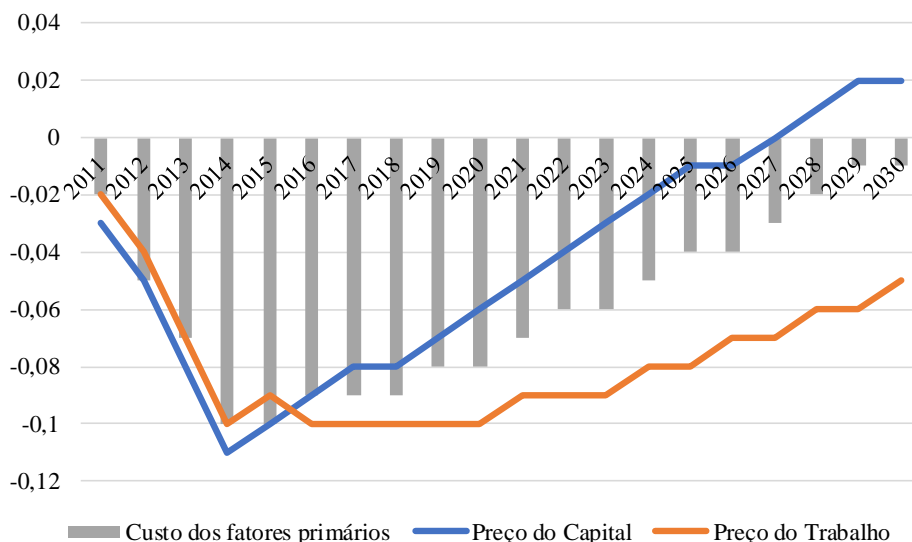
Fonte: Elaborado pela autora com base nos resultados da simulação

A queda da atividade econômica em razão do corte das subvenções pode também ser observada no mercado de trabalho. De acordo com a Tabela 6, a política de eliminação das subvenções de produção às atividades inovativas no país desestimularia o emprego nacional abaixo do emprego tendencial, apesar da redução do salário real. Uma vez que o estoque de capital apresenta um movimento defasado de um ano em relação aos investimentos correntes, os setores produtivos ajustariam a folha de pagamento mais facilmente para se adequar a retração produtiva. Geralmente em qualquer economia, os ciclos de negócios repercutem de maneira mais intensa sobre o fator trabalho, uma vez que o mesmo é móvel e a oferta relativamente mais elástica no curto prazo. Assim, os custos dos fatores primários se reduziram como resposta a diminuição da demanda por fatores, pressionando-os nos primeiros períodos após a retirada dos recursos de subvenção. O auge do declínio desses



custos ocorre no ano de 2015, como pode ser visto na Figura 10. O salário médio, que assim como o mercado de trabalho, é mais rígido do que a rentabilidade do capital, responde de maneira mais suave, acompanhando a trajetória de crescimento do emprego alguns períodos após a simulação dos choques.

**FIGURA 10 – Trajetórias dos preços dos fatores primários**



Fonte: Elaborada pela autora com base nos resultados da simulação

A forte queda do salário real e o efeito-atividade mais presente a partir de 2020 levariam, em conjunto, a um arrefecimento da trajetória declinante do emprego agregado. No final de 2030, o efeito de longo prazo é o nível de emprego praticamente um pouco abaixo do emprego tendencial com um desvio acumulado do salário real de 12,78%. Os desvios negativos dos salários reais nos últimos anos voltariam a estimular sensivelmente o emprego nacional. Ainda que os empregos industriais não representem grande fatia dos empregos formais da economia brasileira<sup>15</sup>, os setores produtivos mais dependentes do financiamento público para seus projetos de inovação pertencem às indústrias de transformação.

Da mesma forma que no mercado de trabalho, a queda da atividade na economia brasileira geraria uma retração nos requisitos de capital no processo produtivo. Como decorrência disso, haveria uma pressão de baixa da renda do capital, com maior força nas atividades intensivas em capital. A queda da rentabilidade do capital reduziria as taxas de

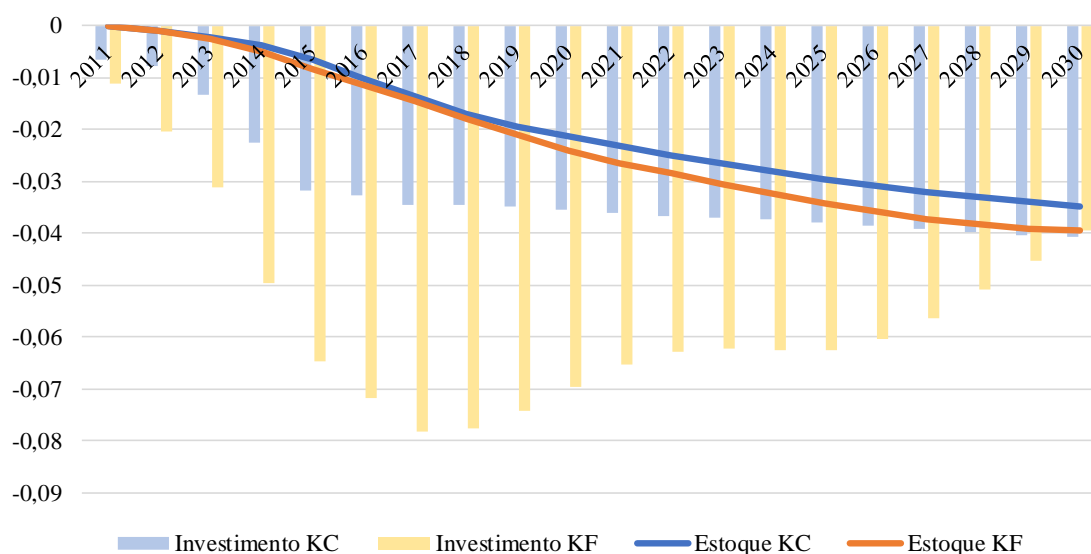
<sup>15</sup> Segundo dados da RAIS-MTE, a perda de participação da indústria na economia brasileira também se refletiu nos empregos formais gerados por ela. Durante o período de 1985-2015, o número de pessoas empregadas na indústria de transformação diminuiu sua participação em relação aos outros setores da economia, registrando, em 2015, a menor participação da série analisada. A indústria de transformação chegou a deter 27,1% dos empregos formais da economia brasileira em 1986, mas sofreu uma queda acentuada de 11,4 pontos percentuais, atingindo uma participação de 15,7% em 2015 (DEPECON, 2017).

retornos dos investimentos na economia e os custos de produção. Consequentemente, os dispêndios em investimentos se retraem na economia brasileira nos períodos dos choques de política simulados.

Tendo em vista o movimento defasado do capital em relação aos investimentos, conforme definidos pelo método perpétuo, a trajetória declinante dos investimentos contribui para a diminuição da oferta do estoque de capital ao longo do período. Ou seja, quando os investimentos se tornam operacionais no ano subsequente, a oferta de capital desacula no mesmo período. A partir de 2020, quando se inicia um aquecimento de demanda nos mercados dos fatores primários, a queda preço do capital começa se arrefecer de tal modo que em 2028 apresenta uma inversão de trajetória, já com desvios positivos. A rentabilidade do capital positiva contribui positivamente para a taxa de retorno esperada dos investimentos e, portanto, amortizando também as variações negativas dos investimentos na economia.

Segundo a literatura (e.g.: LUCAS, 1988; ROMER, 1990; GROSSMAN; HELPMAN, 1991; AGHION; HOWITT, 1990), os investimentos em P&D promoveriam a ampliação do capital de conhecimento, aumentando a produtividade dos fatores de produção e o estoque de capital físico em um sistema produtivo. O corte dos valores concedidos como subvenção econômica aos projetos de inovação pode ser interpretado como resultado de um aumento geral nos custos que leva a uma redução dos investimentos em P&D no sistema econômico. Assim, retração na formação de estoques de capital físico e de conhecimento e nos investimentos são também os resultados da simulação na qual deixam de existir os incentivos à inovação e P&D. Os resultados da Tabela 6 a respeito do estoque e da rentabilidade do capital incluem ambos os tipos de capital do modelo. As trajetórias demonstradas na Figura 11 refletem o comportamento desses agregados considerando tanto o capital de conhecimento, quanto o capital físico.

**FIGURA 11 - Evolução das trajetórias do investimento e do estoque de capitais físico (KF) e de conhecimento (KC)**



Fonte: Elaborada pela autora com base nos resultados da simulação

Uma vez que o modelo discrimina o tipo de capital na estrutura de dados e na especificação teórica, é possível analisar separadamente os efeitos sobre a formação de estoque de capital físico e de conhecimento para a economia brasileira. Em virtude da dinâmica recursiva do modelo BIM-KC, o movimento defasado dos estoques de capital físico e de conhecimento faz com que os setores produtivos mais intensivos em capital sejam os mais atingidos pela redução de renda dos agentes. Dessa maneira, o corte dos recursos de subvenção gera uma pressão de baixa do preço do capital superior frente ao preço do trabalho. A queda da rentabilidade do capital diminui as taxas de retorno potenciais, aumentando os custos de produção. Por isso, nos primeiros períodos após a simulação do choque, o investimento agregado apresenta trajetória declinante (FIGURA 11). Como observado na Figura 11, as retiradas das subvenções econômicas fazem com que os investimentos tenham um declínio mais acentuado nos primeiros períodos após a implementação do choque. Esse impacto ocorre porque os investidores têm sua renda diminuída, acarretando retornos potenciais menores em função da percepção do aumento dos custos de produção. Uma menor produção setorial reduziria a demanda por fatores primários, gerando queda dos respectivos preços e levando para a retração dos investimentos na economia após o choque. A queda contínua do estoque dos capitais é resultado do movimento declinante dos investimentos, que, após o período das simulações de política, entra em uma trajetória ascendente nos períodos seguintes.

As reduções dos custos internos da economia nos primeiros anos da política de eliminação das subvenções de produção induziram, em contrapartida, uma taxa de crescimento das exportações acima do cenário de referência no país até 2020. Ou melhor, em uma abordagem de competitividade-custos, a política tornaria os produtos domésticos relativamente mais competitivos, levando ao aumento acumulado da demanda externa de 7,06% em relação à tendência em 2020, refletindo a trajetória declinante dos custos de produção com retração dos salários e aluguéis do capital. Tendo em vista a relação negativa entre as exportações e o preço doméstico da economia, a partir de 2021, com o arrefecimento da trajetória negativa do deflator do PIB, as demandas externas começam a diminuir, alcançando um desvio acumulado frente ao cenário de referência de -3,78% em 2030. Como os choques simulados ocorrem sobre os setores que demandaram de fato os recursos concedidos pela Finep, setores ligados a produção de *commodities* e extração de produtos primários são atingidos marginalmente pela retração das atividades produtivas diretamente beneficiadas pela política de fomento. Por essa razão, percebe-se que as exportações brasileiras se expandem até o biênio 2015-2016, mas declinariam nos períodos subsequentes.

Por outro lado, dada a possibilidade de substituição entre bens domésticos e importados, os desvios negativos dos preços internos desestimulariam as importações até 2030, sendo essas repercussões negativas mais intensas durante os anos iniciais que justamente simulou-se a política de eliminação das subvenções. Os termos de troca<sup>16</sup> seriam reduzidos inicialmente, promovendo um desvio negativo das importações de 4,13% no longo prazo, cuja queda é também reforçada pela retração produtiva no Brasil. Além da concorrência com produtos nacionais, a demanda dos bens importados decai em razão da queda da produção nacional, que requer direta e indiretamente insumos importados (complementariedade produtiva). Portanto, a política do corte de subvenção de produção até 2016 promoveria um superávit marginal na balança comercial brasileira no longo prazo, alcançado um desvio acumulado de 0,95% em 2030, cuja variação se dá mais pela queda das importações. Durante os anos da política (2011-2016), o superávit marginal na balança comercial é expressivo, como variações positivas da demanda externa e desvios negativos no volume importado da economia.

Por fim, cabe registrar os impactos da política sobre o consumo das famílias. Destaca-se que no modelo inexistente um vínculo explícito entre remuneração dos fatores primários e o consumo das famílias (renda). Esse vínculo é definido pelo fechamento do modelo, no qual o

---

<sup>16</sup> Diferença entre o preço médio de produtos domésticos e o preço médio de bens importados.

consumo das famílias se move endogenamente para equilibrar as variações do PIB do lado da renda (remunerações de capital e trabalho) e do lado do dispêndio (HORRIDGE, 2006). Destarte, flutuações na renda real agregada afetaria o consumo das famílias conforme a proporção deste componente de dispêndio. Além desse aspecto, a estrutura teórica do modelo garante que a elasticidade média de Engel, que descreve a magnitude com que as despesas médias das famílias com bens e serviços respondem às variações no rendimento familiar, seja igual a 1. Nesse sentido, alterações no consumo agregado de cada família são reflexos das alterações na renda agregada. Assim, a trajetória dos desvios gerados sobre consumo das famílias é semelhante à do PIB. Em 2030, o impacto sobre a taxa de crescimento do consumo das famílias é abaixo de 4,91%. Em suma, o corte dos valores subvencionados geraria impacto negativo sobre a renda dos fatores primários, que no agregado, por sua vez, afetaria o consumo das famílias. Como as famílias maximizam sua utilidade ampliando a sua cesta de consumo, então a política de corte das subvenções de produção levaria para uma queda do bem-estar das famílias.

