

# DESAFIOS PARA A AMPLIAÇÃO DA COMPETITIVIDADE DA ECONOMIA BRASILEIRA: UMA ABORDAGEM A PARTIR DA ESTRATÉGIA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO<sup>1</sup>

João Gabriel Pio<sup>2</sup>

Fernando Salgueiro Perobelli<sup>3</sup>

Suzana Quinet de Andrade Bastos<sup>4</sup>

O principal objetivo deste trabalho é conferir uma avaliação quantitativa dos possíveis resultados de políticas de incentivo ao desenvolvimento tecnológico. Especificamente, pretende-se analisar os desdobramentos macroeconômicos e setoriais da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022. Tal avaliação foi realizada mediante simulação com um modelo de equilíbrio geral computável (EGC), o Brazilian Intersectoral Model with Gross Domestic Expenditure on R&D (BIM-GERD), calibrado para o Brasil para 2011. Os principais resultados indicam que o aumento de estoque de capital de *knowledge*, adquiridos por meio do estímulo à inovação, produzem resultados positivos de longo prazo sobre o sistema produtivo brasileiro, especialmente com o aumento do domínio do mercado local.

**Palavras-chave:** investimento em P&D; capital *knowledge*; modelo EGC.

## CHALLENGES FOR EXPANDING THE COMPETITIVENESS OF THE BRAZILIAN ECONOMY: AN APPROACH BASED ON THE NATIONAL STRATEGY FOR SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION

The main objective of this work is to provide a quantitative assessment of the possible results of policies to encourage technological development. Specifically, it is intended to analyze the macroeconomic and sectoral developments of the National Strategy for Science, Technology and Innovation 2016-2022. Such evaluation was carried out through simulation with a computable general equilibrium model, Brazilian Intersectoral Model with Gross Domestic Expenditure on R&D (BIM-GERD), calibrated for Brazil for 2011. The main results indicate that the increase in the knowledge capital stock, acquired through stimulating innovation, produces positive long-term results on the Brazilian productive system, especially with the increase in the domination of the local market.

**Keywords:** R&D investment; capital knowledge; CGE model.

**JEL:** O32; O33; R15.

---

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ppe52n1art2>

2. Economista-chefe na Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG); e pesquisador do Laboratório de Análises Territoriais e Setoriais (Lates). *E-mail:* <jpiogabriel@gmail.com>.

3. Professor titular do Departamento de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF); professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Economia da (PPGE)/UFJF; e bolsista de produtividade no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). *E-mail:* <fernando.perobelli@ufjf.edu.br>.

4. Professora titular do Departamento de Economia da UFJF; professora permanente do PPGE/UFJF; e bolsista de produtividade no CNPq. *E-mail:* <quinet.bastos@ufjf.edu.br>.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o enfraquecimento da demanda externa por *commodities* e com a queda de competitividade do setor industrial brasileiro, políticas de incentivo ao desenvolvimento tecnológico, que possuísem o objetivo de impulsionar a produtividade, foram um dos principais pontos abordados pelo governo federal no período 2008-2016.

Embora a preocupação em relação à produtividade tenha se intensificado a partir de meados de 2008 devido à situação econômica do país, uma série de medidas legislativas para o desenvolvimento tecnológico foi realizada no início dos anos 2000, tais como a Lei da Inovação (Brasil, 2004) e a Lei do Bem (Brasil, 2005), ambas objetivando estimular a realização de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e promover a inovação. Como resultado das medidas, no período 2000-2017, o dispêndio nacional em P&D passou de US\$ 16,6 bilhões (1,05% do produto interno bruto – PIB) para US\$ 41,1 bilhões (1,26% do PIB).<sup>5</sup> De acordo com OECD (2019), o avanço obtido nesse período coloca o Brasil como um dos países que mais realiza P&D por meio de incentivos fiscais no mundo, superando países desenvolvidos, como Espanha, Alemanha e Finlândia.

No entanto, embora o país tenha aumentado seu nível de dispêndio em P&D no período 2000-2017, os efeitos sobre a produtividade não foram obtidos. Considerando a produtividade dos Estados Unidos como referência e comparando, em termos relativos, com alguns países da América Latina (Argentina, Chile e México) e da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE (Itália, Japão e Reino Unido) no período 2000-2019, constata-se que o Brasil está em uma posição bem inferior. Enquanto Argentina, Chile e México apresentaram percentuais de produtividade de 42,5%, 43,5% e 40,0%, respectivamente, e Itália, Japão e Reino Unido possuem percentuais na ordem de 88,7%, 62,2% e 77,7%, a produtividade média do Brasil é de 24,5%.<sup>6</sup>

Tendo em vista que apenas medidas legislativas de incentivo à realização de P&D não são suficientes para alavancar a produtividade, o governo federal realizou parcerias com diferentes órgãos e instituições públicas e privadas para a elaboração e execução de projetos federais. Entre os planos e programas lançados, destacam-se: o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação 2007-2010; o Plano Brasil Maior 2011-2014; e a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2012-2015, todos visando garantir que o país consiga promover a inovação para obter ganhos de competitividade e crescimento econômico sustentável.

5. Os dados foram obtidos por meio do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e estão em bilhões de dólares correntes em paridade do poder de compra (PPC).

