

# AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE SUBVENÇÃO ECONÔMICA A INOVAÇÃO: CARACTERÍSTICAS DAS EMPRESAS BENEFICIÁRIAS E IMPACTOS SETORIAIS<sup>1</sup>

Domitila Santos Bahia<sup>2</sup>  
Eduardo Gonçalves<sup>3</sup>  
Admir Antônio Betarelli Jr.<sup>4</sup>

**RESUMO:** A prática de incentivos fiscais e financeiros à inovação é comumente adotada por diversos países com objetivo de estimular o setor privado a ampliar seus esforços inovativos, visando o aumento da competitividade e a contribuição de maneira mais incisiva para o crescimento econômico local. Este trabalho propõe-se a caracterizar as empresas beneficiárias e investigar a efetividade de um dos instrumentos de políticas públicas de fomento à pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) no Brasil, a subvenção econômica à inovação. O objetivo deste trabalho é propor uma avaliação alternativa, testando por meio de um modelo de equilíbrio geral computável dinâmico, o quanto os setores produtivos da economia brasileira tem se beneficiado pela concessão das subvenções econômicas às atividades de inovação tecnológica nas empresas. Além disso, para caracterizar de maneira adequada esse grupo de empresas beneficiárias, serão empregadas técnicas de análise multivariada com a finalidade de capturar as configurações específicas que podem gerar um perfil comum das empresas-alvo das políticas públicas relacionadas neste trabalho.

**Palavras-chave:** Políticas de inovação, análise multivariada, equilíbrio geral computável dinâmico

**ABSTRACT:** The practice of fiscal and financial incentives for innovation is commonly adopted by a number of countries with the aim of stimulating the private sector to expand its innovative efforts to increase competitiveness and contribute more forcefully to local economic growth. This work proposes to characterize the beneficiary companies and investigate the effectiveness of one of the public policy instruments to foster research, development and innovation (P,D&I) in Brazil, the economic subsidy to innovation. The objective of this work is to propose an alternative evaluation, testing by means of a dynamic computable general equilibrium model, how much the productive sectors of the Brazilian economy have benefited by the concession of the economic subsidies to the activities of technological innovation in the companies. In addition, in order to adequately characterize this group of beneficiary companies, multivariate analysis techniques will be used to capture the specific configurations that can generate a common profile of the target companies of the public policies related in this work.

**Keywords:** Innovation policies, multivariate analysis, dynamic computable general equilibrium

**JEL Classification:** O38, C38, R59

**Área 9:** Economia Industrial e da Tecnologia

---

<sup>1</sup> Os autores agradecem ao apoio financeiro da FAPEMIG, CNPq e CAPES.

<sup>2</sup> Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Economia da UFJF. Contato: domitilabahia@gmail.com

<sup>3</sup> Professor Associado do Departamento de Economia da UFJF. Contato: eduardo.goncalves@ufjf.edu.br

<sup>4</sup> Professor Adjunto do Departamento de Economia da UFJF. Contato: admir.betarelli@ufjf.edu.br

## 1. Introdução

As políticas públicas de fomento à inovação brasileiras 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 externa 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. Lucas (1988) enfatiza o papel das externalidades do capital humano, enquanto Romer (1990), Grossman e Helpman (1991) e Aghion e Howitt (1992) 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).

O marco legal da inovação do Brasil 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).

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, instituídos no marco legal acima mencionado. 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.

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. Assim, questiona-se sua adequada utilização e seus resultados, sendo pertinente a análise de sua operação.

Ainda que o fenômeno da inovação induzida por políticas públicas tenha sido reconhecido no campo das ciências econômicas há muito tempo, incorporar esse fenômeno nos modelos de política tem sido dificultado por questões conceituais e computacionais. A contribuição metodológica a qual se propõe este trabalho é o desenvolvimento de um modelo de equilíbrio geral consistente que permita tal análise conjugada à aplicação de métodos de análise multivariada. Dessa maneira, para responder às dúvidas

levantadas, este trabalho apoiar-se-á metodologicamente na abordagem dos modelos de equilíbrio geral computável (EGC) dinâmico e também nas técnicas estatísticas de análise de clusters e de análise discriminante.

As técnicas de análise multivariada compõem uma seção de caracterização das empresas-alvo das políticas de inovação. Esta análise irá extrair informações a partir do amplo conjunto de variáveis que compõe a base de dados relativas às empresas que receberam recursos de subvenção econômica entre os anos de 2007 a 2013. A adoção da análise de *clusters* visa criar grupos de unidades similares a partir de características comuns entre as mesmas. De posse da formação dos grupos no recorte temporal entre 2007 e 2013, a análise discriminante será empregada com a finalidade de classificar novas empresas em períodos subsequentes, classificando-as entre os grupos previamente formados.

Com os resultados da análise discriminante, será possível observar a transição das empresas entre grupos formados a partir de características específicas entre os anos de 2007 e 2013. Essa transição entre grupos, revelada sob a perspectiva das empresas analisadas, indica que houve uma mudança de comportamento ao longo do tempo. Entretanto, devido às características metodológicas da análise discriminante, não é possível analisar os efeitos econômicos que podem ter contribuído para tais mudanças durante o período. Para contornar essa limitação, adota-se a análise de equilíbrio geral computável, que fora os objetivos peculiares da metodologia, possibilitarão a visualização da trajetória de mudança das variáveis macroeconômicas, acusando o desvio que pode haver em relação ao cenário de referência estipulado ao longo do período analisado.

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 taxa de progresso tecnológico. Assim, ao incorporar o elemento de P&D no modelo, é possibilitado o aumento do entendimento sobre o papel da geração de P&D sobre a economia.

Outra questão considerada 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. Entre as razões para adotar um modelo EGC dinâmico, cita-se a possibilidade de 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).

Embora a literatura empírica de avaliações de políticas públicas de incentivo à inovação (e.g. AVELLAR; ALVES, 2008; AVELLAR, 2009; COELHO; DE NEGRI, 2010; KANNEBLEY; PORTO, 2012; ARAÚJO *ET AL.*, 2012) tenha gerado resultados relevantes sobre a efetividade dos mecanismos utilizados, permanece o questionamento sobre os impactos sistêmicos na economia desse tipo de investimento público. Tal lacuna pode ser devida aos métodos econométricos frequentemente adotados que não conseguem capturar a dimensão de análise que se consegue com a abordagem de EGC. Com a adoção deste método de análise, conta-se com 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.