Em suma, perante as trajetórias de alguns indicadores macroeconômicos, conclui-se que a ausência da política pública de concessão de subvenções a projetos de inovação gera efeitos contracionistas sobre os principais componentes de absorção de demanda no mercado interno, cujos impactos negativos foram minorados pelo saldo marginal da balança comercial e pelo crescimento da demanda do mercado externo em decorrência a queda dos preços na economia brasileira. Portanto, analisando por outro ponto de vista, a existência das subvenções de econômicas à inovação tecnológica teria um papel importante nos efeitos econômicos que se projetam à economia brasileira.

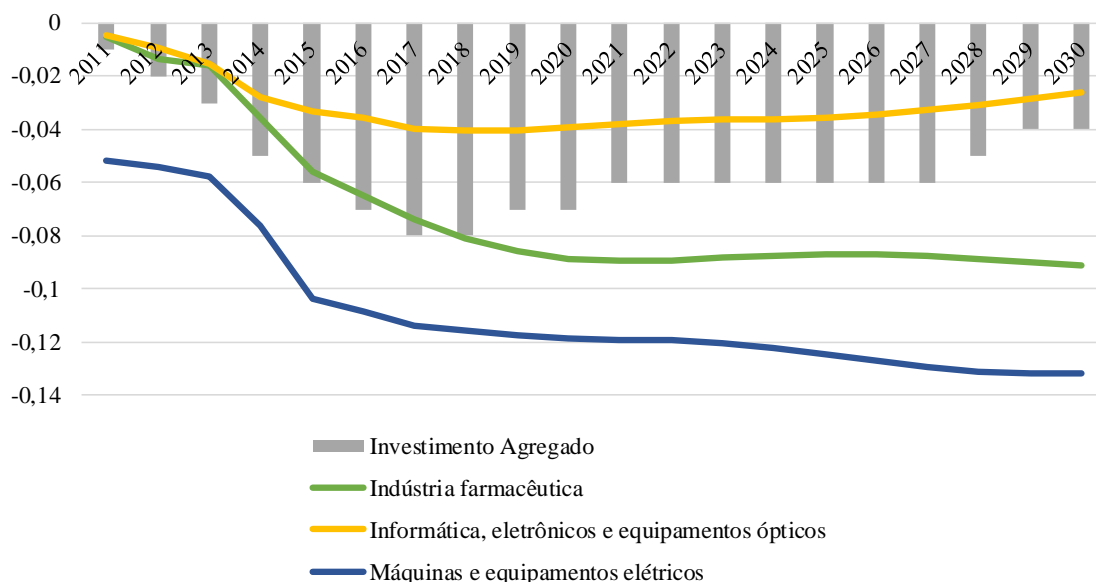
### 5.3.2 Projeções setoriais

A simulação de corte nas subvenções impacta positivamente nos custos de produção das atividades inovativas do país. Esse aumento nos custos é transmitido para os demais setores econômicos do sistema produtivo brasileiro, gerando, por conseguinte, efeitos negativos nas ofertas e demandas dos mercados de bens e serviços, desencadeando efeitos também negativos sobre a oferta e demanda dos setores econômicos, bem como sobre a remuneração e requisitos de produção por fatores primários (trabalho, capital e terra). Perante as assimetrias na estrutura de custos e de demanda, os setores econômicos respondem de maneira distinta às políticas simuladas. Setores intensivos em trabalho teriam mais facilidade para ajustar os custos de produção em relação à queda de demanda, ao passo que atividades

intensivas em capital, cuja oferta do fator primário é mais inelástica ao longo dos anos, teriam maior dificuldade de ajuste, levando a uma retração de atividade relativamente maior. Ambas as atividades características tornaram-se menos competitivas no mercado interno e externo da economia.

O setor de produtos farmacêuticos, por exemplo, é um setor cujos custos de produção são elevados, dada a natureza de sua atividade e da necessidade de grandes aportes em bens de capital e estrutura produtiva, de acordo com a parcela do EOB de capital físico e de conhecimento na composição do valor adicionado (TABELA 1). Além disso, no período analisado, esse setor recebeu recursos de subvenções em praticamente todos os anos de concessão (TABELA 5). Por essa razão, entende-se que um corte nas subvenções à inovação acarretaria uma queda expressiva no valor adicionado dessa atividade setorial, bem como nas demais com características similares. É o caso do setor de materiais eletrônicos e de comunicação, que também é um setor de alta intensidade tecnológica. A exigência de mão de obra especializada e de estrutura produtiva dotada de tecnologias avançadas faz com que esse setor tenha estrutura de custos elevada. Além disso, a renda do capital nessas atividades econômicas retrairia, reduzindo a taxa de retorno e o investimento setorial. O mesmo ocorre com o setor de máquinas e equipamentos elétricos, como demonstrado na Figura 12.

**FIGURA 12– Trajetória do valor adicionado em relação ao investimento agregado de setores selecionados após o choque**



Fonte: Elaborada pela autora com base nos resultados da simulação

Na seção 4.3, em que se discute os dados do modelo e a calibragem do mesmo, foram apresentados na Tabela 1 os valores referentes ao EOB dos setores, evidenciando aqueles que são mais intensivos em capital físico, em capital de conhecimento e em trabalho. O Quadro 3

mostra quais são esses setores. Os setores econômicos mais intensivos no uso do capital de conhecimento, segundo a representatividade do EOB no valor adicionado de cada atividade produtiva, foram separados entre aqueles que possuem maior intensidade em capital físico dos que possuem maior intensidade em trabalho. Essas atividades produtivas, além de empregar e acumular mais capital de conhecimento, receberiam expressiva parcela dos recursos concedidos como subvenção no período analisado em comparação com os outros setores também beneficiados pela concessão das subvenções (TABELA 3).

**QUADRO 3- Setores segundo a intensidade no uso dos fatores**

Intensivos em Capital de Conhecimento	
Intensivos em Trabalho	Intensivos em Capital Físico
Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P&D (55) Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal (23) Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores (35) Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos (22)	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (24) Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças (33)
Intensivos em Capital Físico	Intensivos em Trabalho
Atividades imobiliárias (53) Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração (6) Produção florestal; pesca e aquicultura (3) Energia elétrica, gás natural e outras utilidades (38) Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio (5) Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita (1)	Serviços domésticos (67) Educação Pública (61) Saúde Pública (63) Educação Privada (62) Vigilância, segurança e investigação (59) Administração pública, defesa e seguridade social (60)

Fonte: Elaborado pela autora com base nos resultados do modelo

Nesse sentido, o choque simulado geraria impacto direto sobre os mesmos, causando a queda na produção e retraindo a demanda por fatores primários. Os setores intensivos em capital de conhecimento e também intensivos em trabalho, ao terem seus custos de produção aumentados em razão da ausência das subvenções, conseqüentemente reduzem o nível de produção, liberando mão de obra – que é o fator que requer a maior parte das remunerações nessas atividades. Já as atividades produtivas intensivas no uso dos dois tipos de capital, ao serem atingidas pelo corte das subvenções, reduzem a utilização de capital físico no processo

produtivo, o que levaria a uma queda na rentabilidade do capital, nas taxas de retorno e, conseqüentemente, nos investimentos desses setores.

Já a Tabela 7 reporta a trajetória da rentabilidade do capital físico e de conhecimento para os setores que são mais intensivos no uso deste último. Com o corte das subvenções, os investidores esperam um menor retorno frente à queda da rentabilidade tanto do capital físico, quanto do capital de conhecimento. Assim, a rentabilidade do capital pode indicar o quanto as atividades produtivas da economia estão requisitando tal insumo, em resposta a retração da atividade econômica. Dada uma queda na rentabilidade de ambos os tipos de capital, os setores econômicos reduzem a demanda pelos fatores e diminuem o investimento produtivo. Pelo que é estabelecido a partir dos mecanismos de acumulação intertemporal dos capitais, o estoque dos mesmos se reduz, diminuindo a FBCF da economia.

**TABELA 7 - Rentabilidade do capital para os setores intensivos em capital do conhecimento (variação %) em relação ao ano-base (2010)**

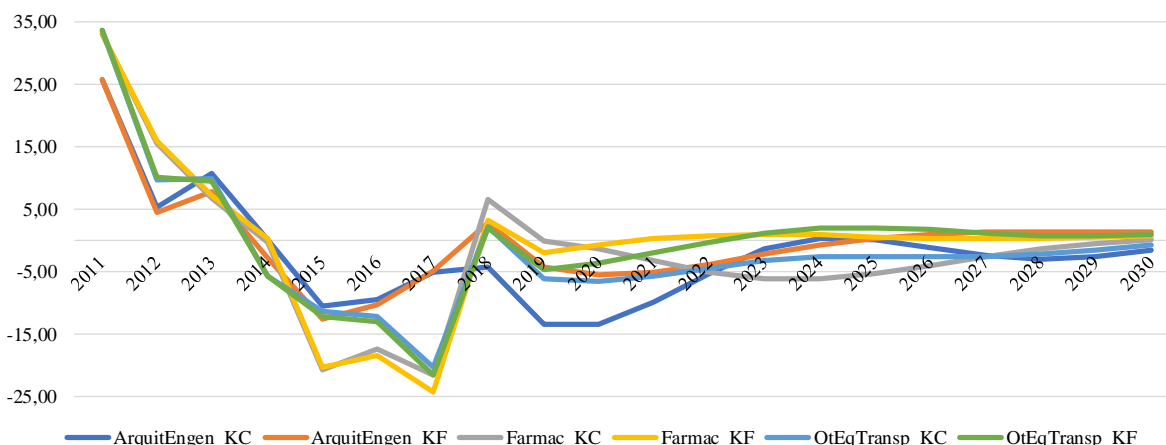
Setores	Rentabilidade do Capital						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011-2030
ArquitEngen_KC	25,88	5,33	10,84	0,10	-10,53	-9,41	-1,59
ArquitEngen_KF	25,88	4,57	7,77	-2,87	-12,67	-10,31	1,42
Perfuma_KC	36,56	16,11	6,98	-3,35	-21,15	-17,87	0,30
Perfuma_KF	36,56	16,85	8,05	-2,17	-20,53	-19,10	0,87
Farmac_KC	33,09	15,59	6,73	-0,19	-20,70	-17,41	0,08
Farmac_KF	33,09	15,90	7,13	0,26	-20,22	-18,39	0,77
AutomUtil_KC	36,63	7,67	11,53	-10,56	-29,34	-14,88	1,80
AutomUtil_KF	36,63	8,38	11,40	-10,43	-30,34	-19,22	1,60
OtEqTransp_KC	33,79	9,75	9,92	-5,62	-11,42	-12,07	-0,77
OtEqTransp_KF	33,79	10,18	9,57	-5,78	-12,21	-13,02	0,89
DefAgric_KC	32,20	9,96	9,12	-5,64	-15,71	-11,17	-0,60
DefAgric_KF	32,20	10,15	8,58	-6,11	-16,71	-13,03	1,48

Fonte: Elaborada pela autora com base nos resultados da simulação

Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P&D (ArquitEngen), Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (Farmac) e Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças (OtEqTransp) são atividades econômicas que, dentre as que mais remuneram e, portanto, utilizam capital de conhecimento, mais receberam subvenções no período analisado. Sendo assim, a retração que sofreram é demonstrada pelo declínio da rentabilidade dos capitais nos primeiros anos após o início da simulação (FIGURA 13).