6. Os dados foram obtidos por meio do *The Conference Board Total Economy Database* e referem-se à produtividade do trabalho. Disponível em: <<https://bit.ly/3qB0I1m>>. Acesso em: 25 jul. 2020.

Nesse contexto, foi lançada, em 2016, a ENCTI 2016-2022, que tem a finalidade de promover a inovação e o aumento de produtividade em setores estratégicos da economia brasileira. Esse alvo intenciona ser alcançado por meio de um conjunto de orientações e metas específicas presentes nessa estratégia as quais envolvem a intensificação da realização de P&D, a criação de estruturas institucionais e a formação de recursos humanos (Brasil, 2016).

Porém, ainda que a ENCTI 2016-2022 represente um avanço, no sentido de definir um conjunto de estratégias que incorporem o estabelecimento de uma estrutura institucional, a ausência de uma análise quantitativa impossibilita que questões fundamentais – por exemplo, políticas complementares, elaboração e reavaliação das metas e perspectivas macroeconômicas e setoriais de longo prazo – sejam abordadas e realizadas.

Dado o exposto, este artigo intenciona conferir uma avaliação quantitativa dos possíveis resultados macroeconômicos e setoriais decorrentes da implementação da ENCTI 2016-2022. A hipótese adotada é que o aumento do estoque de capital *knowledge* setorial obtido via estímulos da ENCTI gera efeitos em todo o sistema produtivo, principalmente devido aos efeitos de transbordamento do desenvolvimento tecnológico. Tal avaliação será realizada por meio da investigação das relações de interdependência setorial, via matriz de insumo-produto, e mediante simulações com modelo de equilíbrio geral computável (EGC).

Cabe destacar que as inovações promovidas pela ENCTI, e que serão avaliadas, referem-se às inovações e mudanças tecnológicas em processos, isto é, à implementação de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado, o que inclui mudanças em técnicas, equipamentos e/ou *softwares*. Nesse tipo de inovação, busca-se reduzir os custos de produção e comercialização e melhorar a qualidade do produto através da maximização da eficiência dos meios disponíveis e por meio da criação de capital de conhecimento (Mortensen *et al.*, 2005).

Além desta introdução, este artigo está organizado em mais seis seções. A seção 2 traz as principais diretrizes e metas da ENCTI 2016-2022. A seção 3 faz uma breve revisão da literatura acerca da temática produtividade e políticas de desenvolvimento tecnológico. A seção 4 detalha a estratégia metodológica do modelo Brazilian Intersectoral Model with Gross Domestic Expenditure on R&D (BIM-GERD) e a análise descritiva da base de dados. A seção 5 apresenta a estruturação do exercício de simulação e os mecanismos de causalidade. A seção 6 expõe e discute os resultados. Por último, a seção 7 faz as considerações finais deste estudo.

## 2 A ENCTI 2016-2022

A ENCTI é um programa do governo federal que busca estabelecer diretrizes de médio e longo prazo para implementação de políticas na área da ciência, tecnologia e

inovação (CT&I). Em seu arcabouço, a estratégia busca: posicionar o Brasil entre os países com maior desenvolvimento em CT&I; aprimorar as condições institucionais para aumentar a produtividade a partir da inovação; reduzir assimetrias regionais na produção e no acesso à CT&I; desenvolver soluções inovadoras para a inclusão produtiva e social; e fortalecer as bases para a promoção do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2016).

A estruturação da ENCTI é direcionada pelo Sistema Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação (SNCTI), que engloba o aparato institucional necessário para a criação de um ambiente propício ao desenvolvimento de novas tecnologias. De forma geral, os desafios apontados pela ENCTI focam na mobilização dos recursos, atores e instrumentos que compõem o SNCTI. Portanto, a estrutura da ENCTI para incentivar o desenvolvimento tecnológico e ampliar a produtividade e competitividade nacional é sustentada por cinco pilares fundamentais: i) pesquisa; ii) infraestrutura; iii) financiamento; iv) recursos humanos; e v) inovação.

A partir da estruturação do SNCTI, a ENCTI elege os programas prioritários que envolvem as cadeias mais importantes para impulsionar a economia brasileira. A escolha dessas áreas tem como base as oportunidades que o país dispõe de conhecimento, infraestrutura e setores, as quais precisam ser adensadas para o alcance da sua inserção internacional (Brasil, 2016). Assim, cabe destacar, a seguir, algumas ações acerca das áreas estratégicas.

- 1) O desenvolvimento de tecnologia nos setores *aeroespacial e defesa* tem o propósito de promover a capacidade do país para utilizar os recursos e as técnicas aeroespaciais na solução de problemas, tendo sua ênfase no setor de telecomunicações, bem como direcionar a P&D para o desenvolvimento de produtos e sistemas militares e civis.
- 2) A área de *água* visa direcionar recursos em P&D para o desenvolvimento de tecnologias relacionadas a questões hídricas do Brasil.
- 3) O setor de *alimentos* tem o objetivo de ampliar os investimentos em P&D agropecuários para elevar a competitividade e garantir a liderança do agronegócio brasileiro na produção e distribuição de alimentos.
- 4) Para *biomas e bioeconomia*, o objetivo é direcionar P&D para o desenvolvimento de novas tecnologias a partir da biodiversidade disponível no país.
- 5) *Ciências e tecnologias sociais* compreende a criação tecnológica e a busca por soluções para inclusão social e melhoria na qualidade de vida dos indivíduos.
- 6) A área de *clima* tem o desafio de fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias de baixo carbono e energias mais limpas, contribuindo para