Além desta introdução, este trabalho está dividido em mais cinco seções e as considerações finais. Na próxima seção, discute-se os fundamentos do mecanismo legal de fomento à inovação por meio das subvenções econômicas. Na Seção 3, são citados os principais trabalhos empíricos que utilizam a metodologia de EGC para tratar os efeitos das políticas de inovação em alguns países e também alguns trabalhos com metodologias econométricas que tratam o assunto para o Brasil. Posteriormente, na Seção 4, são aplicados métodos estáticos de descrição de dados referentes às empresas beneficiárias do programa de subvenção à inovação no Brasil no período 2007-2013. Na Seção 4 também são apresentadas a base de dados, a descrição das variáveis e os resultados obtidos. Na Seção, a metodologia de EGC é apresentada juntamente com a calibragem do modelo adotado, o fechamento do cenário e a discussão dos resultados alcançados. Por fim, apresenta-se as considerações finais sobre os impactos da política de fomento à inovação sobre os indicadores econômicos.

## **2. Subvenções econômicas à inovação tecnológica**

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 (MCTI, 2007).

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).

Formalmente, o mecanismo de política de subvenção econômica é um tipo de subsídio governamental em que recursos públicos são destinados a empresas públicas ou privadas. É prevista e definida em lei específica (Lei 4.320/1964), 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 às despesas de custeio, não se confundindo, portanto, com investimento. Assim, o apoio financeiro à projetos de inovação por meio de subvenção econômica 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, 2012).

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.

Uma das justificativas para análise dos impactos causados por esse mecanismo 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.

A parcela do orçamento do projeto a ser subvencionada deve prever apenas despesas de custeio diretamente relacionados a P,D&I, 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 mesma. 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 incitam 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 deste trabalho.

## **3. Evidências da pesquisa empírica**

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).

Um modelo de EGC é adequado para cumprir os requisitos necessários sobre o instrumento da análise em relação às dimensões necessárias. Devido à abordagem analítica total, tais modelos são capacitados para a análise quantitativa das implicações da mudança tecnológica, especialmente para a análise de desenvolvimento, a descrição das mudanças tecnológicas nos modelos CGE 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 melhor 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 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 que 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 a acumulação de conhecimento gera um impacto muito mais forte no desenvolvimento econômico do que mudanças na alocação de conhecimento.

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. 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 de apresentarem uma capacidade de geração de *spillovers* bastante modesta.

No 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 calibrados 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. 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. 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 neste 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.

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 com 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, o que em parte é devido a flexibilidade da substituição entre investimentos físicos e em P&D.

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 estático 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.

#### **4. Métodos estatísticos de descrição de dados**

A fim de conhecer quais são as características comuns das empresas-alvo das políticas de inovação e tentar reconhecer padrões de agrupamentos entre as mesmas, no tocante às características dos trabalhadores e do projeto contemplado, emprega-se técnicas estatísticas de análise multivariada, que se constituem em procedimentos exploratórios úteis para o entendimento da natureza da relação entre as diversas variáveis que compõe a amostra.

De posse dos resultados dessas análises, pretende-se compreender se com o passar dos anos, as empresas beneficiárias dos recursos de subvenção econômica modificaram suas características estruturais no que se refere ao perfil de seus funcionários, ou seja, se as mesmas transitaram entre os grupos inicialmente formados após o recebimento da subvenção econômica.

Ao adotar a técnica de análise de *clusters*, alterna-se a utilização de métricas arbitrárias de classificação de grupos por técnicas que adotam informações do próprio conjunto de variáveis como fundamento de classificação. Dessa maneira, com essa técnica pretende-se criar grupos de unidades similares a partir das características latentes das variáveis selecionadas, encontrando e caracterizando grupos de empresas com vetores de variáveis aleatórias que apresentem associações entre os elementos, denotando características correlatas.

Também será empregada a técnica de análise discriminante para averiguar a taxa de erro de classificação dos grupos formados. A escolha metodológica se justifica pelo fato de que essa técnica trata-se de uma técnica probabilística de classificação. Além disso, cabe investigar se essa mesma sugestão para a formação de agrupamentos de empresas beneficiárias dos programas de subvenção econômica para a inovação manteve-se apropriada com o passar dos anos, propiciando a análise de transição entre grupos. Portanto, articulam-se as duas técnicas para agrupar e também discriminar e reclassificar os grupos, se for o caso, a partir das suas características individuais.

A análise de transição, possibilitada pela análise discriminante, contribui metodologicamente para a avaliação do mecanismo de concessão de subvenções econômicas à inovação. Isso porque indica que ao haver transição entre grupos devido às mudanças em suas características, as empresas podem estar respondendo aos estímulos gerados pelo apoio às atividades de P,D&I.

#### 4.1 Base de dados e descrição das variáveis

A base de dados utilizada para a caracterização das empresas beneficiárias do programa de subvenção econômica é formada por dados públicos acessados na Plataforma Aquarius, vinculada ao MCTI, e por dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) identificada, fornecidos pelo Ministério do Trabalho.

A amostra de análise é composta por 324 empresas, denominadas instituições proponentes na forma de pessoa jurídica, beneficiadas pelas subvenções econômicas dos Fundos Setoriais de inovação. As subvenções foram de fato concedidas às empresas da amostra após o ano de 2007, ano subsequente à entrada em vigor do marco legal do programa. Por essa razão, a análise inicia-se para o ano de 2007.

A escolha das variáveis deve-se ao objetivo de caracterizar as empresas beneficiárias dos programas de subvenção, analisando características que estão ligadas a um comportamento inovador e outras características que refletem as propriedades do mercado de trabalho. Como a análise é realizada entre dois períodos de tempo, houve a necessidade de trabalhar somente com as empresas que apresentaram regularidade da disponibilidade dos dados nos anos de 2007 e 2013. Por essa razão, o total de empresas analisadas é referente a firmas que entregaram os dados da RAIS nos dois anos, sendo excluídas aquelas que foram criadas a partir de 2007.

Feitas essas considerações, as variáveis construídas para a aplicação das técnicas de análise multivariada são apresentadas no Quadro 1. Além dessas variáveis relacionadas, a análise contará com as variáveis sobre os valores contratados pelas empresas junto à Finep e também sobre o número de pesquisadores técnicos envolvidos no projeto submetido.