**FIGURA 13- Trajetória da rentabilidade dos capitais após a simulação do choque nos setores mais intensivos em capital de conhecimento (variação %)**

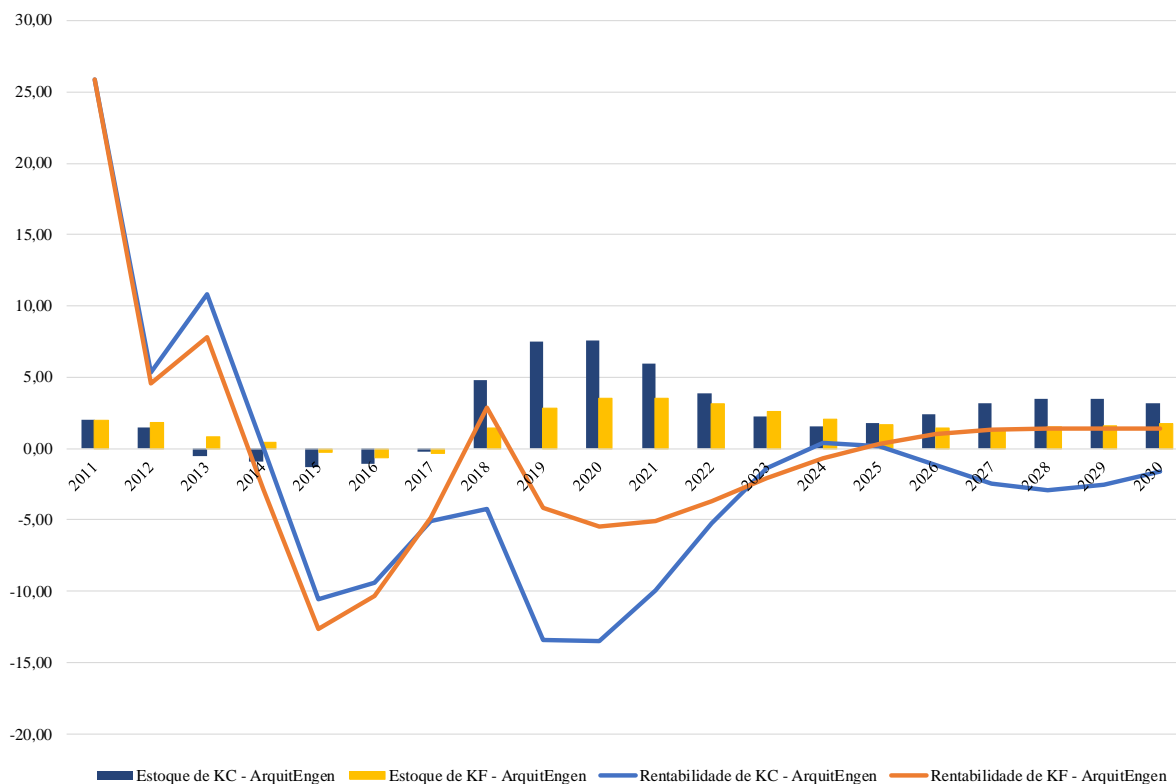


Fonte: Elaborada pela autora com base nos resultados da simulação

Com a queda na rentabilidade dos capitais, há uma tendência de queda do preço dos mesmos na economia e, por conseguinte, uma redução da taxa de retorno dos investimentos – o que acaba por diminuir a formação dos estoques de capital físico e de conhecimento. Desse modo, pelo mecanismo de acumulação intertemporal – que apresenta defasagem na absorção dos impactos oriundos do choque implementado – os estoques de capital físico e de conhecimento se retraem, impactando a formação bruta de capital fixo agregada da economia. Esse movimento pode ser visualizado na Figura 14, que mostra o comportamento da trajetória da rentabilidade dos capitais frente ao estoque dos mesmos para o setor de Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P&D. Esse setor, além de ser o mais intensivo no uso do capital de conhecimento, é um setor que recebeu recursos expressivos na forma de subvenções econômicas entre os anos de 2011 e 2015 – aproximadamente R\$ 103 milhões.

Nos primeiros anos da simulação, anos nos quais foram retirados os recursos concedidos, o declínio da rentabilidade do capital físico e do capital de conhecimento é acelerado, mas a partir de 2015 há um movimento de crescimento, que será refletido no aumento dos estoques de capitais nos anos subsequentes ao período de variação positiva do indicador. A retração dos estoques também é defasada dos períodos em que há redução da rentabilidade dos capitais, evidenciando a rigidez na FBCF da economia em resposta aos estímulos dados. Assim, há um desestímulo ao investimento produtivo. Os investimentos em capital de conhecimento são dependentes de fontes de financiamento com condições favoráveis, como as subvenções econômicas concedidas pela Finep. Na ausência dessas, o volume de investimento nesse tipo de capital, que já é historicamente baixo, torna-se menor.

**FIGURA 14– Trajetórias da rentabilidade dos capitais e do estoque de capitais para o setor de Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P&D (variação %)**



Fonte: Elaborada pela autora com base nos resultados da simulação

Já o impacto para os setores mais intensivos em capital físico pode ser maior devido ao efeito-atividade decorrente da simulação do choque. A redução na demanda por fatores primários gera excesso de oferta do mercado desses insumos e aumenta os estoques dos mesmos, impactando negativamente a remuneração dos insumos e contribuindo, dessa maneira, para a queda do preço do capital. Isso irá retraindo a taxa de retorno dos investimentos, que, por fim gera um efeito negativo na variação dos investimentos posteriormente. No longo prazo, considerando modelos com dinâmica recursiva – como o BIM-KC – a sequência deste processo é uma contínua amortização das variações dos investimentos da formação dos estoques de capital até que haja a convergência ao cenário base. Alterações na demanda por capital podem gerar modificações no seu processo de acumulação via alteração da rentabilidade do mesmo, o que, por fim, pode diminuir ou aumentar o estoque de capital na economia de maneira gradual ou mais proeminente, a depender dos valores da calibragem do mesmo.

O resultado sobre os investimentos em capital físico para tais setores mostra que os investimentos em capital físico foram mais afetados durante todo o período – observado e projetado. Ao serem eliminadas as subvenções econômicas, o aumento dos custos produtivos gera redução na demanda dos fatores primários, inclusive do capital. Essa situação é semelhante ao que ocorreu com os setores mais intensivos em capital de conhecimento. Para os setores mais intensivos na utilização do fator trabalho – Serviços domésticos, Educação pública, Saúde pública, Educação privada, Vigilância, segurança e investigação e Administração pública, defesa e seguridade social – o choque simulado de retirada dos recursos de subvenção irá ocasionar efeitos de ordem secundária, determinados pelo efeito-atividade do mesmo. Ao reduzir a produção das atividades econômicas, uma menor demanda por fatores primários fará com que o preço dos fatores seja pressionado a reduzir-se. Assim, tem-se um resultado de queda dos salários nominais.

A Tabela 8 fornece a variação percentual no nível dos empregos em setores mais intensivos em trabalho após a simulação da retirada dos recursos subvencionados dos setores beneficiados.

**TABELA 8 – Nível de emprego após a simulação do choque para setores mais intensivos em trabalho (variação %)**

Setores	Emprego						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011-2030
Serviços Domésticos	1,80	2,67	1,66	6,26	-4,46	-5,08	2,62
Educação Pública	0,10	2,23	0,51	2,91	0,98	2,60	0,16
Saúde Pública	0,10	2,41	0,47	3,12	1,17	2,55	0,22
Educação Privada	3,14	3,48	2,48	6,00	-4,71	-5,86	2,13
Vigilância, segurança e investigação	1,49	1,89	1,63	3,10	-1,11	-1,13	1,70
Administração pública, defesa e seguridade social	-0,08	2,37	0,35	3,21	1,09	2,63	0,45

Fonte: Elaborado pela autora com base nos resultados da simulação

Nota-se que os setores da administração pública possuem um comportamento muito similar ao longo do tempo, afirmando a existência de uma maior rigidez do fator trabalho no setor público do que no setor privado. Contudo, as oscilações no mercado de trabalho são percebidas até o ano de 2018, ano após o qual as trajetórias se estabilizam. Pode-se também observar que, setorialmente, os efeitos do corte dos recursos de subvenção geram efeitos disparees sobre as atividades produtivas causando alguma distorção no setor produtivo como um todo. Analisando a trajetória do valor adicionado em relação ao investimento agregado de setores mais intensivos em capital físico e capital de conhecimento, percebe-se que, para tais

setores, a projeção foi de queda abaixo dos níveis de retração do investimento agregado. Esse resultado obtido contribui de maneira desigual para a redução da FBCF na economia, o que pode diminuir a capacidade produtiva de longo prazo de determinados setores de forma mais proeminente do que em outras atividades produtivas.

### 5.3.3 Projeções setoriais segundo intensidade tecnológica

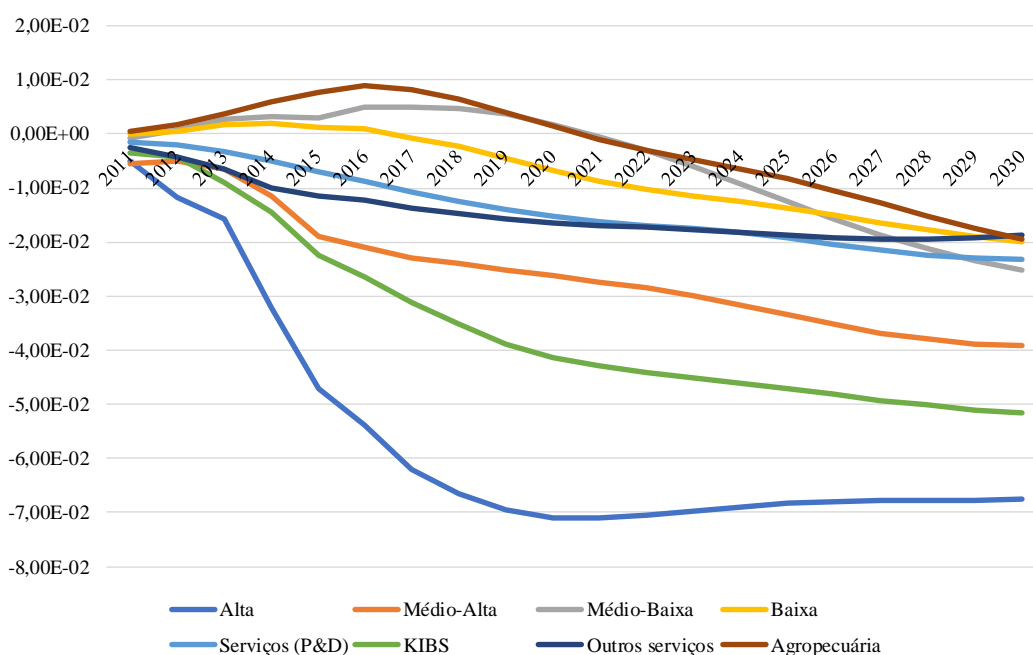
Para elucidar os efeitos da contração econômica sobre os setores, agregou-se os mesmos segundo a intensidade tecnológica de cada um. Assim, é possível perceber as relações existentes entre o grau tecnológico nos setores e a utilização do capital de conhecimento como fator primário. Os impactos foram sensivelmente maiores para os setores de alta e médio-alta intensidade tecnológica, enquanto para os setores de baixa intensidade tecnológica e para os setores ligados às atividades agropecuárias, a retração foi nitidamente menor (TABELA 9).

**TABELA 9 - Evolução do nível de atividade de produção no período (em % acumulado)**

Setores por intensidade tecnológica	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011-2030
Alta	-0,0048	-0,0110	-0,0157	-0,0309	-0,0423	-0,0467	-0,0516
Médio-Alta	-0,0057	-0,0049	-0,0065	-0,0115	-0,0183	-0,0199	-0,0402
Médio-Baixa	-0,0015	-0,0006	0,0004	-0,0005	-0,0023	-0,0018	-0,0264
Baixa	0,0002	0,0012	0,0027	0,0039	0,0035	0,0033	-0,0179
Serviços (P&D)	-0,0014	-0,0020	-0,0031	-0,0050	-0,0070	-0,0087	-0,0233
KIBS	-0,0032	-0,0043	-0,0086	-0,0138	-0,0205	-0,0238	-0,0386
Outros serviços	-0,0030	-0,0049	-0,0075	-0,0115	-0,0136	-0,0146	-0,0198
Agropecuária	0,0005	0,0018	0,0036	0,0059	0,0076	0,0086	-0,0190

Fonte: Elaborada pela autora com base nos resultados da simulação

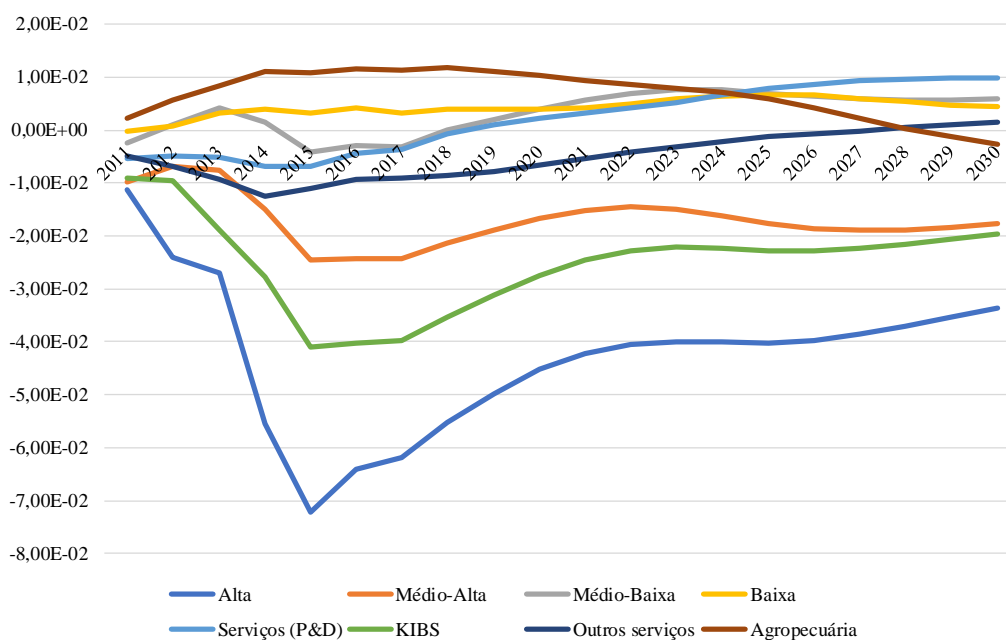
A retração da demanda por fatores primários na economia, após o choque sobre os custos dos setores produtivos, assim como o resultado sobre o nível de produção, é mais sentido pelos setores de alta intensidade tecnológica, os setores denominados KIBS (*Knowledge Intensive Business*) e os setores classificados como médio-alta intensivos em tecnologia. Esses apresentaram redução expressiva da demanda por insumos primários nos primeiros períodos após o choque e sinalizam apenas a estabilização no longo prazo (FIGURA 15).