- a redução de poluentes. Além disso, visa à criação de tecnologias que permitam maior compreensão de fatores relacionados à mudança climática.
- 7) A área de *economia e sociedade digital* é caracterizada pelo setor de *tecnologia da informação e comunicação (TIC)* e tem como estratégia o estímulo de produção e desenvolvimento tecnológico de *software, hardware* e sistemas, semicondutores, microeletrônica e infraestrutura de tecnologia da informação (TI). O principal objetivo é fortalecer o setor nacional de TIC e sua cadeia produtiva, com vistas ao aumento de conteúdo local, da competitividade e da participação nos mercados nacional e internacional.
  - 8) A área de *energia* envolve o desenvolvimento de tecnologias nos setores de petróleo e gás, energia elétrica e de biocombustíveis. O propósito fundamental é fomentar a pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e a inovação nas cadeias produtivas de energia, visando estimular a competitividade e aumentar a diversificação da matriz energética.
  - 9) O eixo da área de *minerais estratégicos* compreende o setor de mineração. O principal objetivo aqui é a ampliação de P&D, com vistas a agregação de valor, aumento de competitividade e redução da dependência externa desses recursos.
  - 10) A área *nuclear* tem o objetivo de ampliar a realização de P&D para o desenvolvimento de técnicas que auxiliem no tratamento médico e hospitalar, além de contribuir para a matriz energética do país.
  - 11) A área de *saúde* envolve um amplo conjunto de atividades que apresentam uma importância estratégica para o país. Entre as atividades, o desenvolvimento de *fármacos e químicos* se destaca tanto por sua relevância econômica como por sua importância no domínio de novas tecnologias. Dessa forma, o principal objetivo para a área de saúde é fortalecer e ampliar a indústria nacional produtora de fármacos e de outros produtos e equipamentos para a saúde, de modo a aumentar o acesso da população brasileira às tecnologias de diagnóstico e terapia.
  - 12) Por fim, a área de *tecnologias convergentes e habilitadoras* concentra os setores denominados *fronteiras para inovação*, pois esses direcionam sua produção para o desenvolvimento de tecnologia de ponta no campo da nanotecnologia, biotecnologia e biodiversidade. O objetivo central da ENCTI nesses setores é estimular a produção de bens intensivos em conhecimento, de modo a proporcionar o aumento de produtividade e competitividade da indústria nacional.

A ENCTI estabelece indicadores cujos acompanhamento e avaliação permitem diagnosticar a implementação das ações propostas. Entre os indicadores, destacam-se, na tabela 1, aumentar o dispêndio nacional em P&D em relação ao PIB para 2%, sendo 1% realizado pelo setor privado, e elevar o número de pesquisadores por 1 milhão de habitantes para 3 mil até 2022.

TABELA 1  
Indicadores da ENCTI

Indicadores	Anteriores à ENCTI <sup>1</sup>	Posteriores à ENCTI <sup>2</sup>	Meta até 2022	Fonte
Dispêndio nacional em P&D em relação ao PIB (%)	1,34 (2015)	1,26 (2017)	2,0	MCTI
Dispêndio empresarial em P&D em relação ao PIB (%)	0,6 (2015)	0,6 (2017)	1,0	MCTI
Dispêndio público em P&D em relação ao PIB (%)	0,70 (2015)	0,63 (2017)	1,0	MCTI
Dispêndio governamental federal em P&D em relação ao PIB (%)	0,45 (2015)	0,39 (2017)	0,8	MCTI
Taxa de inovação das empresas (%)	36 (2012-2014)	33,6 (2015-2017)	50,0	Pintec
Número de empresas que fazem P&D contínuo	5.658 (2014)	5.974 (2017)	10.000	Pintec
Proporção de empresas inovadoras que utilizam ao menos um dos diferentes instrumentos de apoio à inovação nas empresas (%)	39,9 (2012-2014)	26,7 (2015-2017)	40,0	Pintec
Número de técnicos e pesquisadores ocupados em P&D nas empresas	105.452 (2014)	88.689 (2017)	120.000	Pintec
Proporção de concluintes de cursos de graduação nas engenharias em relação ao total de graduados em todas as áreas (%)	9,21 (2015)	12,92 (2018)	12,0	Inep
Número de pesquisadores por 1 milhão de habitantes	893 (2014)	973 (2016)	3.000	MCTI

Fonte: Brasil (2016).

Elaboração dos autores.

Notas: <sup>1</sup> Indicadores anteriores à implementação da ENCTI 2016-2022.

<sup>2</sup> Indicadores disponíveis no período de vigência da ENCTI 2016-2022.

Obs.: MCTI – Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação; Pintec – Pesquisa de Inovação Tecnológica; e Inep – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

Embora a ENCTI defina ações favoráveis ao desenvolvimento de novas tecnologias, a maior parte dos indicadores apresentou retração no período de vigência do programa. Por exemplo, o dispêndio nacional em P&D em relação ao PIB, em 2015, foi de 1,34% e, em 2017, caiu para 1,26%; e o percentual de empresas inovadoras que utilizam instrumentos de apoio à inovação foi de 39,9%, no período 2012-2014, e retraiu para 29,2%, no período 2015-2017. Os únicos indicadores que melhoraram estão ligados à educação e ao número de pesquisadores por 1 milhão de habitantes.