**QUADRO 1 - Resumo das variáveis utilizadas para a aplicação de análise multivariada**

Variável	Descrição da variável	Aplicação	Fonte
Idade	Idade média dos funcionários da empresa	AC e AD	RAIS
Percentual feminino	Percentual de mulheres empregadas na empresa	AC e AD	RAIS
Remuneração média	Valor da remuneração média nominal dos funcionários	AC e AD	RAIS
Tempo	Tempo de emprego médio dos funcionários da empresa	AC e AD	RAIS
Horas contratadas	Quantidade média de horas contratadas dos funcionários	AC e AD	RAIS

*continua...*

Variável	Descrição da variável	Aplicação	Fonte
CBO2	Proporção de trabalhadores sob o código de ocupação “profissionais das ciências e artes” da empresa	AC e AD	RAIS
CBO3	Proporção de trabalhadores sob o código de ocupação “técnicos de ensino médio” da empresa	AC e AD	RAIS
CBO7	Proporção de trabalhadores sob o código de ocupação “trabalhadores da produção de bens e serviços industriais” da empresa	AC e AD	RAIS
Ensino superior	Proporção de trabalhadores com ensino superior	AC e AD	RAIS
Pós-graduação	Proporção de trabalhadores com pós-graduação	AC e AD	RAIS
Valor contratado	Valor do contrato de concessão da subvenção econômica	Caracterização	Plataforma Aquarius
Pesquisadores contratados	Número de pesquisadores técnicos contratados para o desenvolvimento do projeto	Caracterização	Plataforma Aquarius
Município	Município o qual está localizada a empresa contratante	Caracterização	RAIS
Tamanho das empresas	Tamanho das empresas de acordo com o número de funcionários registrados	Caracterização	RAIS
Sector CNAE	Sector produtivo das empresas contratantes segundo o código CNAE 2.0	Caracterização	RAIS

Fonte: Elaboração dos autores.

Nota: AC = Análise de *Clusters*, AD = Análise Discriminante

#### 4.2 Aplicação e resultados da análise multivariada

A técnica de análise de clusters adotada neste trabalho é uma combinação chamada análise de *clusters* em dois estágios, que consiste basicamente em executar um procedimento de agrupamento hierárquico, neste caso por meio de ligações médias e pelo método de Ward, e, posteriormente, executar o procedimento não hierárquico, por meio do método *k-means*. O primeiro estágio tem a finalidade de indicar, baseando-se nos critérios estatísticos e gráficos<sup>5</sup>, qual seria a partição final ideal de grupos de empresas, enquanto o segundo estágio, ao utilizar a partição indicada no primeiro estágio, realiza efetivamente a separação dos grupos.

Destarte, foram definidos os quatro grupos mediante os métodos hierárquicos e foi aplicado o método não hierárquico de *k-means*. Esse método é uma técnica de partição que fornece indicações mais precisas sobre o número de clusters que devem ser formados. Dessa maneira, a partição final e a distribuição dos elementos em cada grupo se encerra no segundo estágio do procedimento.

Posteriormente à classificação das empresas nos seus respectivos grupos, executou-se a análise discriminante para examinar a taxa de erro aparente da partição final gerada pela análise de clusters, tanto para o ano de 2007, quanto para o ano de 2013.

Para a análise da discriminação dos grupos foi aplicado o método de Lachenbruch. Este procedimento tem a finalidade de retirar o possível viés de sobrevalorização das probabilidades pelo método de classificação. Tal função é utilizada para classificar a observação retirada, ou seja, se de fato a observação foi classificada corretamente em determinado grupo. As classificações geradas por este procedimento, para 2007, podem ser observadas na Tabela 1.

Observando os resultados das classificações, percebe-se que as classificações não são bem distribuídas entre os grupos, concentrando-se nos grupos 1, 2 e 4. Ainda assim, recorda-se que o principal motivo para o uso da análise discriminante para o ano de 2007 é o de verificar a taxa de erro de classificação da partição gerada pela análise de clusters.

<sup>5</sup> Teste de Calinski-Harabaz e de Duda-Hart e dendograma, respectivamente.



**TABELA 1 – Método de classificação de Lachenbruch para o ano de 2007**

Grupos	1	2	3	4	Total
1	111 (90,24%)	2 (1,63%)	0 (0,00%)	10 (8,13%)	123 (100%)
2	1 (2,63%)	37 (97,37%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	38 (100%)
3	0 (0,00%)	0 (0,00%)	4 (100%)	0 (0,00%)	4 (100%)
4	9 (5,66%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	150 (94,34%)	159 (100%)
Total	121 (37,35%)	39 (12,04%)	4 (1,23%)	160 (49,38%)	324 (100%)

Fonte: Elaboração dos autores com base nos resultados obtidos com o software Stata 12.0

Nota: Os valores entre parênteses são as probabilidades de classificações corretas. Os resultados foram alcançados considerando-se probabilidades prévias (*priors*) iguais.

Feitas essas considerações sobre as características dos agrupamentos para o ano de 2007, o próximo passo é a análise de transição das empresas entre os *clusters* no ano de 2013. Assim como em 2007, utilizam-se regras de classificação a partir de funções discriminantes lineares (canônicas), avaliando a necessidade de reclassificação das empresas, observando a taxa de classificação incorreta.

Aplicando-se o mesmo critério de partição dos *clusters* utilizado no ano-base de 2007 para o ano de 2013, pode-se perceber que a configuração entre os grupos se alterou de modo significativo, aumentando a taxa de erro de classificação. Os resultados da Tabela 2 mostram os erros de classificação em cada grupo.

**TABELA 2- Método de classificação de Lachenbruch para o ano de 2013**

Grupos	1	2	3	4	Total
1	57 (46,34%)	21 (17,07%)	0 (0,00%)	45 (36,59%)	123 (100%)
2	14 (36,84%)	20 (52,63%)	1 (2,63%)	3 (7,89%)	38 (100%)
3	0 (0,00%)	0 (0,00%)	4 (100%)	0 (0,00%)	4 (100%)
4	38 (23,90%)	6 (3,77%)	0 (0%)	115 (72,33%)	159 (100%)
Total	109 (33,64%)	47 (14,51%)	5 (1,54%)	163 (50,31%)	324 (100%)

Fonte: Elaboração dos autores com base nos resultados obtidos com o software Stata 12.0

Ressalta-se que a classificação das empresas nos quatro grupos com a matriz de informação de 2013 indica uma taxa de erro total de 32,17%. Por essa razão, foram realizadas reclassificações para que a taxa de erro estimada diminuísse. A partição final para o ano 2013 tem taxa de erro estimada em 25,90% e são efetivamente reposicionadas 27 empresas.