**FIGURA 15 - Trajetória da demanda por fatores primários após o****choque**

Fonte: Elaborada pela autora com base nos resultados da pesquisa

Outro fator primário analisado pela alteração dos custos produtivos é a demanda por trabalho. No longo prazo, após a retirada das subvenções, a demanda pelo insumo trabalho também apresenta retração nos setores mais afetados pela ausência de subvenções, exceto no setor de serviços de P&D, que por ter a característica de ser um setor de serviços e, portanto, mais intensivo em trabalho do que em capital, apresenta trajetória de crescimento no período analisado (FIGURA 16).

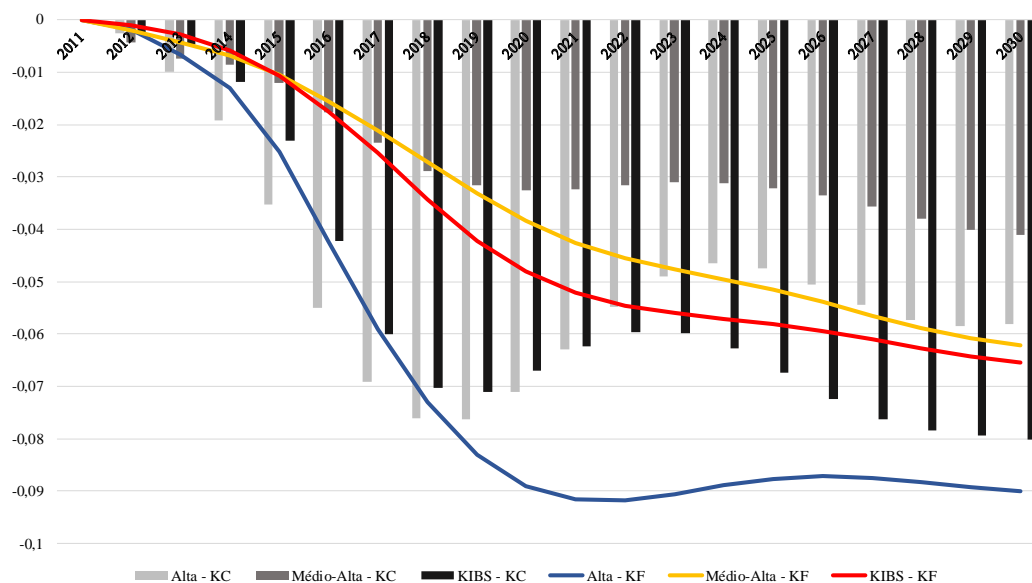
A partir do ano de 2016, percebe-se movimento de estabilização e tendência de crescimento da demanda por trabalho em todos os setores, excluindo os setores ligados às atividades agropecuárias e os setores de baixa intensidade tecnológica, conforme pode ser visualizado na Figura 16. Além disso, o aumento da remuneração do capital frente aos salários impulsiona a troca de capital por trabalho no processo produtivo, aumentando a demanda pelo fator trabalho e desestimulando o investimento setorial. Situação a qual será analisada na próxima subseção.

**FIGURA 16- Trajetória da demanda por trabalho no longo prazo**

Fonte: Elaborada pela autora com base nos resultados da pesquisa

A Figura 17 ilustra a trajetória para a formação dos estoques de capital de conhecimento (KC) e de capital físico (KF) nos setores tecnologicamente mais intensivos e nos setores KIBS após o corte das subvenções. O efeito recursivo dos choques e a aplicação dos mesmos até o ano de 2016 mostram que a retração foi mais expressiva, no geral, sobre os estoques de capital físico do que sobre o estoque de conhecimento. Nas atividades produtivas de alta intensidade tecnológica, entretanto, a contração do estoque de capital de conhecimento é maior do que no caso do estoque de capital físico. Esse resultado é diretamente relacionado com a baixa atratividade de investimentos em bens de capital oriundas do aumento dos custos dos mesmos e a situação é minorada pela sofisticação tecnológica dos equipamentos requeridos pelos setores de alta intensidade tecnológica.

**FIGURA 17- Evolução dos estoques de capital para os setores mais intensivos em tecnologia e os KIBS**



Fonte: Elaborada pela autora com base nos resultados da pesquisa

A retração da formação de estoques de capital, tanto físico quanto de conhecimento, também ocorreu para os setores menos intensivos em tecnologia, mas de modo mais suave e menos persistente ao longo do tempo. Os valores da Tabela 10 denotam que, para os setores de atividades agropecuárias e de médio-baixa intensidade tecnológica, a diminuição dos estoques de capital de conhecimento só ocorreu alguns períodos posteriores ao choque. Esse resultado está de acordo com a estrutura produtiva tradicionalmente não demandante desse tipo de capital.

**TABELA 10- Valores da evolução da formação de estoques de capital de conhecimento e físico para setores selecionados**

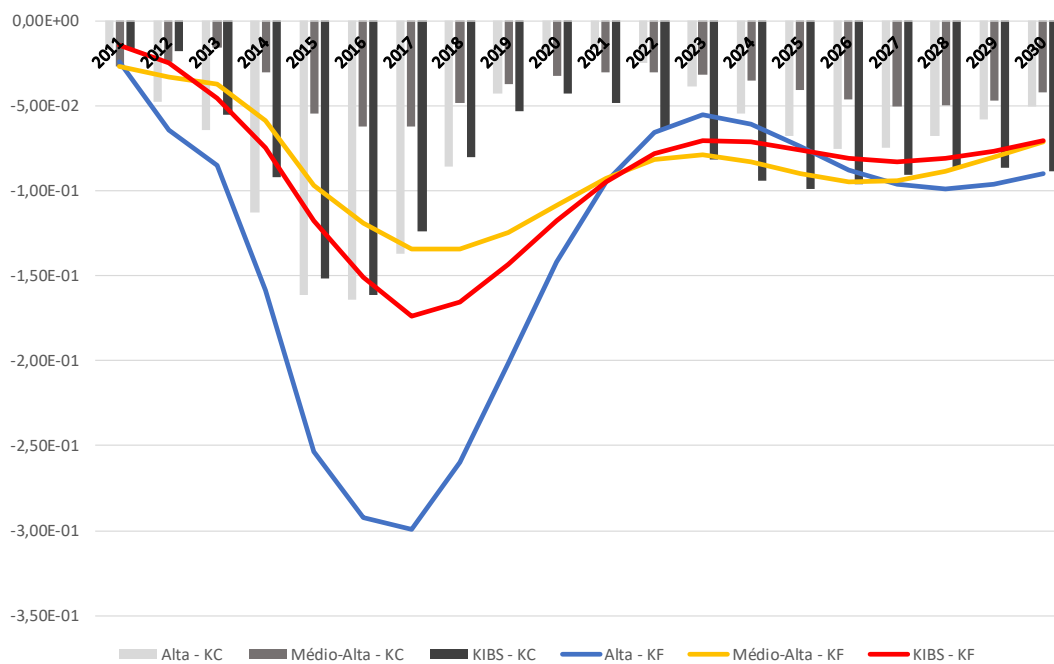
Setores por intensidade tecnológica	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011-2030
Médio-Baixa - KC	0,0000	0,0006	0,0025	0,0061	0,0104	0,0134	-0,0253
Baixa - KC	0,0000	0,0003	0,0005	0,0008	0,0016	0,0027	-0,0241
Outros serviços - KC	0,0000	0,0003	0,0003	-0,0002	-0,0007	-0,0003	-0,0175
Agropecuária - KC	0,0000	0,0010	0,0029	0,0052	0,0076	0,0084	-0,0154
Médio-Baixa - KF	0,0000	0,0004	0,0017	0,0039	0,0065	0,0085	-0,0367
Baixa - KF	0,0000	-0,0001	-0,0003	-0,0007	-0,0015	-0,0034	-0,0468
Outros serviços - KF	0,0000	-0,0012	-0,0035	-0,0071	-0,0116	-0,0156	-0,0381
Agropecuária - KF	0,0000	0,0006	0,0021	0,0044	0,0068	0,0080	-0,0227

Fonte: Elaborada pela autora com base nos resultados da simulação

A formação dos estoques de capital na economia gera sinais de como a economia irá evoluir prospectivamente. A redução nos estoques de ambos os tipos de capital de modo

persistente e sem indícios de recuperação no longo prazo indica que a atividade econômica não deve apresentar trajetória de crescimento durante o período observado. Já os investimentos setoriais apresentam resultado de retração nos primeiros períodos após o choque e evolução ascendente após o ano de 2017 (FIGURA 18).

**FIGURA 18- Evolução dos investimentos setoriais, segundo o tipo de capital, para os setores mais intensivos em tecnologia e os KIBS**



Fonte: Elaborada pela autora com base nos resultados da simulação



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do modelo EGC na avaliação da política de subvenções econômicas do Governo Federal teve como principal objetivo verificar como e em que intensidade o programa de concessão de subvenções econômicas à inovação afeta os principais indicadores macroeconômicos e setoriais na economia brasileira, alterando investimentos em P&D e estoque de conhecimento no longo prazo. Esta Tese tem como justificativa contornar as dificuldades encontradas por um modelo tradicional de EGC em relação ao aspecto de investimento em P&D, desenvolvendo uma nova abordagem para a modelagem do investimento em capital de conhecimento a fim de avaliar o impacto econômico de um tipo de política de fomento à inovação, a saber, a concessão de subvenções econômicas aos setores produtivos vinculados em atividades de inovação.

Amplamente utilizado em países desenvolvidos e estando em conformidade com as normas da Organização Mundial de Comércio, o instrumento de subvenções passou a ser operado no Brasil no ano de 2006, introduzindo no país a possibilidade de financiamento direto não reembolsável, induzindo as empresas a ampliarem seus gastos com P&D por meio do compartilhamento dos custos e riscos das atividades desse tipo. Dentre os diversos mecanismos de promoção da inovação tecnológica na economia os quais estão à disposição dos governos, a política de subvenções econômicas à inovação é um instrumento que possibilita o fomento à inovação no sistema produtivo, tendo como foco o apoio a projetos inovadores e não à estratégia individual de inovação de empresas privadas. Desse modo, projetos cujos resultados não seriam orientados ao mercado, ou que não teriam potencial comercial, não estariam atingindo o objetivo estabelecido pelo programa em seus editais.

Como a intenção do programa é a indução do aumento do dispêndio privado em P&D, esta Tese oferece um modelo de EGC, dotado da distinção entre capital físico e capital de conhecimento e capaz de analisar os efeitos dos gastos em P&D sobre o sistema econômico. Como apresentado, os gastos em P&D de uma nação estão diretamente relacionados ao seu desempenho competitivo e produtivo, que se propaga pela economia e impacta indicadores de emprego, renda e bem-estar, por exemplo. As atividades de P&D atingem a meta de gerar inovação por meio da geração e acúmulo de capital de conhecimento, cuja função econômica é a de aplicar, comercializar ou utilizar as inovações desenvolvidas no âmbito produtivo.

A análise das projeções econômicas nesta Tese apontou qual a intensidade e tamanho dos impactos da política de subvenções gerados sobre as variáveis macroeconômicas e setoriais. Pela inserção do capital de conhecimento como fator de produção nas atividades econômicas e do investimento em P&D, como componente da formação bruta de capital fixo

da economia, a contribuição do modelo aqui desenvolvido é a de evidenciar de que modo a retração ou ampliação da acumulação de capital de conhecimento causa efeitos macroeconômicos e setoriais.