A queda no desempenho econômico brasileiro a partir de 2015 explica, em parte, a retração dos indicadores estabelecidos pela ENCTI. Entretanto, a atividade inovativa é um dos principais elementos para a ampliação da produtividade e a obtenção de crescimento a longo prazo. Portanto, esta pesquisa, além de fornecer uma avaliação quantitativa dos possíveis resultados macroeconômicos e setoriais em decorrência da implementação da ENCTI 2016-2022, reforça a importância das políticas destinadas ao desenvolvimento tecnológico como uma estratégia para a obtenção de um crescimento econômico sustentável a longo prazo.

### **3 P&D: PRODUTIVIDADE E POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**

A literatura empírica sobre investimentos em conhecimento e produtividade é extensa e envolve discussões setoriais e nacionais. Griliches (1979) foi um dos pioneiros na tentativa de mensurar os retornos do investimento em P&D e os transbordamentos tecnológicos por meio de uma estrutura de insumo-produto. De acordo com o autor, a atividade de P&D é importante para o crescimento da produtividade econômica, e a compreensão da estrutura dos dados de P&D é fundamental para a obtenção correta dos efeitos da P&D na dinâmica produtiva.

Utilizando uma abordagem econométrica, vários trabalhos mostraram que a atividade de P&D tem efeito significativo e positivo no crescimento do produto, porém com elasticidades estimadas diferentes para setores e países. Nesse sentido, o CBO (2005) analisou 25 pesquisas aplicadas para Estados Unidos, França, Japão, Taiwan e onze países da OCDE. Os resultados apontaram que a elasticidade da produtividade para P&D varia entre 0,03 e 0,56, dependendo dos setores e países considerados. Ortega-Argilés (2013), ao investigar cinquenta estudos aplicados para países desenvolvidos, concluiu que as elasticidades entre P&D e produtividade variaram de 0,007 a 0,37, novamente, dependendo dos setores e países.

No que diz respeito aos países da América Latina, em geral, os resultados diferem dos aplicados para economias desenvolvidas. Crespi e Zuniga (2012), ao observarem a relação entre inovação e produtividade do trabalho para seis países da América Latina – a saber, Argentina, Chile, Colômbia, Costa Rica, Panamá e Uruguai –, encontraram que a elasticidade varia entre 0,24 para Argentina e 1,95 para a Colômbia. De modo geral, os resultados são maiores que os obtidos para países desenvolvidos e, de acordo com os autores, a maior heterogeneidade e magnitude dos efeitos da atividade inovativa ocorre devido às práticas de inovação dos países desenvolvidos serem mais homogêneas e estarem em um estágio de desenvolvimento tecnológico maior em relação aos países em desenvolvimento.

Para o Brasil, De Negri, Esteves e Freitas (2007) identificaram que as empresas que recebem incentivos do governo para realização em P&D são impactadas em média 1,02 na condução de inovações de processos. De Negri, Cavalcante e Jacinto (2014), por sua vez, indicam que aumentos no estoque de P&D impactam a produtividade em média 0,063.

Apesar dos avanços econométricos, quando o objetivo é analisar o efeito de políticas destinadas aos desenvolvimentos tecnológicos, essa estratégia metodológica é pouco eficiente. Isso porque tal estratégia não incorpora os efeitos *feedbacks* de alterações na produtividade, não permite variações no preço relativo, não captura efeitos de substituição em determinados mercados e não reconhece os canais diretos e indiretos que afetam a produção e o consumo no sistema econômico.

Para investigar os efeitos de políticas de desenvolvimento tecnológico, muitos estudos utilizam os modelos EGC baseados na teoria do crescimento endógeno de Romer (1989), que associa capital do conhecimento e investimento em P&D como capazes de afetar a produtividade e a produção de uma economia.

No final da década de 1990, Diao *et al.* (1996) propuseram um modelo EGC que incorporasse P&D, com base na teoria do crescimento endógeno, para avaliar o efeito de incentivos em P&D no crescimento das economias do Leste Asiático. Esse trabalho foi pioneiro e serviu de base para o desenvolvimento de outros – por exemplo, Ghosh (2007), Zürn *et al.* (2007), Bor *et al.* (2010) e Křístková (2013) –, que, além de introduzirem a P&D, analisaram outros aspectos, como produtividade, crescimento econômico e mudança climática.

Ghosh (2007) analisou os efeitos de subsídios diretos de P&D sobre a produtividade total dos fatores (PTF) e o crescimento econômico canadense a partir de um modelo EGC que especifica a realização de P&D como um dos fatores que afetam a quantidade de variedade de capital. Zürn *et al.* (2007), por sua vez, analisaram os impactos econômicos de subsídios diretos aos insumos de conhecimento nos países-membros da União Europeia utilizando um modelo dinâmico, em que o capital de conhecimento é caracterizado como um insumo primário na função de produção.

Bor *et al.* (2010), ao analisarem os impactos do investimento público em P&D sobre a economia de Taiwan, dividiram o estoque de capital de P&D em público e privado, sendo esse afetado por políticas destinadas à atividade inovativa.

Křístková (2013) utilizou um modelo EGC que incorpora os efeitos do capital de conhecimento sobre o crescimento econômico da República Tcheca; nesse modelo, o autor distingue a estrutura de produção dos setores de P&D entre a atividade privada e pública.