Ao observar a transição entre os *clusters*, nota-se claramente dois movimentos distintos: o primeiro é a transição de empresas com características similares entre os *clusters* 1 e 4 e o segundo é a transição de empresas dos *clusters* 1 e 4 para o *cluster* 2.

Como a transição para o *cluster* 2 foi a maior, os motivos pelos quais as empresas deixaram seus grupos de origem foram melhor observados. Das quinze empresas que foram para o *cluster* 2, todas tem porcentagem de funcionários com ensino superior muito acima das médias de seus grupos de origem em 2007. A média de remuneração das empresas que fizeram a transição para o *cluster* 2 apresenta valor muito acima da remuneração médias dos *clusters* 1 e 4, nos quais tais empresas foram originalmente classificadas em 2007. Analisando por setor produtivo, dois terços das empresas que fizeram a transição para o *cluster* 2 são classificadas como sendo do setor de atividades dos serviços de tecnologia da informação.

Todas as 27 empresas que fizeram a transição entre grupos apresentaram valores do contrato de subvenção econômica menores do que as médias dos grupos, mostrando que a transição das empresas entre *clusters* não foi devida a essa variável.

Uma das características que separam as empresas em grupos distintos é a proporção de funcionários com ensino superior. A mão-de-obra especializada é um insumo de relevância reconhecida pela literatura por ser um dos determinantes do incremento das taxas de inovação das empresas. As outras características

dos grupos estão intimamente relacionadas à presença de funcionários com ensino superior nas empresas, como no caso da remuneração média, que é uma variável que se altera significativamente de um grupo para outro e está proporcionalmente relacionada com o nível de escolaridade dos funcionários. As variáveis sobre as ocupações laborais mais frequentes nas empresas analisadas também refletem a proporção em que a mão-de-obra com ensino superior completo é demandada pelas empresas. Assim como a idade média dos funcionários.

A observação da variável de participação feminina na composição dos funcionários das empresas analisadas traz um resultado que é tema de vasta literatura empírica. O *cluster* que apresenta a maior proporção de funcionárias é o *cluster* com a menor remuneração média e com a menor proporção de funcionários com ensino superior. Esse resultado indica que pode haver diferenciação salarial e precarização dos postos de trabalho segundo gênero. A discussão sobre tal resultado não faz parte do escopo desta pesquisa, mas os resultados apontam para tal conclusão.

Do ano de 2007 para o ano de 2013, 27 empresas fizeram a transição entre grupos de forma bastante definida. Empresas com mão-de-obra mais qualificada concentraram-se em setores diversos que não a indústria de transformação enquanto que empresas com maior parcela de emprego em ocupações industriais mantiveram-se agrupadas. Os resultados da análise de *clusters* conseguiu distingui-las principalmente de acordo com o nível educacional de seus funcionários e dos salários pagos. A composição setorial dos agrupamentos também revelou um padrão de empresas inovadoras, mostrando que há concentração nos setores de indústria de transformação e das atividades e serviços da tecnologia de informação.

Por sua vez, a análise discriminante gerou resultados que levaram a observação da transição das empresas entre os agrupamentos formados. Percebeu-se pelos resultados que a transição ocorreu pela mudança no nível de formação dos funcionários. Com isso, as empresas aumentaram os salários médios e alteraram a composição das ocupações laborais.

Como já mencionado, este resultado da análise de transição pode constituir-se num resultado da concessão das subvenções a estas empresas. Recorda-se, entretanto, que esta é uma análise de caráter exploratório, sendo preciso uma estratégia adequada para que se estabeleçam quais seriam os elementos determinantes da busca pela inovação por parte das empresas.

Os resultados obtidos por meio da análise multivariada é parte integrante da busca pela avaliação das políticas públicas de fomento à inovação. A transição apresentada é observada a nível das empresas e não fornece nenhum tipo de indicação de mudanças macroeconômicas que podem estar relacionadas a estas alterações nos perfis das mesmas. Para completar tal motivação, na próxima seção serão apresentadas as simulações do modelo de equilíbrio geral computável. Assim, pretende-se analisar como a economia reage a concessão de estímulos à inovação em toda a sua potencialidade.

## 5. Arcabouço teórico e aplicação do modelo EGC

Em equilíbrio geral, a economia é vista como um sistema econômico inter-relacionado, no qual o equilíbrio deve ser atingido em todos os setores simultaneamente. Pretende-se com a aplicação dessa metodologia compreender e analisar, a nível macroeconômico, o impacto das políticas governamentais nos setores econômicos ao longo do período o qual foram concedidas as subvenções econômicas de fomento à inovação.

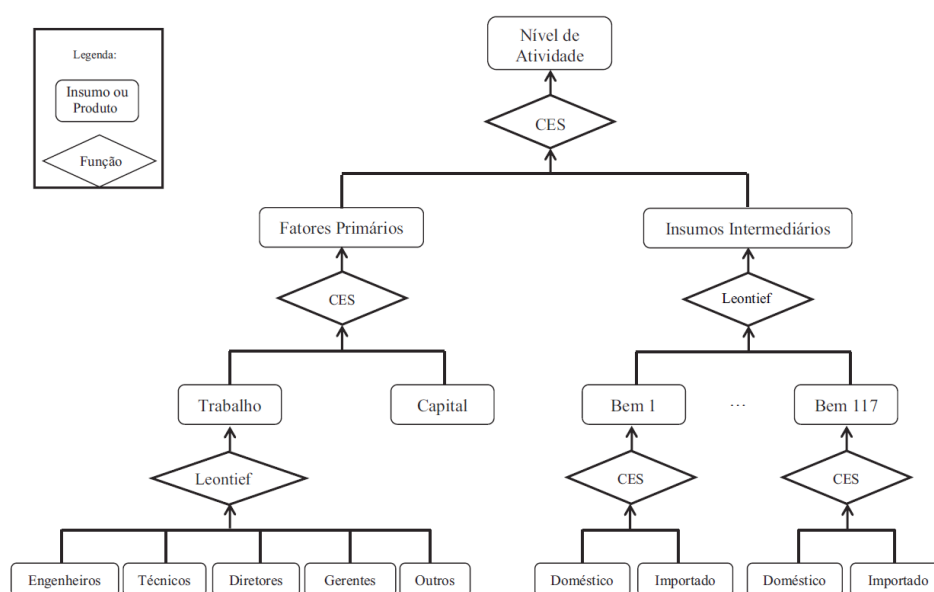
Dessa maneira, a utilização de modelos EGC possibilita a modelagem, em maior ou menor grau, da complexa interdependência entre instituições e os agentes que compõem a economia, abarcando questões pertinentes de políticas com vistas a aplicações em economias reais. A dimensão temporal nas soluções dos modelos de EGC foi incorporada a fim de se considerar a trajetória da economia para a análise de políticas de longo prazo (BETARELLI JUNIOR, 2013). Assim, 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 contra factuais. Por tal razão, são utilizados tanto para a análise de políticas públicas, quanto para a obtenção de cenários prospectivos.