Diante das características metodológicas as quais se assentam esta pesquisa, buscou-se saber se o programa de subvenções econômicas à inovação, como um exemplo das políticas públicas de inovação, ao fomentar a inovação diretamente no setor produtivo, foi capaz de impactar os indicadores macroeconômicos da economia brasileira. Mediante uma simulação na qual os recursos concedidos pelo programa ao longo dos anos de 2010 a 2016 foram retirados do sistema econômico brasileiro, chegou-se à conclusão que os indicadores da economia foram sim impactados com a ausência de tais recursos.

A partir da hipótese de que os projetos de inovação das empresas continuariam sendo executados, porém sendo custeados por elas mesmas, houve uma alteração na estrutura de custos de produção das atividades econômicas na intenção de gerar inovação. O desenho do mecanismo de propagação do choque simulado revelou que indicadores como competitividade econômica, renda e investimentos, por exemplo, foram negativamente afetados. Além desses, observou-se impacto do corte das subvenções no desaquecimento da atividade econômica por meio de uma menor demanda interna, menor nível de produção dos setores e uma menor demanda por fatores primários. Ademais, com a redução dos estoques de capital físico e de conhecimento resultante da ausência dos recursos de subvenção, contraiu-se a formação bruta de capital fixo (FBCF), o que significa uma redução da capacidade produtiva futura da economia brasileira por meio de investimentos correntes em ativos fixos. Dessa maneira, esse primeiro problema de pesquisa foi respondido pela observação de que o programa de fomento à inovação analisado gerou efeitos sobre os indicadores econômicos.

Outra questão abordada por esta Tese foi verificar se, na existência de impactos da promoção da inovação via concessão de subvenções, como seriam sistematicamente desagregados os efeitos desse benefício entre os setores da economia, ou seja, quais seriam os setores produtivos mais afetados pelos incentivos à inovação - levando em conta os efeitos diretos e indiretos. O exercício de simulação da política gerou resultados desagregados setorialmente que puderam responder a esse questionamento.

Sabendo-se que as atividades produtivas respondem distintivamente ao choque simulado por causa da intensidade em que empregam os fatores primários e da intensidade tecnológica das mesmas, verificou-se que os setores econômicos que receberam maior quantidade de recursos de subvenções econômicas apresentariam uma maior retração da produção, provocando queda no valor adicionado de tais setores em comparação com

atividades que não receberam ou que pouco receberam recursos de subvenção no período analisado. Como o dispêndio em atividades de P&D é considerado arriscado pelos setores produtivos privados, o incremento em investimentos em capital de conhecimento é dependente de estratégias de compartilhamento dos riscos da operação, como, por exemplo, o incentivo direto do Estado nas atividades de inovação via concessão de subvenções. Na ausência dessas, percebeu-se que os setores mais demandantes de capital de conhecimento em seus processos produtivos e setores de alta e médio-alta intensidade tecnológica, o investimento retraiu-se sensivelmente.

Os resultados fundamentam a conclusão de que, a partir do entendimento dos mecanismos de transmissão dos efeitos econômicos sobre outras variáveis e também dos níveis de interdependência setoriais, houve outros resultados além dos impactos imediatos da concessão de subvenções. Observou-se também que as subvenções econômicas às atividades de P&D promoveram aumentos da taxa de crescimento da oferta e demanda agregada na economia brasileira, sobretudo entre os anos de 2011 e 2019. Outro resultado alcançado foi o referente ao mercado de trabalho que, com a simulação de retirada das subvenções, apresentou declínio na taxa de emprego, ficando abaixo do emprego tendencial ao longo do período, mesmo com o salário real sendo reduzido. No longo prazo, o emprego agregado apresenta ligeira queda frente ao emprego tendencial da economia brasileira, revelando movimento de convergência ao estado estacionário da economia.

Uma vez que foi observada a retração da atividade econômica, houve como consequência uma queda na demanda por capital produtivo no sistema econômico. Assim, percebeu-se que houve diminuição da rentabilidade do capital, principalmente nas atividades mais intensivas em capital. Com a queda da rentabilidade dos dois tipos de capital, as taxas de retornos dos investimentos na economia reduziram-se, bem como os custos de produção. Conseqüentemente, os choques de política simulados reduzem os gastos com investimentos na economia brasileira durante o período observado. Tendo em vista o movimento defasado do capital em relação aos investimentos, conforme definidos pelo método do inventário perpétuo, a trajetória declinante dos investimentos contribui para a diminuição da oferta do estoque de capital ao longo do período.

O modelo BIM-KC foi calibrado para que análises sobre a formação de estoques de capital desagregados em capital físico e capital de conhecimento fossem possibilitadas, sendo viável, assim, analisar a formação dos estoques de capital distintamente. Por isso, conseguiu-se notar que o corte dos recursos concedidos sob a forma de subvenção gerou uma tendência de queda no preço dos capitais, frente ao preço do trabalho. Destarte, a queda da rentabilidade

dos capitais do modelo diminui a as taxas de retorno potenciais, o que gerou um aumento nos custos de produção. Nessa variante, pode-se concluir que a ausência da política pública de concessão de subvenções a projetos de inovação gera efeitos contracionistas sobre os principais componentes de absorção de demanda no mercado interno, cujos impactos negativos amenizaram-se em razão do saldo marginal da balança comercial e pelo crescimento da demanda do mercado externo em decorrência a queda dos preços na economia brasileira.

Além desses resultados agregados, tem-se que, setorialmente, os efeitos da ausência dos recursos de subvenção geram efeitos distintos sobre as atividades produtivas causando alguma distorção no setor produtivo como um todo. Observando a trajetória do valor adicionado em relação ao investimento agregado de setores mais intensivos em capital físico e capital de conhecimento, percebe-se que, para tais setores, a projeção foi de uma trajetória declinante abaixo dos níveis de retração do investimento agregado.

Em atividades mais intensivas no uso de capital de conhecimento, assim como em atividades intensivas em capital físico, ao serem cortadas as subvenções econômicas, a redução da taxa de retorno dos investimentos será sensivelmente mais percebida. As atividades produtivas mais vinculadas à FBCF foram as que apresentaram a maior retração devido ao corte das subvenções simulado. Esse resultado é consonante com o fato de que essa indústria - que agrega os setores de máquinas, aparelhos e materiais elétricos, material eletrônico e equipamentos de comunicações, aparelhos/instrumentos médico-hospitalares, medidas e ópticos, fabricação de caminhões e ônibus, peças e acessórios para veículos automotores e outros equipamentos de transporte – representa a maior parte dos setores beneficiados pela política de subvenções e são setores que tem estrutura produtiva mais intensiva em tecnologia do que os demais outros setores. Já os resultados da retração do investimento em setores produtivos como o da agropecuária e da indústria extrativa, tradicionalmente pouco intensivos em capital e tecnologia, podem ser explicados devidos às interrelações com outros setores, cuja atividade apresentou desaceleração direta.

Dessa forma, há uma assimetria na contribuição para a redução da FBCF da economia. Entretanto, no geral, os benefícios econômicos dos dispêndios em públicos em atividades de P&D superaram suas desvantagens – como resultados dissonantes nos setores produtivos - e demonstram ser relevantes para a economia brasileira, uma vez que observando por outra ótica, tem-se que a promoção das atividades de P&D por meio de incentivos diretos como as subvenções de produção orienta os setores produtivos com maiores esforços inovativos a

serem mais arrojados nos investimentos em P&D, o que viria a gerar maior acúmulo de capital de conhecimento e ampliaria a capacidade de geração de inovação no longo prazo.

Em outras abordagens metodológicas, são encontradas evidências teoricamente sólidas dos benefícios econômicos estimados das políticas de incentivo à inovação. Entretanto, havia uma lacuna que não conseguia responder questões específicas sobre a trajetória de crescimento real do PIB, do emprego, e da possível mudança da estrutura produtiva do país.

A aplicação do modelo BIM-KC na análise de política de incentivo a inovação consegue dar um passo inicial no entendimento dessas relações sistêmicas, pela observação do processo de acumulação do capital de conhecimento e da produção de P&D. Pode-se concluir que os recursos concedidos geraram efeitos sobre toda a economia e ampliaram a geração de inovação tecnológica por meio do investimento em capital de conhecimento, embora a concessão de subvenções seja uma política de curto alcance (pequeno número de empresas beneficiadas) e esteja inserida num contexto de baixa utilização dos mecanismos de apoio à inovação pelas empresas no Brasil - sendo que a efetividade dos mesmos depende da adesão do setor produtivo.

Sob a perspectiva da pertinência da subvenção como instrumento de fomento à inovação, ressalta-se a importância estratégica do Estado na orientação da promoção do desenvolvimento tecnológico do país. Como atividades de P&D tem características de bem público, geralmente aparecem falhas de mercado na oferta das mesmas. Portanto, os incentivos governamentais – diretos e indiretos – aparecem para tentar reduzir o hiato entre suas taxas de retorno privado e social. Além disso, a busca por melhores indicadores de geração de inovação faz parte da agenda pública da maioria das nações, seja como parte das políticas industriais ou alheias ao sistema produtivo, as políticas de apoio à inovação estão no centro das ações de apoio à competitividade e à criação de melhores empregos.

Empresas tecnologicamente ativas são estimuladas a investir em P&D e inovar se houver compartilhamento dos riscos dos projetos como forma de incentivo, por meio de fontes de financiamento para empresas potencialmente inovadoras. O Estado pode ser agente promotor desse tipo de política pública, que abrange uma ampla variedade de iniciativas de incentivos ao setor privado na promoção da geração de inovação. Entretanto, o que se observa nos últimos anos é o declínio do volume de recursos da Finep oferecendo recursos não reembolsáveis a projetos de inovação, como as subvenções econômicas, que diminuíram consideravelmente desde a sua implementação.

Essa situação pode ser explicada pela subordinação da política tecnológica à política de austeridade fiscal, uma vez que a restrição orçamentária enfrentada pelo governo federal

gerou sucessivos cortes de verbas destinadas aos projetos do MCTIC. Num país em que C&T é prioridade, o gasto com tais projetos não seria contingenciado. A redução expressiva nos anos de 2017 e 2018, que se projetam no orçamento para 2019, não coincidentemente está relacionado ao resultado conseguido pela simulação realizada nesta Tese, que mostra que o pico da queda do investimento agregado ocorreu exatamente no mesmo período.

O avanço desta Tese em relação à compreensão dos efeitos econômicos dinâmicos da acumulação de capital de conhecimento e da produção de P&D pode ser aprimorado pela inserção dos gastos do governo como componente exógeno no modelo. Assim, questões pertinentes ao equilíbrio fiscal poderiam ser abordadas, tornando a análise dos impactos de políticas públicas de inovação mais completa.

Uma vez que as subvenções são custos para o Estado, permanece o questionamento em relação aos possíveis ganhos provenientes das externalidades geradas à sociedade pela prática desse tipo de política. Esta Tese revelou as perdas potenciais em termos do que se deixa de ganhar na ausência da concessão dos recursos de subvenção a inovação, mas pela configuração atual do modelo ainda não é possível calcular os ganhos sociais obtidos pela acumulação de capital de conhecimento na economia. Outra extensão a ser considerada a esta Tese, são os possíveis impactos sobre a produtividade total dos fatores decorrentes dos efeitos da concessão de subvenções econômicas e outros incentivos sobre o comportamento dos investimentos setoriais e da formação de estoques de capital de conhecimento na economia. Desse modo, seria possível estabelecer e quantificar se, no longo prazo, as atividades de P&D teriam potencial para aumentar a produtividade dos fatores, já que poderia ser modelada situação na qual os setores produtivos pudessem substituir entre investir em P&D e investir em fatores tradicionais de produção, como capital físico e trabalho. As extensões sugeridas nesta conclusão constituem-se parte das naturais limitações desta Tese. A ausência dos vínculos com os gastos do governo e de mecanismos de análise da produtividade total dos fatores delimita o alcance das projeções dos impactos do programa de subvenções sobre a economia brasileira.

Já que o principal objetivo do programa de subvenções econômicas à inovação é aumentar a geração de inovação nos setores privados, fazendo com que estes aumentem o nível de seus dispêndios em atividades de P&D, esbarra-se na limitação da falta de uma análise sobre a ampliação ou retração dos investimentos privados frente aos gastos públicos com esse tipo de política. Assim, o efeito substituição entre os gastos públicos e privados poderia ser verificado, validando ou não a meta de se aumentar o investimento agregado em atividades de P&D.