Em geral, a modelagem de EGC para avaliar os efeitos de políticas tecnológicas explicita o estoque de capital do conhecimento como um fator primário adicional, de forma que distúrbios nessa variável, que ocorrem devido à atividade de P&D, impactem a produtividade e o desempenho da economia. Outrossim, a necessidade de separar os efeitos do capital de conhecimento dos demais fatores primários ocorre para não generalizar ou superestimar setorialmente os impactos sobre a economia. Assim, quando o objetivo é avaliar uma política tecnológica específica, a não separação do capital de conhecimento por setores pode levar a distorções nos resultados da análise. Essa é a principal vantagem dessa estrutura metodológica e, também, é a estratégia utilizada para avaliar o efeito da ENCTI sobre a economia brasileira.

#### 4 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA E BASE DE DADOS

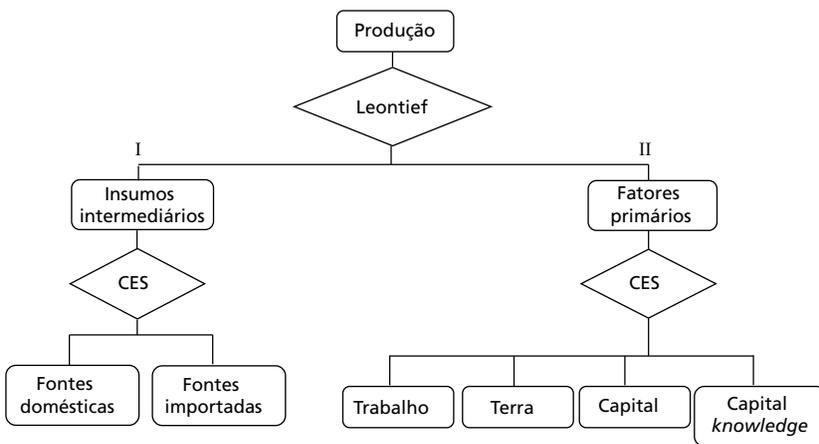
A estrutura teórica do modelo BIM-GERD segue os pressupostos de uma estrutura-padrão de equilíbrio geral Arrow-Debreu, uma vez que as equações de demanda e oferta para os setores são derivadas de soluções para problemas de otimização, o que especifica o comportamento dos agentes com base na teoria de microeconomia neoclássica.

Desse modo, o sistema de equações é construído em conjuntos de blocos que compõem o núcleo central no modelo. Esses blocos descrevem o comportamento de seis grupos de agentes: i) produtores; ii) investidores, que determinam a criação do capital; iii) investidores em P&D, que destinam a criação do capital *knowledge*; iv) familiares; v) governos; e vi) consumidor externo (exportações). Ademais, o modelo também reconhece quatro fatores de produção: trabalho, capital, terra e capital *knowledge*.

A figura 1 apresenta a estrutura aninhada da tecnologia de produção do modelo BIM-GERD. Tal figura é dividida em duas partes: a parte I refere-se à estrutura de substituição entre bens domésticos e importados; e a parte II corresponde à estrutura de substituição de insumos primários, na qual é inserido um novo fator, o capital *knowledge*.

No primeiro nível da estrutura aninhada, é adotada a hipótese de combinação fixa, determinada por uma tecnologia Leontief entre os insumos utilizados no processo de produção. No segundo nível, há a possibilidade de substituição entre os insumos intermediários produzidos domesticamente e importados. Além disso, existe a possibilidade de substituição entre os fatores primários. Todas as substituições de insumos e fatores primários são realizadas por meio de uma função de elasticidade de substituição constante (CES).

FIGURA 1  
Estrutura aninhada de tecnologia de produção



Fonte: King (2012).  
Elaboração dos autores.

A estrutura de tecnologia de produção mostra que, à medida que o estoque de capital *knowledge* aumenta, a quantidade necessária de insumos primários para produzir o mesmo volume de bens diminui; ou ainda, é possível aumentar a produção com a utilização de proporções menores de trabalho, capital e terra. Esse fenômeno é denominado como *aumento de produtividade*. Dessa forma, após um choque exógeno no estoque de capital *knowledge*, será possível observar os aumentos na eficiência produtiva e no percentual transferido via efeito transbordamento.<sup>7</sup>

#### 4.1 Base de dados e análise descritiva

O modelo BIM-GERD está desagregado para 62 setores e 91 produtos da economia brasileira. A base de dados parte de uma estrutura de insumo-produto que, nesse caso, mostra a relação produto *versus* setor. Cabe pontuar que a construção da base de dados se fez por meio do Sistema de Contas Nacionais (SCN) de 2011.<sup>8</sup> Para incluir a especificação de investimento em P&D e a formação de capital *knowledge*, utilizou-se a aproximação de Terleckyj.<sup>9</sup> Os dados de P&D foram obtidos por meio da Pintec, que dispõe de dados segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) 2.0. Além disso, utilizaram-se dados da Agricultural Science and Technology Indicators (Asti) referentes à quantidade de P&D realizada por esse setor no Brasil.

7. No apêndice A, são apresentadas as equações da estrutura de produção do modelo.

8. A base de dados foi construída no Lates da UFJF. Disponível em: <<https://bit.ly/3BCnggv>>.

9. A aproximação de Terleckyj foi desenvolvida por Terleckyj (1974) com o objetivo de analisar os efeitos da P&D na produtividade. Informações sobre o processo de extração e especificação destas no modelo BIM-GERD podem ser obtidas em Pio, Perobelli e Gomes (2016).