O modelo adotado neste trabalho, é uma versão do modelo BRIGDE (DOMINGUES *et al.*, 2016), foi trabalhado para analisar os impactos da aplicação das políticas econômicas de fomento à inovação. Por se tratar de uma intervenção que pode afetar diversos setores da economia, parte-se da premissa de que os

modelos de equilíbrio geral são alternativas adequadas para o tratamento da questão. Isso porque uma política de fomento adotada pode apresentar efeitos relevantes sobre preços, quantidades e também sobre a estrutura do sistema econômico.

A configuração do modelo adotado tem como base o ano de 2005, de acordo com a classificação setorial e de produtos da matriz insumo-produto do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Dessa forma, o modelo é composto por 55 setores ( $j = 1, \dots, 55$ ), que produzem um ou mais dos 110 produtos ( $c = 1, \dots, 110$ ). Há especificação de cinco componentes da demanda final (consumo das famílias, consumo do governo, investimento, exportações e estoques), dois setores de margens (comércio e transportes), importações por produto para cada um dos 55 setores e um agregado de impostos sobre a produção. Além dessa especificação, o modelo ainda apresenta o fator trabalho desagregado em cinco ocupações (engenheiros, técnicos, gerentes, diretores e demais ocupações) e as famílias estão desagregadas por decil de renda, havendo dez tipos de famílias representativas ( $h = 10$ ).

**FIGURA 1 - Estrutura hierárquica da função de produção setorial no modelo**



Fonte: Domingues *et al.* (2016).

Para viabilizar o método de soluções recursivas, os modelos dinâmicos partem da hipótese de expectativas adaptativas (DIXON; RIMMER, 2002), de modo que a solução de cada período dependa do período corrente e dos períodos passados (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.

As condições econômicas correntes, tais como a disponibilidade de capital, são endogenamente dependentes dos períodos posteriores, mas permanecem não afetadas por expectativas geradas prospectivamente. Assim, o investimento e o estoque de capital seguem mecanismos de acumulação e de deslocamento intersetorial a partir de regras pré-determinadas, vinculadas à taxa de depreciação e taxas de retorno (MAGALHÃES, 2013).

Neste caso, a dinâmica recursiva é possibilitada pela inserção de três possíveis vínculos temporais: a acumulação de capital físico e investimento, a acumulação de passivos financeiros e o ajuste defasado no mercado de trabalho.

Como mecanismo intertemporal, a acumulação de capital físico 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.

No modelo adotado neste trabalho, o investimento e o estoque de capital seguem mecanismos de deslocamento intersetorial e de acumulação a partir de regras pré-estabelecidas, associadas a taxas esperadas de retorno e de depreciação do estoque de capital. Assim, setores com elevação na taxa esperada de retorno, calculada endogenamente, atraem investimento. Este investimento realizado no período  $t$  gera o estoque de capital no período  $t+1$  por meio de uma regra padrão de acumulação, a partir do estoque de capital inicial descontado da depreciação.

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.

Já o fechamento de política estabelece diferente *status* para variáveis endógenas e exógenas relativas ao cenário base da economia, além de compreender choques específicos para cada mercado de estudo, ou o escopo da análise, e que indicarão os desvios frente à tendência do cenário econômico elaborado, os quais serão detalhados em seção oportuna. Como exemplo do fechamento de política, é possível analisar os efeitos setoriais em relação à tendência econômica até 2030 das subvenções econômicas concedidas no período de 2007 a 2013 com base no que foi estipulado neste fechamento.

## 5.1 Calibragem

Geralmente, essa fase envolve a necessidade de obter-se uma grande quantidade de informações para o objetivo da pesquisa aplicada, seja em função da especificação teórica feita no modelo ou do grau de detalhamento que se busca obter.

A base de dados de um modelo EGC conta com dois tipos de informações: há informações relativas a uma matriz insumo-produto e informações complementares relativas ao problema de pesquisa. Assim como os modelos da família ORANI-RD, o modelo adotado neste trabalho requer previsões exógenas para as trajetórias futuras de mudança tecnológica, do emprego, dos preços dos importados e das posições das curvas de demanda por exportações. Tais previsões podem ser simples (taxas de crescimento uniformes) ou podem ser extraídas de previsões detalhadas feitas por várias agências governamentais e privadas.

As informações específicas que alimentam o modelo adotado são dados que detalham a concessão de subvenções econômicas. O propósito da obtenção desses dados é atender às especificações teóricas do modelo, 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 2007 e 2013, agregados por cada um dos 55 setores 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 consonante com o estabelecimento de alguns setores prioritários no recebimento das subvenções econômicas. Entre eles, destacam-se os setores de Serviços de informação, Serviços prestados às empresas, Material eletrônico e equipamentos de comunicações e Produtos farmacêuticos.