Evidenciadas as extensões e limitações desta Tese, enfatiza-se que a configuração inovadora do modelo BIM-KC é apenas uma contribuição ao debate sobre avaliações das políticas públicas de inovação no Brasil. Como se trata de uma utilização recente, avaliações diversas sobre o programa de subvenções são necessárias ao aprimoramento e fortalecimento desse tipo de incentivo, já que podem contribuir com evidências de bons resultados de sua aplicação. Nesse sentido, um contínuo desenvolvimento de modelos EGC com a configuração específica para a análise do comportamento das atividades de P&D e do capital de conhecimento na economia, empregando dados mais detalhados referentes aos recursos concedidos/recebidos e calibragens que evidenciem a geração de inovação constitui-se numa agenda de pesquisa relevante para aqueles que desejam avaliar corretamente os efeitos econômicos desse tipo de política pública.

## REFERÊNCIAS

- AGHION, P.; HOWITT, P. **A model of growth through creative destruction**. National Bureau of Economic Research, 1990.
- AGHION, P.; GRIFFITH, R. **Competition and growth: reconciling theory and evidence**. MIT press, 2008.
- ARAÚJO, B. C. *et al.* Impactos dos fundos setoriais nas empresas. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 11, p. 85-112, 2012.
- ARBIX, G; MENDONÇA, M. Inovação e competitividade: uma agenda para o futuro. In: CASTRO, A.C. *et al.* **Brasil em Desenvolvimento: economia, tecnologia e competitividade**, v.1. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.
- ARRUDA, M.; VERMULM, R.; HOLLANDA, S. **Inovação tecnológica no Brasil: a indústria em busca da competitividade global**. Associação Nacional de P, D & E das Empresas Inovadoras, ANPEI, 2006.
- AVELLAR, Ana Paula. Impacto das políticas de fomento à inovação no Brasil sobre o gasto em atividades inovativas e em atividades de P&D das empresas. **Estudos Econômicos** (São Paulo), v. 39, n. 3, p. 629-649, 2009.
- AVELLAR, A. P. M.; ALVES, P. F. Avaliação de Impacto de Programas de Incentivos Fiscais a Inovação – Um Estudo sobre os Efeitos do PDTI no Brasil. **Revista Economia**, 2008.
- AVELLAR, A. P.; KUPFER, D. **Avaliação de Impacto de Programas de Incentivos Fiscais e Incentivos Financeiros à Inovação no Brasil em 2003**. ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia, 2008.
- BARBOSA FILHO, Fernando de Holanda. A crise econômica de 2014/2017. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 51-60, 2017.
- BETARELLI JUNIOR, Admir Antonio. **Um modelo de equilíbrio geral com retornos crescentes de escala, mercados imperfeitos e barreiras à entrada: aplicações para setores regulados de transporte no Brasil**. 2013. 366 f. 2013. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais (CEDEPLAR/UFMG).
- BETARELLI JUNIOR, A. A.; PEROBELLI, F. S.; VALE, V. A. **Um Modelo Nacional de Equilíbrio Geral Computável Dinâmico Recursivo (EGC-RD) para o Brasil no Ano de 2011 (BIM-RD)**. Texto para discussão nº 01-2015. Laboratório de Análises Territoriais e Setoriais (LATES), Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.
- BOR, Yungchang Jeffery *et al.* A dynamic general equilibrium model for public R&D investment in Taiwan. **Economic Modelling**, v. 27, n. 1, p. 171-183, 2010.
- BRASIL. Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991, aperfeiçoada pela Lei nº 11.077, de 30 de dezembro de 2004.



\_\_\_\_\_. Lei nº 10.973, de 02 de dezembro de 2004.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.540, de 12 de novembro de 2007.

BYE, Brita; FÆHN, Taran; HEGGEDAL, Tom-Reiel. Welfare and growth impacts of innovation policies in a small, open economy; an applied general equilibrium analysis. **Economic Modelling**, v. 26, n. 5, p. 1075-1088, 2009.

BYE, Brita; FAEHN, Taran; GRÜNFELD, Leo A. Growth and innovation policy in a small, open economy: should you stimulate domestic R&D or exports?. **The BE Journal of Economic Analysis & Policy**, v. 11, n. 1, 2011.

CANTWELL, John. Innovation and competitiveness. In: **The Oxford handbook of innovation**, p. 543-567, Oxford university press , 2005.

CARDOSO, Debora Freire. **Capital e Trabalho no Brasil no Século XXI: o impacto de políticas de transferência e de tributação sobre desigualdade, consumo e estrutura produtiva**. Tese de Doutorado. (Tese de Doutorado) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2016.

CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena Maria Martins. Sistemas de Inovação: Políticas e Perspectivas. **Parcerias Estratégicas**, 2000.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Políticas para promoção de arranjos produtivos e inovativos locais de micro e pequenas empresas: conceito vantagens e restrições do e equívocos usuais. 2003. Disponível em: <<http://www.ie.ufrj.br/redesist/Artigos/LasCas%20seminario%20pol%EDtica%20Sebrae.pdf>> Acessado em 05/01/2017.

CBO, U. S. R&D and Productivity Growth: A Background Paper. In: **Washington, DC: The Congress of the United States (Congressional Budget Office)**. 2005. Disponível em <<https://www.cbo.gov/sites/default/files/cbofiles/ftpdocs/64xx/doc6482/06-17-r-d.pdf>>. Acessado em 22/08/2018.

CIN, B. C.; KIM, Y. J.; VONORTAS, N. S. The impact of public R&D subsidy on small firm productivity: evidence from Korean SMEs. **Small Business Economics**, v. 48, n. 2, p. 345-360, 2017.

CLARK, John; GUY, Ken. Innovation and competitiveness: a review: Practitioners' forum. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 10, n. 3, p. 363-395, 1998.

COELHO, D. S. C.; DE NEGRI, J. A. **Impacto do financiamento do BNDES sobre a produtividade das empresas: Uma aplicação do efeito quantílico de tratamento**. ANPEC- Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia. 2011.

CRUZ, Carlos Henrique Brito. A universidade, a empresa e a pesquisa que o país precisa. **Parcerias Estratégicas**, v. 5, n. 8, p. 05-30, 2009. Disponível em: [http://www1.cgee.org.br/arquivos/pe\\_08.pdf#page=5](http://www1.cgee.org.br/arquivos/pe_08.pdf#page=5). Acessado em 17/01/2017.

DE NEGRI, Fernanda; DE NEGRI, João Alberto; LEMOS, Mauro Borges. Impactos do ADTEN e do FNDCT sobre o desempenho e os esforços tecnológicos das firmas industriais brasileiras. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 8, n. 1, p. 211-254, 2009.

DE NEGRI, J. A., LEMOS, M. B. **Avaliação das políticas de incentivo à P&D e inovação tecnológica.** Nota técnica. IPEA, 2009. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5822/1/NT\\_n02\\_Avaliacao-politicas-incentivo\\_Diset\\_2009-jul.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5822/1/NT_n02_Avaliacao-politicas-incentivo_Diset_2009-jul.pdf). Acessado em: 15/01/2018.

DE NEGRI, João Alberto Organizador; KUBOTA, Luis Claudio Organizador. **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil.** Brasília: Ipea, 2008.

DEPECON - Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos. **Panorama da indústria de transformação brasileira.** 2017. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=236253>. Acessado em: 27/12/18.

DIAO, Xinshen *et al.* **A dynamic CGE model: An application of R&D-based endogenous growth model theory.** University of Minnesota, Economic Development Center, 1996.

DIXON, Peter B. **Orani, a multisectoral model of the Australian economy.** North Holland, 1982.

DIXON, Peter B.; PARMENTER, Brian R. "Computable general equilibrium modelling for policy analysis and forecasting." **Handbook of computational economics 1:** p.3-85, 1996.

DIXON, Peter B.; RIMMER, Maureen T. **Forecasting and policy analysis with a dynamic CGE model of Australia** (No. op-90). Victoria University, Centre of Policy Studies/IMPACT Centre, 1998.

DIXON, Peter B.; RIMMER, Maureen T. (Ed.). **Dynamic general equilibrium modelling for forecasting and policy: a practical guide and documentation of MONASH.** Emerald Group Publishing Limited, 2001.

DIXON, P.B.; KOOPMAN, R. B.; RIMMER, M. T. The MONASH Style of Computable General Equilibrium Modeling: A Framework for Practical Policy Analysis. In: DIXON, P.B.; JORGESON, D (Ed). W. **Handbook of CGE modeling.** Oxford: Elsevier, 2013, v.1.

DOMINGUES, Edson Paulo. **Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas.** 2002. 222 f. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA/USP), São Paulo, 2002.

DOMINGUES, E. P. *et al.* **Repercussões setoriais e regionais da crise econômica de 2009 no Brasil: simulações em um modelo de equilíbrio geral computável de dinâmica recursiva.** ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia, 2010.

DOMINGUES, Edson Paulo *et al.* Uma análise dos impactos econômicos e setoriais do Programa Farmácia Popular do Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 45, n. 3, 2015.

DOMINGUES, Edson Paulo *et al.* A dinâmica do emprego na indústria brasileira: comportamento recente (2006-2010) e o efeito de restrições de mão de obra especializada. **Estudos Econômicos** (São Paulo), v. 46, n. 3, p. 539-578, 2016.

DOSI, G.; PAVITT, K; SOETE, L. **The economics of technical change and international trade**. London: Harvester Wheatsheaf, 1990.

FAGERBERG, Jan. **The Oxford handbook of innovation**. Oxford university press, 2005.

FARIA, Weslem Rodrigues. **Modelagem e avaliação de fenômenos relacionados ao uso da terra no Brasil**. 2012. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA/ USP), São Paulo, 2012.

FINEP. **Relatório de Indicadores do Programa de Subvenção Econômica**. 2012. Disponível em: <http://download.finep.gov.br/programas/subvencao/RelatoriodeAvaliacao3CicloSubvencao-2011-FinalInternet-DAGI.pdf>. Acessado em 03/04/2017.

\_\_\_\_\_. **Perfil das Empresas Apoiadas pelo Programa de Subvenção Econômica 2006 a 2009**. 2011a. Disponível em: [http://finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/instrumentos-de-apoio/subvencao-economica/subvencao\\_perfil\\_2006\\_2009.pdf](http://finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/instrumentos-de-apoio/subvencao-economica/subvencao_perfil_2006_2009.pdf). Acessado em 03/04/2017.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Avaliação do Programa de Subvenção Econômica – 2º seminário**. 2011b. Disponível em: [http://download.finep.gov.br/programas/subvencao/subvencao\\_avaliacao2.pdf](http://download.finep.gov.br/programas/subvencao/subvencao_avaliacao2.pdf). Acessado em 03/04/2017.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Avaliação do Programa de Subvenção Econômica**. 2010a. Disponível em: [http://download.finep.gov.br/programas/subvencao/subvencao\\_avaliacao1.pdf](http://download.finep.gov.br/programas/subvencao/subvencao_avaliacao1.pdf). Acessado em 03/04/2017.

\_\_\_\_\_. **Manual do Programa de Subvenção Econômica à Inovação Nacional**. 2010b. Disponível em: <http://download.finep.gov.br/manuais/manualSubvencao2010.pdf>. Acessado em 10/11/2016.

\_\_\_\_\_. **Subvenção Econômica**. 2017. Disponível em: <http://finep.gov.br/afinep/122-apoio-e-financiamento/tipos-de-apoio/subvencao-economica>. Acessado em 05/04/2017.

FOCHEZATTO, Adelar. Modelos de equilíbrio geral aplicados na análise de políticas fiscais: Uma revisão da literatura. **Análise–Revista de Administração da PUCRS**, v. 16, n. 1, 2005.

FOCHEZATTO, A., SOUZA, N. J. Estabilização e reformas estruturais no Brasil após o Plano Real: uma análise de equilíbrio geral computável. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.30, n.3, p.395-426. 2000.

FREEMAN, C.; PEREZ C. “Structural crises of adjustment: business cycles and investment behaviour”. In: DOSI, G. et al. (Eds.). **Technical change and economic theory**. London/New York: Pinter Publishers, 1988.

GARAU, Giorgio; LECCA, Patrizio. **Impact analysis of regional knowledge subsidy: a CGE approach**. 2008.

GHOSH, Madanmohan. R&D policies and endogenous growth: a dynamic general equilibrium analysis of the case for Canada. **Review of development economics**, v. 11, n. 1, p. 187-203, 2007.

GOULDER, Lawrence H.; SCHNEIDER, Stephen H. Induced technological change and the attractiveness of CO 2 abatement policies. **Resource and energy economics**, v. 21, n. 3, p. 211-253, 1999.

GRIFFITH, Rachel. How important is business R&D for economic growth and should the government subsidise it? 2000. Disponível em: <http://discovery.ucl.ac.uk/14922/1/14922.pdf>. Acessado em 17/01/2017.

GRILICHES, Zvi. **The search for R&D spillovers**. National Bureau of Economic Research, 1991.

GROSSMAN, Gene; HELPMAN, Elhanan. **Innovation and Growth in the Global Economy** Cambridge. **Mass. and London**, 1991.