O quadro 1 mostra a estrutura da base de dados com a especificação do investimento em P&D e capital *knowledge*. O primeiro quadrante aponta as transações intermediárias de compra e venda de insumos. O segundo representa a demanda final, composta por investimento, famílias, governo, investimento em P&D, exportação e estoques. Por fim, no terceiro quadrante, é exibido o valor adicionado formado por trabalho, capital, terra e capital *knowledge*.

**QUADRO 1**  
**Matriz base de dados com investimento em P&D e capital *knowledge***

	Sector (1)	Sector (2)	Sector (3)	...	Sector (i)	Investimento	Famílias	Governo	Investimento em P&D	Exportação	Estoque	Total
C(1)	I quadrante consumo intermediário					II quadrante demanda final						
C(2)												
C(3)												
...												
C(i)												
Trabalho	III quadrante valor adicionado											
Capital												
<i>Knowledge</i>												
Total												

Fonte: Zürn *et al.* (2007, p. 13).  
Elaboração dos autores.

O quadro 2 destaca os dezoito setores identificados na matriz insumo-produto que correspondem às doze áreas estratégicas definidas pela ENCTI.

## QUADRO 2

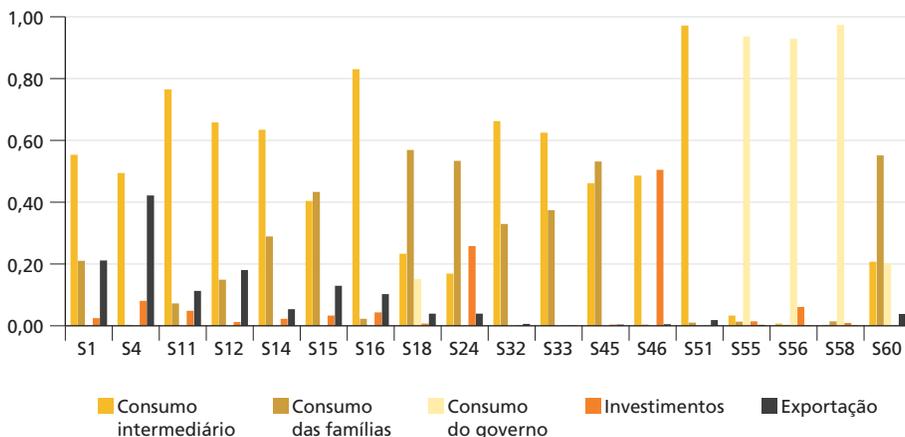
## Setores da matriz insumo-produto correspondentes às áreas estratégicas na ENCTI

Setores		Áreas ENCTI
S45	Telecomunicações	Aeroespacial e defesa
S55	Administração pública, defesa e seguridade social	
S33	Água, esgoto e gestão de resíduos	Água
S1	Agricultura e outros	Alimentos
S11	Fabricação de produtos da madeira	Biomassas e bioeconomia
S12	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	
S56	Educação pública	Ciências e tecnologias sociais
S60	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos	
S24	Fabricação de equipamentos de informática e eletrônicos	Economia e sociedade digital
S46	Desenvolvimento de sistemas e serviços de informação	
S14	Refino de petróleo e coquearias	Energia e clima
S15	Fabricação de biocombustíveis	
S32	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	
S4	Indústrias extrativas	Minerais estratégicos
S58	Saúde pública	Saúde e nuclear
S16	Fabricação de produtos químicos	
S18	Fabricação e produção de farmoquímicos e farmacêuticos	
S51	Atividades profissionais, científicas e técnicas	Tecnologias convergentes/habilitadoras

Elaboração dos autores.

O gráfico 1 apresenta a participação setorial nas vendas totais do setor para cada uma das formas de uso identificadas no banco de dados: consumo intermediário; investimentos; consumo das famílias; exportações; e consumo do governo. De modo geral, os setores prioritários da ENCTI concentram suas vendas, principalmente, no consumo intermediário e no consumo das famílias com mais de 80% do total de vendas. As exceções são dos setores S1 e S4, os quais destinam uma parcela significativa de sua produção para a exportação, com 76% e 50%, respectivamente; o setor S46, com 50% das vendas direcionadas ao investimento, e os setores S55, S56 e S58, com mais de 90% no consumo do governo.

**GRÁFICO 1**  
**Participação de cada forma de uso nas vendas setoriais**  
 (Em %)



Elaboração dos autores.

Os setores com maior destaque para o fornecimento de insumos primários, ou seja, aqueles cuja produção se destina ao consumo intermediário e que representa mais de 70% da sua produção total, são S11 e S16. Para o consumo das famílias, por sua vez, destacam-se os setores S18, S24 e S60, com 57%, 53% e 55%, respectivamente.