**TABELA 3 – Valores concedidos de subvenção econômica à inovação tecnológica**

Setor	Descrição do setor	Valor recebido no período 2007 - 2013 (em milhões de R\$)
AgricultOut	Agricultura, silvicultura, exploração florestal	2,82
PecuariaPesc	Pecuária e pesca	1,49
AlimentBebid	Alimentos e Bebidas	13,41
Texteis	Têxteis	5,69
CouroCalçado	Artefatos de couro e calçados	6,49
ProdMadeira	Produtos de madeira - exclusive móveis	1,36
CelulosPapel	Celulose e produtos de papel	0,70
JornRevDisc	Jornais, revistas, discos	0,14
ProdQuimicos	Produtos químicos	4,92
ResinaElasto	Fabricação de resina e elastômeros	2,00
ProdFarmac	Produtos farmacêuticos	83,13
DefAgricolas	Defensivos agrícolas	0,76
PerfumarOut	Perfumaria, higiene e limpeza	14,59
QuimicosDive	Produtos e preparados químicos diversos	7,94
BorracPlast	Artigos de borracha e plástico	28,32
OutPrMNaoMet	Outros produtos de minerais não-metálicos	4,17
FabAcoDeriv	Fabricação de aço e derivados	1,25
ProdMetal	Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	19,20
MaqEquipManu	Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	40,12
EsqrInformat	Máquinas para escritório e equipamentos de informática	19,35
MaqEletriOut	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	38,43
MatEletrOut	Material eletrônico e equipamentos de comunicações	145,70
ApMedicoOut	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	29,80
PecVeicAutom	Peças e acessórios para veículos automotores	2,24
OutEqTransp	Outros equipamentos de transporte	18,97
IndDiversas	Móveis e produtos das indústrias diversas	49,15
Construcao	Construção	26,72
Comercio	Comércio	60,16
TranspArmCor	Transporte, armazenagem e correio	7,11
ServInformac	Serviços de informação	186,43
FinancSeguro	Intermediação financeira e seguros	2,63
ServManutRep	Serviços de manutenção e reparação	2,37
ServPrestEmp	Serviços prestados às empresas	122,35
EducMercant	Educação mercantil	4,60
SaudeMercant	Saúde mercantil	6,31
OutrosServic	Outros serviços	5,32

Fonte: Elaboração dos autores com base nos dados da Finep.

## 5.2 Fechamento do cenário: *baseline* para as simulações

A evolução da economia no período analisado é baseada em um cenário de crescimento do PIB, consumo das famílias, gastos do governo, nível de investimento e de exportações. Dessa maneira, o cenário base configura-se como um cenário tendencial da economia em que desvios em relação a ele podem ser mensurados, estimando-se os efeitos de choques de políticas específicas. Os resultados projetados e decorrentes dessas análises podem ser observados nos indicadores macroeconômicos e setoriais ao longo do período de tempo analisado. Para alcançar tais resultados, operacionalmente é preciso definir o ambiente econômico da simulação, referindo-se ao conjunto de hipóteses descritas no fechamento do modelo, estabelecendo quais são as variáveis exógenas para as simulações pretendidas.

No cenário base utilizou-se dados sobre o PIB, investimento, consumo das famílias, gastos do governo e exportações no período de 2005 a 2030. Para os anos de 2005 a 2014, os dados foram retirados a partir do Sistema de Contas Nacionais. Já os valores prospectivos foram extraídos de relatórios do *World Economic Outlook* do *International Monetary Fund* (2017) e na *Organization for Economic Co-Operation And Development* (OECD) *Economic Outlook* da OECD.Stat (2017), publicações do Fundo Monetário Internacional e da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, respectivamente.

Pontuando o cenário econômico, recorda-se que o período inicial desta análise (entre 2006 e 2008) foi marcado por elevado crescimento econômico, demanda interna aquecida, ampliação dos investimentos e cenário externo favorável. Em 2008, os sinais da crise internacional se mostram com a elevação do preço das importações e redução das exportações, mas apenas em 2009 o país registra redução no produto. Com o consumo interno reduzindo-se, mas ainda positivo, houve redução do produto acompanhada de redução nos investimentos e exportações. O ano de 2010 mostra claramente a recuperação pós-crise, enquanto o restante do período (2011-2013) apresenta crescimento moderado, mantido pela demanda interna e com o mercado externo variável. Os valores das variáveis macroeconômicas mostram que no período 2011 a 2014 houve retração da economia brasileira (TABELA 15), com queda das exportações e investimentos e, demanda interna em ritmo de desaceleração. Para o crescimento do PIB, a série revela tendência de queda, inclusive prospectivamente, conforme mostrado na Tabela 16.

Os dados projetados mostram que, no longo prazo, a partir de 2018, o consumo das famílias e os gastos do governo seguem a mesma trajetória ascendente do PIB. Isto porque foram adotadas trajetórias de crescimento linear de 2% ao ano, a partir de 2015, conforme cenário hipotético de crescimento da economia em seu estado estacionário.

Ao implementar um corte nos subsídios ao setor proporcional ao valor concedido como subvenção naquele ano, pretende-se verificar o aumento dos custos de produção dos setores, gerando uma queda direta da produção de cada um deles. Como observa-se o efeito intertemporalmente, presume-se que os impactos gerados pela aplicação do choque sejam dispersados ao longo do tempo, revelando maior ou menor rigidez das variáveis analisadas em relação ao aumento dos custos de produção setorial.

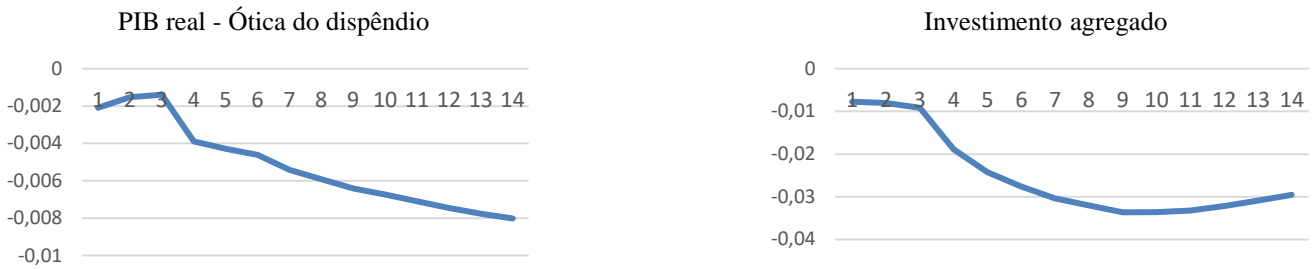
É possível definir a simulação de cenários como uma simulação que serve de caminho de controle, de forma que os desvios são medidos para analisar os efeitos de um choque de política em períodos futuros. Dessa forma, uma simulação de política permite analisar os efeitos de uma mudança na política econômica, 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).