HADDAD, Eduardo Amaral; DOMINGUES, Edson P. EFES - Um modelo aplicado de equilíbrio geral para a economia brasileira: projeções setoriais para 1999-2004. **Estudos Econômicos** (São Paulo), v. 31, n. 1, p. 89-125, 2001.

HADDAD, E. A. **Retornos Crescentes, Custos de Transporte e Crescimento Regional**. 2004. 207 f. Tese (Livre-Docência em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA/ USP), São Paulo, 2004.

HALL, Bronwyn H. The stock market's valuation of R&D investment during the 1980's. **The American Economic Review**, v. 83, n. 2, p. 259-264, 1993.

HASEGAWA, Marcos Minoru. **Políticas públicas na economia brasileira: uma aplicação do modelo MIBRA, um modelo inter-regional aplicado de equilíbrio geral**. 2003. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo.

HONG, Jin *et al.* Do government grants promote innovation efficiency in China's high-tech industries?. **Technovation**, v. 57, p. 4-13, 2016.

HORRIDGE, Mark, PARMENTER, Brian R. and PEARSON, Ken R.. **ORANI-G: A general equilibrium model of the Australian economy**. Centre of Policy Studies and Impact Project, Monash University, Australia, 2000.

HORRIDGE, Mark. **ORANI-G: A generic single-country computable general equilibrium model**. Centre of Policy Studies and Impact Project, Monash University, Australia, 2006.

HORTA, Guilherme Tinoco de Lima; GIAMBIAGI, Fabio. **Perspectivas DEPEC 2018: o crescimento da economia brasileira 2018-2023**. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de Orçamento das Famílias (POF 2003-2004)**. IBGE, 2004.

\_\_\_\_\_. **“Nota Metodológica do SCN Referência 2010 nº 13: Formação Bruta de Capital Fixo”**. Disponível em [http://ftp.ibge.gov.br/Contas\\_Nacionais/Sistema\\_de\\_Contas\\_Nacionais/](http://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Sistema_de_Contas_Nacionais/)

Notas\_Metodologicas\_2010/13\_formacao\_bruta\_capital\_fixo.pdf>. IBGE, 2015a. Acessado em 27/03/2018.

\_\_\_\_\_  
**“Nota Metodológica do SCN Referência 2010 nº 16: Pesquisa e Desenvolvimento”**. Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas\_Nacionais/Sistema\_de\_Contas\_Nacionais/Notas\_Metodologicas\_2010/16\_pesquisa\_e\_desenvolvimento.pdf>. IBGE, 2015b. Acessado em 27/03/2018.

\_\_\_\_\_  
**“Nota Metodológica do SCN Referência 2010 nº 20: Consumo Intermediário”**. Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas\_Nacionais/Sistema\_de\_Contas\_Nacionais/Notas\_Metodologicas\_2010/20\_consumo\_intermediario.pdf >. IBGE, 2015c. Acessado em 27/03/2018.

JAFFE A. B.; TRAJTENBERG, M.; HENDERSON. R. Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. **Quarterly Journal of Economics**, v. 108, n. 3, p.577-598, 1993.

JAIN, Anil K.; DUBES, Richard C. **Algorithms for clustering data**. Prentice-Hall, Inc., 1988.

JAUMOTTE, Florence; PAIN, Nigel. **An overview of public policies to support innovation**. Nº 456, OECD Publishing, 2005.

KANNEBLEY JUNIOR, Sergio; PORTO, Geciane. **Incentivos Fiscais à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação no Brasil**. Technical Report 2012.

KANNEBLEY JUNIOR, Sérgio; SHIMADA, Edson; DE NEGRI, Fernanda. Efetividade da Lei do Bem no estímulo aos dispêndios em P&D: uma análise com dados em painel. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.46, nº3. Brasília. 2016.

KAUFMAN, L; ROUSSEEUW, Peter J. **Finding Groups in Data**. Wiley Online Library, 1990.

KŘÍSTKOVÁ, Zuzana. Impact of R&D investment on economic growth of the Czech Republic-a recursively dynamic CGE Approach. **Prague economic papers**, v. 21, n. 4, 2012.

LARA, F. M. **Análise da conjuntura econômica brasileira em 2015-2018 e perspectivas para 2019-2022**. Textos Para Discussão TE/RS Nº 15. 2018. Disponível em:

LOS, Bart; VERSPAGEN, Bart. R&D spillovers and productivity: evidence from US manufacturing microdata. **Empirical economics**, v. 25, n. 1, p. 127-148, 2000.

LUCAS, Robert E. On the mechanics of economic development. **Journal of monetary economics**, v. 22, n. 1, p. 3-42, 1988.

LUNDVALL, Bengt-Åke; BORRÁS, Susana. **Science, technology, and innovation policy**. In: Oxford handbook of innovation. Oxford University Press, 2005.

MAGALHÃES, A. S. **Economia de baixo carbono no Brasil: Alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa**. 290 f. 2013. Tese de Doutorado.

(Tese de Doutorado) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013.

MARQUES, F. Ciclo interrompido. **Revista Pesquisa** (FAPESP). 2019. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2019/01/10/ciclo-interrompido/>. Acessado em: 16/01/2019.

MATIAS-PEREIRA, José; KRUGLIANSKAS, Isak. Gestão de inovação: a lei de inovação tecnológica como ferramenta de apoio as políticas industrial e tecnológica do Brasil. **RAE Eletrônica**, v. 4, n. 2, 2005.

MAZZUCATO, Mariana. **O Estado Empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. Editora Portfolio-Penguin, São Paulo, 2014.

MCTI. **Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional-Plano de Ação 2007-2010**. Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília, novembro de, 2007.

MENEZES FILHO, Naércio *et al.* **Políticas de Inovação no Brasil**. Policy Paper, n. 11, 2014.

METCALFE, J. Stanley. Evolutionary economics and technology policy. **The economic journal**, v. 104, n. 425, p. 931-944, 1994.

MIGUEZ, Thiago de Holanda Lima. **Evolução Da Formação Bruta De Capital Fixo Na Economia Brasileira 2000-2013**. 155f. Tese (Doutorado). - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Economia da Indústria e Tecnologia, 2016.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Recursos Aplicados – Governo Federal**. Brasília, 2018. Disponível em [http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos\\_aplicados/governo\\_federal/2\\_2\\_7.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos_aplicados/governo_federal/2_2_7.html). Acessado em 29/11/2018.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Manual de Orientação da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS): ano base 2016**. Brasília, 2016.

MONTENEGRO, R. L. G. *et al.* **Pesquisa e desenvolvimento, estrutura produtiva e efeitos econômicos: avaliando o papel do financiamento público na economia brasileira (2011-2020)**. ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia, 2018.

MORAIS, José Mauro de. Uma avaliação de programas de apoio financeiro à inovação tecnológica com base nos Fundos Setoriais e na Lei de Inovação. **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**. Brasília: Ipea, p. 68-105, 2008.

NADIRI, M. Ishaq; PRUCHA, Ingmar R. Estimation of the depreciation rate of physical and R&D capital in the US total manufacturing sector. **Economic Inquiry**, v. 34, n. 1, p. 43-56, 1996.

NAGAOKA, Sadao; MOTOHASHI, Kazuyuki; GOTO, Akira. **Patent statistics as an innovation indicator**. Handbook of the Economics of Innovation, v. 2, p. 1083-1127, 2010.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OECD). Oslo Manual. **Guideliness for collecting and interpreting innovation data**. 3rd ed. Paris: OECD, 2005.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OECD). **Classification of manufacturing industries into categories based on R&D intensities**. Disponível em: <https://www.oecd.org/sti/ind/48350231.pdf>. Acessado em: 09/12/2018.

PACHECO, C. A. **As reformas da política nacional de ciência, tecnologia e inovação no Brasil (1999-2002)**. Documento preparado para a Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Campinas, Brasil, 2003.

PACHECO, C. A. **O sistema de C&T e inovação no Brasil: marcos institucionais, mecanismos de gestão e tomada de decisão**. Brasília: CGEE, 2008.

PACHECO, C. A. A criação dos Fundos Setoriais de ciência e tecnologia. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 6, n. 1, p. 191-223, jan./jun. 2007.

PACHECO, C. A. O financiamento do gasto em P&D do setor privado no Brasil e o perfil dos incentivos governamentais para P&D. **Revista USP**, n. 89, p. 256-276, 2011.

PAIM, Bruno; LARA, Fernando Maccari. Crédito e gasto privado no Brasil: da recessão à lenta recuperação. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 45, n. 3, p. 9-20, 2018.

PAVITT, Keith. **Innovation processes**. In: J. Fagerberg, D. Mowery, R. Nelson (Eds.), *Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford, 2005.

PEROBELLI, F. S. **Análise das Interações Econômicas entre os Estados Brasileiros**. 2004. 250 f. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA/ USP), São Paulo, 2004.

PINTEC. **Pesquisa de Inovação: 2014**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

PIO, João Gabriel. **Impactos dos Gasto em P&D em Pesquisa e Desenvolvimento sobre a Economia Brasileira: uma abordagem EGC**. 2016. 133 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2016.

POSSAS, Mário Luiz. **Competitividade: fatores sistêmicos e política industrial: implicações para o Brasil. Estratégias empresariais na indústria brasileira: discutindo mudanças**. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 1996.

POSSAS, Mário Luiz. Ciência, tecnologia e desenvolvimento: referências para debate. **Brasil em desenvolvimento**, v. 1, p. 319-335, 2003.

RAUEN, Cristiane Vianna. **O Novo marco legal da inovação no Brasil: o que muda na relação ICT-empresa?**. Repositório IPEA. 2016.

ROMER, P. **Human capital and growth: theory and evidence**. In: *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*. North-Holland, 251-286, 1990.

SALERNO, Mario Sergio. A política industrial, tecnológica e de comércio exterior do governo federal. **Parcerias Estratégicas**, v. 9, n. 19, p. 13-36, 2010.

SALERNO, M. S.; KUBOTA, L. C. **Estado e inovação. Políticas de incentivo à inovação tecnológica**. Brasília: Ipea, p. 13-64, 2008.

SEBRAE/ DIEESE. **Anuário do trabalho na micro e pequena empresa: 2013**. 6. ed. / Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas; Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos– Brasília, DF; DIEESE, 2013. Disponível em:[http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anuario%20do%20Trabalho%20Na%20Micro%20e%20Pequena%20Empresa\\_2013.pdf](http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anuario%20do%20Trabalho%20Na%20Micro%20e%20Pequena%20Empresa_2013.pdf) . Acessado em 21/07/2017.

SMITH, Keith. Innovation as a systemic phenomenon: rethinking the role of policy. **Enterprise and innovation management studies**, v. 1, n. 1, p. 73-102, 2000a.

SMITH, Keith. **What is the 'knowledge economy'? Knowledge-intensive industries and distributed knowledge bases**. AEGIS, University of Western Sydney, 2000b.

SNA 2008 (2009). **SNA 2008 - System of National Accounts 2008**. European Communities, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, United Nations and World Bank.

SOUZA, K. B.; DOMINGUES, E. P. Mudanças no mercado de serviços domésticos: uma análise da evolução dos salários no período 2006-2011. **Economia Aplicada**, v. 18, n. 2, p. 319-346, 2014.

SOUZA, Kênia Barreiro de. **Impactos econômicos da participação da mulher no mercado de trabalho brasileiro: uma análise de equilíbrio geral**. Belo Horizonte: UFMG, 2015. Tese (Doutorado em Economia) - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR), Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SOUZA, K. B.; CARDOSO, D. F.; DOMINGUES, E. P. Medidas recentes de desoneração tributária no Brasil: uma análise de equilíbrio geral computável. **Revista Brasileira de Economia**, v. 70, n. 1, p. 99-125, 2016.

STONEMAN, P. The use of a levy/grant system as an alternative to tax based incentives to R&D. **Research Policy**, vol. 20, pp. 195-201, 1991.

TOURINHO, O. A. F; KUME, H.; PEDROSO, A. C. S. Elasticidades de Armington para o Brasil: 1986-2002. **Revista Brasileira de Economia**. v. 61 n.2, Rio de Janeiro, Abril./Junho 2007.

VELHO, Léa. Conceitos de ciência e a política científica, tecnológica e de inovação. **Sociologias**, 2011.

VIOTTI, Eduardo Baumgratz. Brasil: de política de C&T para política de inovação? Evolução e desafios das políticas brasileiras de ciência, tecnologia e inovação. **Avaliação de Políticas**, p. 137, 2008.

VISSER, Sabine. **R&D in Worldscan**. CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis, 2007.

ZAWALIŃSKA, K.; TRAN, N.; PŁOSZAJ, A. **Planning R&D in a Post Centrally-Planned Economy: Assessing the Macroeconomic Effects in Poland**. Centre for Policy Studies, Victoria University. 2016.

ZÜRN, Marcel *et al.* R&D investment and knowledge input in a technology oriented CGE model. In: **EcoMod Conference on Energy and Environmental Modelling**, Moscow. 2007.