A tabela 2 apresenta os resultados dos índices de ligação e da estatística de variabilidade.<sup>10</sup> Entre os setores, cinco são essenciais para a economia – a saber: S12, S14, S16, S32, S45 e S51 – isto é, possuem forte encadeamento tanto para trás quanto para frente, o que significa que contribuem acima da média para o crescimento econômico. Além disso, possuem alta sensibilidade para dispersão, o que indica que o número de setores afetados pelas vendas de insumos desses setores é elevado. Ademais, os setores S11 e S15 possuem forte encadeamento para trás e alto poder de dispersão, o que significa que maior será o número de setores atingidos por variações em suas demandas finais. Já os setores S1 e S4, como esperado, possuem forte encadeamento para frente, isto é, sofrem um aumento acima da média, dada uma variação na demanda final de todos os setores da economia. Os demais setores, no entanto, não apresentam forte encadeamento para trás nem para frente.

10. Discussão detalhada sobre a construção dos índices para essa base de dados pode ser encontrada em Betarelli Junior, Perobelli e Vale (2015).

TABELA 2  
Índices de encadeamento e de graus de ligações dos setores econômicos<sup>1</sup>

Setores	Índice de Rasmussen-Hirschman				Estatística de variabilidade	
	U <sub>j</sub>	U <sub>i</sub>	Classificação <sup>2</sup>		V <sub>j</sub>	V <sub>i</sub>
S1 Agricultura e outros	0,95	1,47	-	FL	4,92	3,53
S4 Indústrias extrativas	0,87	1,90	-	FL	5,41	2,70
S11 Fabricação de produtos da madeira	1,08	0,77	BL	-	4,72	6,60
S12 Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	1,17	1,09	Setor-chave	-	4,49	4,80
S14 Refino de petróleo e coquearias	1,29	2,09	Setor-chave	-	4,69	2,77
S15 Fabricação de biocombustíveis	1,32	0,66	BL	-	3,73	6,84
S16 Fabricação de produtos químicos	1,10	2,03	Setor-chave	-	4,91	2,71
S18 Fabricação e produção de farmoquímicos e farmacêuticos	0,93	0,63	-	-	4,84	7,15
S24 Fabricação de equipamento de informática e eletrônicos	0,92	0,68	-	-	5,16	6,93
S32 Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,02	1,64	Setor-chave	-	5,70	3,51
S33 Água, esgoto e gestão de resíduos	0,92	0,81	-	-	4,93	5,57
S45 Telecomunicações	1,05	1,10	Setor-chave	-	5,07	4,77
S46 Desenvolvimento de sistemas e serviços de informação	0,79	0,88	-	-	5,96	5,32
S51 Atividades profissionais, científicas e técnicas	1,14	1,18	Setor-chave	-	4,33	3,91
S55 Administração pública, defesa e seguridade social	0,81	0,73	-	-	5,56	6,16
S56 Educação pública	0,73	0,57	-	-	6,09	7,80
S58 Saúde pública	0,86	0,57	-	-	5,20	7,86
S60 Atividades artísticas, criativas e de espetáculos	0,89	0,66	-	-	5,13	6,98

Elaboração dos autores.

Notas: <sup>1</sup> U<sub>j</sub> é o índice de ligação para trás e U<sub>i</sub>, o índice de ligação para frente. V<sub>j</sub> refere-se a poder de dispersão e V<sub>i</sub>, a sensibilidade de dispersão.

<sup>2</sup> U<sub>j</sub> > 1 corresponde a forte encadeamento para trás (BL); U<sub>i</sub> > 1 equivale a forte encadeamento para frente (FL); e U<sub>j</sub> > 1 e U<sub>i</sub> > 1 representa o setor-chave.

## 5 ESTRATÉGIA DE SIMULAÇÃO E EFEITO SISTÊMICO

O modelo BIM-GERD, em sua versão condensada, contém 9.066 variáveis e 7.014 equações. Portanto, é necessário exogenizar 2.052 variáveis. Assim, o fechamento utilizado para avaliação da política da ENCTI é de longo prazo. Nesse caso, as hipóteses adotadas permitem que o equilíbrio de estado estacionário seja alcançado, uma vez que o estoque de capital e o salário real são endógenos para responder aos mecanismos de propagação sistêmica definidos no modelo, ou seja, propiciam que a força de trabalho e o capital se aloquem entre os setores da economia. Como o propósito deste estudo é analisar os efeitos da mudança do estoque de capital

*knowledge* na economia, essa variável é considerada exógena, de modo a permitir que choques exógenos possam ser realizados a partir dessa variável.

A utilização do fechamento de longo prazo se justifica pelo fato dos investimentos em P&D não produzirem efeitos no curto prazo, pois as mudanças relevantes requerem um determinado período de tempo. Sendo assim, o exercício de simulação implementado consiste no aumento do estoque de capital *knowledge* dos setores da economia brasileira, que pode ocorrer devido ao aumento dos investimentos em P&D e ou por meio da ampliação da capacidade de absorção tecnológica, que no caso deste trabalho se justifica pela implementação da ENCTI.

Nos resultados dos exercícios de simulação, são analisados os seguintes aspectos: i) os efeitos econômicos da mudança do estoque de capital *knowledge* nos setores da economia brasileira; ii) os efeitos dessa variação na produtividade dos setores; iii) os efeitos sobre o nível de exportação agregado e setorial; e iv) os transbordamentos tecnológicos intersetoriais da economia.

Com o objetivo de realizar uma simulação que permita esboçar possíveis efeitos dos incentivos da política da ENCTI, foram construídos dois cenários, nos quais se assume que os setores que receberam o estímulo atingiram determinado nível de estoque de capital *knowledge*. Portanto, assumiu-se que os setores atingiram o nível necessário de capacidade de absorção tecnológica devido aos incentivos da ENCTI, que é capaz de gerar aumentos no estoque capital *knowledge*.