### 5.3 Resultados empíricos

Em termos de contribuição para a taxa de crescimento econômico (variação do PIB real), como mostrado na Figura 2, o impacto foi de tentativa de recuperação no primeiro ano após o choque, mas a trajetória é de queda. Esses resultados indicam que o corte dos valores de subvenções concedidas, implica num aumento dos custos das empresas privadas. Isso está refletido na tendência de queda da atividade econômica. Nota-se também que a atividade agregada leva alguns períodos de tempo para responder ao corte dos incentivos, e a retração se mostra mais proeminente após quatro anos dado o choque. Depois disso, a dinâmica em termos de crescimento econômico continua decrescendo ao longo do tempo devido ao aumento dos custos internos das empresas.

O investimento agregado responde de forma semelhante ao PIB ao corte nas subvenções. Nos primeiros períodos há apenas uma leve queda no volume de investimentos, mas após o terceiro ano dado o choque, a série mostra uma expressiva queda. Entretanto, há movimento de recuperação do crescimento após dez anos do choque. Essa trajetória pode ser explicada de duas maneiras. A primeira condiz com o aumento dos custos internos, que farão com que as empresas privadas reduzam seus investimentos. A segunda diz respeito à questão das contrapartidas exigidas pela concessão de subvenção econômica, que também se dá na forma de investimentos em bens de capital e ampliação da capacidade produtiva. Com o corte desse fomento, há, portanto, uma retração no investimento privado (FIGURA 2).

**FIGURA 2 –Impacto sobre o PIB e investimento agregado (desvio % acumulado em relação ao cenário base)**

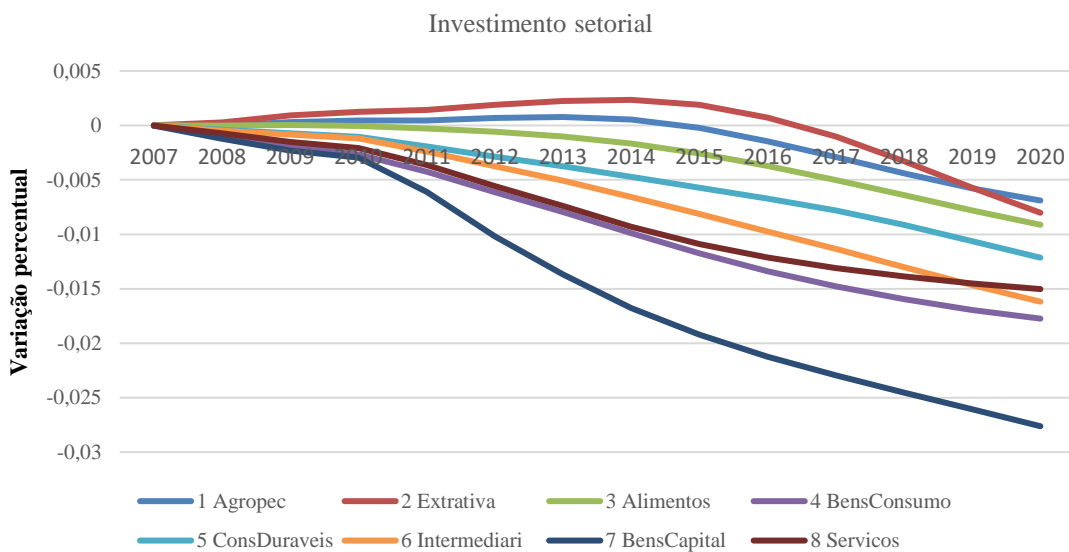


Fonte: Elaboração dos autores.

Quanto aos resultados sobre os setores, vê-se pela Figura 3 que houve movimento de queda dos investimentos nos principais setores da economia. A indústria de bens de capital foi a que apresentou a maior queda. Esse resultado é consonante com o fato de que o subsetor de bens de capital 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.

Tais setores receberam juntos, no período analisado, R\$ 235,14 milhões. Resultados da retração do investimento em setores como agropecuária e indústria extrativa podem ser explicados devidos às inter-relações com outros setores, cuja atividade apresentou desaceleração direta.

**FIGURA 3- Trajetória do investimento por setor após o choque**



Fonte: Elaboração dos autores.

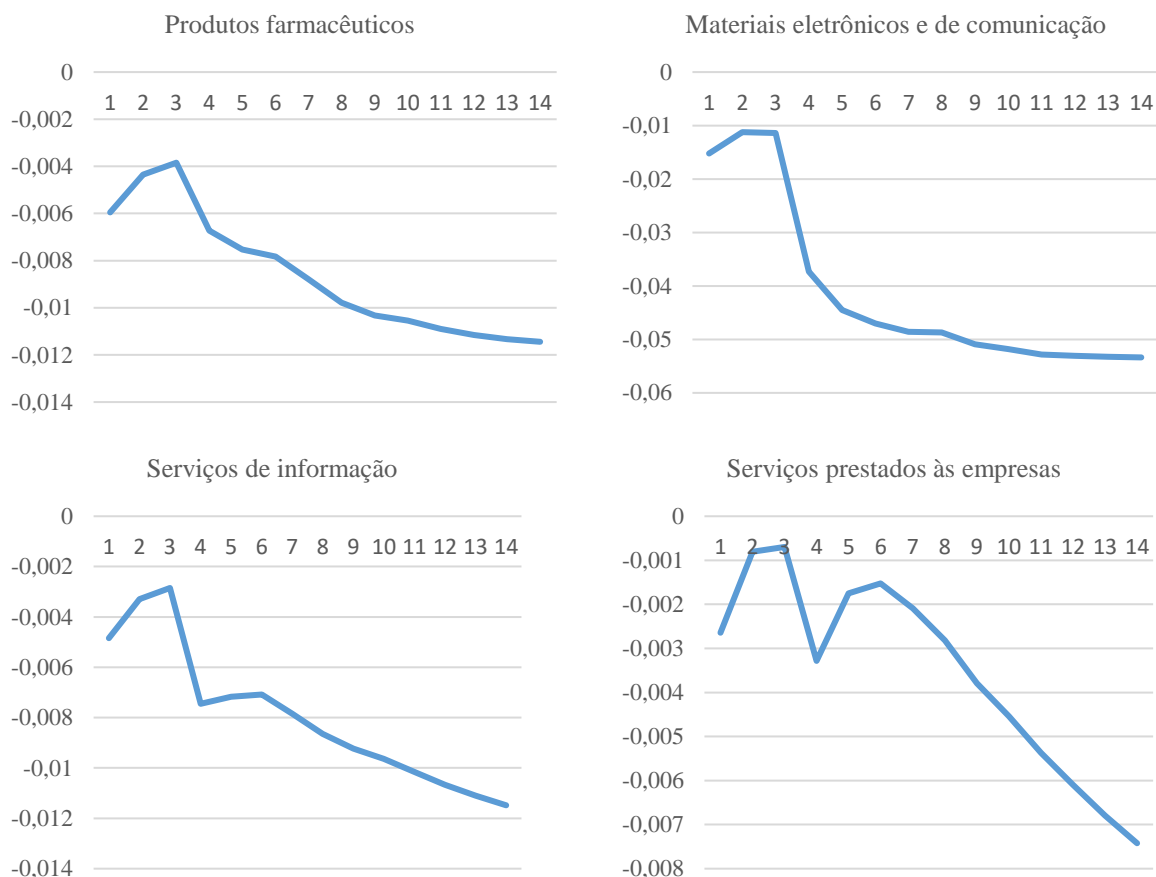
Particularmente, apresenta-se os resultados do nível de atividade de setores específicos, os quais foram os que receberam maior quantidade de recursos via subvenção para a geração de inovação. Os setores de materiais eletrônicos e de comunicação, de serviços de informação, de serviços prestados às empresas e o setor de produtos farmacêuticos, no período de 2007 a 2013, receberam juntos 55% do total de recursos destinados a esse tipo de fomento à inovação (TABELA 3).