WOLFF, Edward N. Spillovers, linkages and technical change. **Economic Systems Research**, v. 9, n. 1, p. 9-23, 1997.

YEO, Yeongjun *et al.* **Study on the effect of innovation on employment structure and economic growth: A computable general equilibrium approach.** EcoMod, 2016.

## APÊNDICE A – Compatibilização entre produtos e setores do modelo EGC

Sigla BIM-KC	CÓDIGO CNAE	CÓDIGO SCN 67	DESCRIÇÃO SCN 67
AgricultOut	1113	191	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita
Pecuria	1512	192	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária
FlorPescAq	2101	280	Produção florestal; pesca e aquicultura
CarvaoMNMet	5003	580	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos
PetrolGas	6000	680	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio
MinerioFerr	7103	791	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração
MMNFerro	7219	792	Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos
AbateCarne	10112	1091	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca
RefAcucar	10716	1092	Fabricação e refino de açúcar
OtPAiment	1351	1093	Outros produtos alimentares
Bebidas	10953	1100	Fabricação de bebidas
PFumo	12107	1200	Fabricação de produtos do fumo
PTexteis	13111	1300	Fabricação de produtos têxteis
AVestuario	14118	1400	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios
CalcCouro	15106	1500	Fabricação de calçados e de artefatos de couro
PdMadeira	16102	1600	Fabricação de produtos da madeira
CelulPapel	17109	1700	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
ImpressRep	18113	1800	Impressão e reprodução de gravações
RfPetro	19101	1991	Refino de petróleo e coquerias
Biocomb	19314	1992	Fabricação de biocombustíveis
PQuimicos	19322	2091	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros
DefAgric	20517	2092	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos
Perfuma	20614	2093	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal
Farmac	21106	2100	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
BorraPlast	22111	2200	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
PMNMeta	23117	2300	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos
FacoDeriv	24113	2491	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura
MetNFerros	24415	2492	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais
PMetal	25110	2500	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
EscInformat	18300	2600	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
MqEletrico	26329	2700	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos
MaqEquip	25501	2800	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos
AutomUtil	29107	2991	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças
PecVeicAut	29301	2992	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
OtEqTransp	30121	3000	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores
IndDiversas	31012	3180	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas
ManRepMqEq	33112	3300	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
EletriGasUt	35115	3500	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades
AguaEsgosto	38114	3680	Água, esgoto e gestão de resíduos
Construcao	41204	4180	Construção
Comercio	20916	4580	Comércio por atacado e varejo
Terrestre	49116	4900	Transporte terrestre
Aquaviario	50114	5000	Transporte aquaviário
Aereo	51111	5100	Transporte aéreo
ArmAuxTr	52117	5280	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio
AlojHoteis	55108	5500	Alojamento
ServAlim	56112	5600	Alimentação
EdicaoImp	58123	5800	Edição e edição integrada à impressão
TvRadioCine	59111	5980	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem
Telecom	60225	6100	Telecomunicações
DenSistema	62091	6280	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
InFinanSeg	64107	6480	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar
AlugImobi	41107	6800	Atividades imobiliárias
JuridCont	62040	6980	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas
ArquitEngen	43304	7180	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D
OtAtTecnCien	73114	7380	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas
AlugueisNlmo	77217	7700	Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual
OtAdmin	62015	7880	Outras atividades administrativas e serviços complementares
VigSegur	84221	8000	Atividades de vigilância, segurança e investigação
AdmPubSegS	84116	8400	Administração pública, defesa e seguridade social
EducPublic	8511	8591	Educação pública
EducPriv	85112	8592	Educação privada
SaudePublic	8610	8691	Saúde pública
SaudePriv	86101	8692	Saúde privada
ArtesCultE	63917	9080	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos
OrgAssocia	75001	9480	Organizações associativas e outros serviços pessoais
SvDomestic	97005	9700	Serviços domésticos

Fonte: Elaborado pela autora

## ANEXO A – Lista de setores do modelo

Setor	Descrição
AgricultOut	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita
Pecuria	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária
FlorPescAq	Produção florestal; pesca e aquicultura
CarvaoMNMet	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos
PetroIGas	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio
MinerioFerr	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração
MMNFerro	Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos
AbateCarne	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca
RefAcucar	Fabricação e refino de açúcar
OtPALiment	Outros produtos alimentares
Bebidas	Fabricação de bebidas
PFumo	Fabricação de produtos do fumo
PTexteis	Fabricação de produtos têxteis
AVestuario	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios
CalcCouro	Fabricação de calçados e de artefatos de couro
PdMadeira	Fabricação de produtos da madeira
CelulPapel	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
ImpressRep	Impressão e reprodução de gravações
RfIPetrol	Refino de petróleo e coquerias
Biocomb	Fabricação de biocombustíveis
PQuimicos	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros
DefAgric	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos
Perfuma	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal
Farmac	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
BorraPlast	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
PMNMeta	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos
FACOderiv	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura
MetNFerros	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais
PMetal	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
EscInformat	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
MqEletrico	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos
MaqEquip	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos
AutomUtil	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças
PecVeicAut	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
OtEqTransp	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores
IndDiversas	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas
ManRepMqEq	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
EletriGasUt	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades
AguaEsgosto	Água, esgoto e gestão de resíduos
Construcao	Construção
Comercio	Comércio
Terrestre	Transporte terrestre
Aquaviario	Transporte aquaviário
Aereo	Transporte aéreo
ArmAuxTr	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio
AlojHoteis	Alojamento
ServAlim	Alimentação
EdicaoImp	Edição e edição integrada à impressão
TvRadioCine	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem
Telecom	Telecomunicações
DenSistema	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
InFinanSeg	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar
AlugImobi	Atividades imobiliárias
JuridCont	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas
ArquitEngen	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D
OtAtTecnCien	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas
AlugueisNlmo	Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual
OtAdmin	Outras atividades administrativas e serviços complementares
VigSegur	Atividades de vigilância, segurança e investigação
AdmPubSegS	Administração pública, defesa e seguridade social
EducPublic	Educação pública
EducPriv	Educação privada
SaudePublic	Saúde pública
SaudePriv	Saúde privada
ArtesCultE	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos
OrgAssocia	Organizações associativas e outros serviços pessoais
SvDomestic	Serviços domésticos

## ANEXO B – Lista de produtos do modelo

Produto	DESCRIÇÃO SCN 127	Produto	DESCRIÇÃO SCN 127
ArrozTrig	Arroz, trigo e outros cereais	Cimento	Cimento
Milho	Milho em grão	ArtCimGesso	Artefatos de cimento, gesso e semelhantes
Algodao	Algodão herbáceo, outras fibras da lav. temporária	VidrosNmet	Vidros, cerâmicos e outros prod. de minerais não-metálicos
CanaAcu	Cana-de-açúcar	FerroGusa	Ferro-gusa e ferroligas
Soja	Soja em grão	SemiAcAco	Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço
OtLavoTp	Outros produtos e serviços da lavoura temporária	MetaluMnF	Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos
Laranja	Laranja	FunAcoMnF	Peças fundidas de aço e de metais não ferrosos
Caf	Café em grão	PdMetal	Produtos de metal, excl. máquinas e equipamentos
OtLavoPr	Outros produtos da lavoura permanente	CompEletron	Componentes eletrônicos
Bovinos	Bovinos e outros animais vivos, prods. animal, caça e serv.	InformaEscre	Máquinas para escritório e equip. de informática
Leite	Leite de vaca e de outros animais	EletronComun	Material eletrônico e equip. de comunicações
Suinos	Suínos	EqMedOptic	Equip. de medida, teste e controle, ópticos e eletromédicos
AvesOv	Aves e ovos	MqApEletrico	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos
PrExploF	Produtos da exploração florestal e da silvicultura	Eletrodomest	Eletrodomésticos
PescaAq	Pesca e aqüicultura (peixe, crustáceos e moluscos)	Tratores	Tratores e outras máquinas agrícolas
CarvaoMin	Carvão mineral	MqExtrMCon	Máquinas para a extração mineral e a construção
Mnmetalic	Minerais não-metálicos	OtMqEqMeca	Outras máquinas e equipamentos mecânicos
PetrolGas	Petróleo, gás natural e serviços de apoio	AutomUtil	Automóveis, camionetas e utilitários
MinFerro	Minério de ferro	CaminhoesOni	Caminhões e ônibus, incl. cabines, carrocerias e reboques
Mnferro	Minerais metálicos não-ferrosos	PecVeicAut	Peças e acessórios para veículos automotores
CarneBov	Carne de bovinos e outros prod. de carne	Aeronaves	Aeronaves, embarcações e outros equipamentos de transporte
CarneSuin	Carne de suíno	Moveis	Móveis
CarneAves	Carne de aves	IndDiversas	Produtos de indústrias diversas
PescInd	Pescado industrializado	ManRepMqEq	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
LeiteResf	Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado	EletriGasUt	Eletricidade, gás e outras utilidades
OutLatic	Outros produtos do laticínio	AguaEsgRes	Água, esgoto, reciclagem e gestão de resíduos
Acucar	Açúcar	Edificacoes	Edificações
ConFrutas	Conservas de frutas, legumes, outros vegetais e sucos de frutas	ObInfraEstru	Obras de infra-estrutura
OleoVegAn	Óleos e gorduras vegetais e animais	ServConstr	Serviços especializados para construção
CafeBenef	Café beneficiado	Comercio	Comércio por atacado e varejo
ArrozBene	Arroz beneficiado e produtos derivados do arroz	TrTerr	Transporte terrestre
PdDTrigo	Produtos derivados do trigo, mandioca ou milho	TrTPas	Transporte de passageiros
RacoesAni	Rações balanceadas para animais	TAquav	Transporte aquaviário
OtPdAlim	Outros produtos alimentares	TAereo	Transporte aéreo
Bebidas	Bebidas	ArmAuxTr	Armazenamento e serviços auxiliares aos transportes
PdFumo	Produtos do fumo	Correios	Correio e outros serviços de entrega
PTexteis	Fios e fibras têxteis beneficiadas	AlojHotels	Serviços de alojamento em hotéis e similares
Tecidos	Tecidos	ServAlim	Serviços de alimentação
ArTexteis	Art. têxteis de uso doméstico e outros têxteis	LivroJorn	Livros, jornais e revistas
AVestuario	Artigos do vestuário e acessórios	RadCineMusic	Serviços cinematográficos, música, rádio e televisão
CalcCouro	Calçados e artefatos de couro	TelecomTv	Telecomunicações, TV por assinatura e outros serv. Relacionados
PdMadeira	Produtos de madeira, exclusive móveis	DenSistema	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
Celulose	Celulose	InFinancSegu	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar
Papel	Papel, papelão, embalagens e artefatos de papel	AlugImobi	Aluguel efetivo e serviços imobiliários
Impressao	Serviços de impressão e reprodução	AlugImput	Aluguel imputado
CombAviac	Combustíveis para aviação	JuridCont	Serviços jurídicos, contabilidade e consultoria
Gasoolcool	Gasoolcool	PesqDes	Pesquisa e desenvolvimento
NaftasPetr	Naftas para petroquímica	ArquitEngen	Serviços de arquitetura e engenharia
OleoCombust	Óleo combustível	Publicidade	Publicidade e outros serviços técnicos
DieselBio	Diesel - biodiesel	AlugNimo	Aluguéis não-imob. e gestão de ativos de propriedade intelectual
ORfPetroleo	Outros produtos do refino do petróleo	CondoEdific	Condomínios e serviços para edifícios
EtanolComb	Etanol e outros biocombustíveis	OtServAdm	Outros serviços administrativos
QuimInorg	Produtos químicos inorgânicos	VigSegur	Serviços de vigilância, segurança e investigação
AubosFer	Aubos e fertilizantes	AdmPublica	Serviços coletivos da administração pública
QuimOrgani	Produtos químicos orgânicos	PrevAsSocial	Serviços de previdência e assistência social
ResinasFib	Resinas,elastômeros e fibras artif. e sintéticas	EducPublic	Educação pública
DefAgrico	Defensivos agrícolas e desinfestantes domissanitários	EducPriv	Educação privada
QuimicDiv	Produtos químicos diversos	SaudePublic	Saúde pública
TintasVer	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	SaudePriv	Saúde privada
PerfumLimp	Perfumaria, sabões e artigos de limpeza	ArtesCultE	Serviços de artes, cultura, esporte e recreação
Farmac	Produtos farmacêuticos	OgPatrSind	Organizações patronais, sindicais e outros serviços associativos
ABorracha	Artigos de borracha	ManCompTele	Manutenção de computadores, telefones e objetos domésticos
APlastico	Artigos de plástico	SvPessoais	Serviços pessoais
		SvDomestic	Serviços domésticos