Percebe-se pela Figura 4 que houve queda acentuada dos níveis de atividade (ou do valor adicionado) nesses quatro setores específicos. Tal resultado é devido tanto ao aumento dos custos internos da empresa, quanto às inter-relações entre os setores da economia. O setor de produtos farmacêuticos é um setor cujos custos são elevados, dada a natureza de sua atividade e da necessidade de grandes aportes em bens de capital



e estrutura produtiva. Por essa razão, entende-se que um corte nas subvenções à inovação, acarreta uma queda expressiva no valor adicionado desse setor.

**FIGURA 4 – Nível de atividade de setores selecionados após o choque**



Fonte: Elaboração dos autores.

Situação semelhante ocorre no setor de materiais eletrônicos e de comunicação, cuja desaceleração foi mais expressiva ainda. 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. Isso contribui para a queda no nível de investimento e de atividade desse setor.

Os setores de serviços de informação e de serviços prestados às empresas apresentam resultados mais similares entre si. O setor de serviços pressupõe a demanda de atividade de outros setores e atividades dentro da economia. Uma vez que houve, após o choque, uma retração geral no nível de atividade econômica, tem-se um resultado esperado de queda do valor adicionado desses setores.

Como essa simulação simples apenas analisou o corte dos gastos com as subvenções concedidas, os resultados tornam-se resumidos à análise do nível de atividade econômica. Pelos mecanismos de transmissão dos efeitos do choque, percebe-se que houve respostas esperadas das variáveis macroeconômicas e setoriais, como retração dos setores que mais se beneficiaram do programa.

## 6. Considerações Finais

Este trabalho objetiva analisar, por meio de um modelo de equilíbrio geral computável dinâmico, quais são os impactos setoriais e macroeconômicos da política de fomento à inovação tecnológica no Brasil. Dado que as subvenções econômicas constituem-se num instrumento que concede um recurso às empresas, o modelo adotado foi calibrado com os valores repassados a cada setor produtivo para que a análise setorial de equilíbrio geral pudesse refletir fidedignamente o montante utilizado para o fim da política em questão.

Além disso, aplicou-se técnicas estatísticas de descrição dos dados referentes às empresas beneficiárias dessas subvenções entre os anos de 2007 e 2013. Dentre as características analisadas, aquelas



que os resultados indicaram como importantes na classificação de grupos são o nível educacional de seus funcionários e dos salários pagos. Quanto à análise de transição, percebeu-se que a mesma variável de escolaridade dos funcionários foi a que mais contribuiu para a mudança de composição dos clusters. Convém ressaltar que a transição observada durante o período observado é relativa ao ambiente peculiar das empresas e não há nenhum tipo de indicação de mudanças estruturais e conjunturais na economia que possam estar correlacionadas às alterações de perfis individuais.

Já os resultados da aplicação do modelo de EGC indicam que os valores das subvenções refletem um aumento dos custos das empresas, pois com a simulação de um corte da concessão das subvenções econômicas, houve trajetória de queda da taxa de crescimento econômico. O investimento agregado também apresenta expressiva retração após a simulação da ausência da política de fomento, mas há movimento de recuperação nos últimos anos da projeção.

Setorialmente, os resultados mais significativos foram da indústria de bens de capital que, por agregar setores altamente beneficiados pela política de subvenção econômica, apresentou destacada retração no cenário de projeção da simulação de corte dos incentivos.

Como mencionado, foi realizada apenas uma simulação da ausência do mecanismo de fomento analisado. Ainda assim, esse trabalho conseguiu indicar que há efeitos setoriais inter-relacionados e de longo prazo sobre a economia brasileira. Como extensão dessa pesquisa, pretende-se realizar novas simulações com os valores subvencionados e também com os valores de contrapartidas por setor produtivo.

## Referências Bibliográficas

AGHION, Philippe; HOWITT, Peter. **A model of growth through creative destruction**. National Bureau of Economic Research, 1990.

ARAÚJO, Bruno César *et al.* Impactos dos fundos setoriais nas empresas. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 11, p. 85-112, 2012.

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, Ana Paula M.; ALVES, Patrick Franco. Avaliação de Impacto de Programas de Incentivos Fiscais a Inovação – Um Estudo sobre os Efeitos do PDTI no Brasil. **Revista EconomiA**, 2008.

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 (Doutorado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais (CEDEPLAR/UFMG).

BETARELLI JUNIOR, Admir Antonio; PEROBELLI, Fernando Salgueiro; VALE, Vinicius de Almeida. **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.

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.

COELHO, Danilo Santa Cruz; DE NEGRI, João Alberto. **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 [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics], 2011.

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

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**. 38º Encontro Nacional de Economia da ANPEC, 2010.

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.

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

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.

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

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.

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

KŘÍSTKOVÁ, Zuzana *et al.* 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.

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

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

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

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.

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

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.

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

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.