Nesse sentido, na primeira estratégia de simulação, utilizou-se a meta estabelecida pela ENCTI como base, a qual define o percentual de P&D que será atingido em 2022 como sendo 1% em relação ao produto do setor privado. A partir desse objetivo, a aproximação de Terleckyj foi usada para capturar a quantidade de capital *knowledge* adquirida com esse percentual de P&D realizado. Posteriormente, realizaram-se choques exógenos com o percentual necessário para atingir o novo nível de capital *knowledge*. Essa estratégia permite identificar as possíveis consequências de um resultado considerado bem-sucedido pela ENCTI, bem como analisar os principais efeitos sistêmicos na economia em termos agregados e setoriais.

Visando identificar os setores que são capazes de impulsionar a economia de forma mais eficiente e os que possuem maiores efeitos de encadeamentos, na segunda estratégia de simulação, realizou-se um choque de 1% em todos os setores indicado pela ENCTI de forma sequencial. Assim, de modo diferente da estratégia indicada anteriormente, na qual o choque é realizado de forma simultânea em todos os setores, nesse caso, o choque é realizado de maneira individual e de forma consecutiva em cada setor. A tabela 3 resume o procedimento adotado.

TABELA 3  
Implementação simulação<sup>1</sup>

Setores	P&D 1% do produto	Capital <i>knowledge</i> inicial	Capital <i>knowledge</i> com P&D 1% do produto <sup>1</sup>	Choque realizado (%) <sup>2</sup>
Agricultura e outros (S1)	2.757,4	366,2	703,8	92,2
Indústrias extrativas (S4)	3.093,9	448,1	868,6	93,8
Fabricação de produtos da madeira (S11)	354,9	37,7	104,9	178,3
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel (S12)	853,7	191,8	339,7	77,1
Refino de petróleo e coquearias (S14)	1.814,0	2.367,3	3.467,4	46,5
Fabricação de biocombustíveis (S15)	3.117,6	202,7	310,3	53,1
Fabricação de produtos químicos (S16)	2.960,0	589,1	1.284,2	118,0
Fabricação e produção de farmacêuticos e farmácêuticos (S18)	685,1	175,3	221,8	26,5
Fabricação de equipamentos de informática, eletrônicos (S24)	488,4	721,6	838,8	16,2
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades (S32)	2.736,8	770,8	1.484,6	92,6
Água, esgoto e gestão de resíduos (S33)	779,2	89,1	168,3	88,8
Telecomunicações (S45)	2.083,5	571,7	931,1	62,9
Desenvolvimento de sistemas e serviços de informação (S46)	1.263,3	154,7	180,1	16,4
Atividades profissionais, científicas e técnicas (S51)	1.626,8	119,3	148,0	24,0
Administração pública, defesa e seguridade social (S55)	4.889,4	849,9	1.242,6	46,2
Educação pública (S56)	1.792,9	210,1	276,6	31,7
Saúde pública (S58)	1.111,4	287,2	311,7	8,5
Atividades artísticas, criativas e de espetáculos (S60)	294,8	40,9	96,0	134,9

Elaboração dos autores.

Notas: <sup>1</sup> Aproximação de Terleckyj utilizada para obter o valor correspondente.

<sup>2</sup> Diferença percentual entre o estoque de capital *knowledge* inicial e o final.

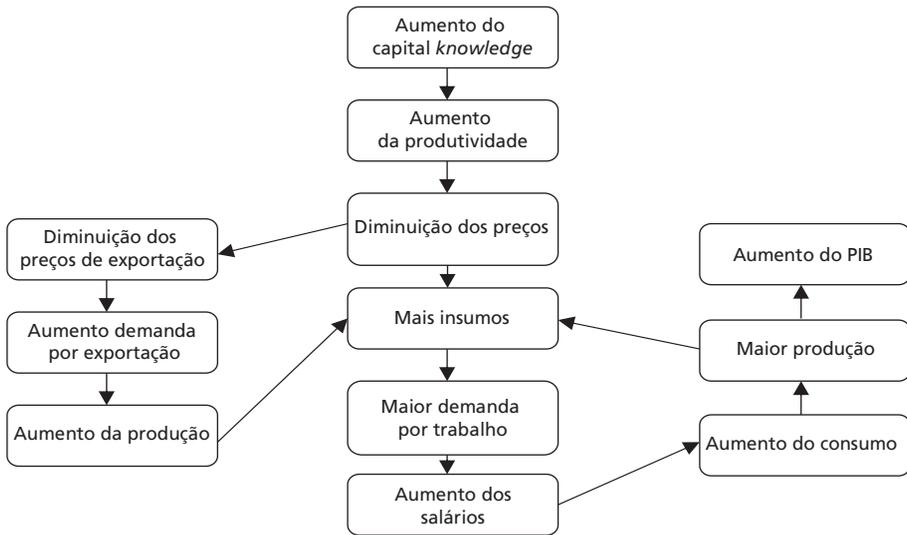
Cabe destacar que a construção dos cenários permite traçar os possíveis desdobramentos da ENCTI e identificar os principais setores capazes de impulsionar a economia via estímulo tecnológico. Dessa forma, os objetivos definidos pela ENCTI, especificados na seção 2, fazem com que o cenário estruturado seja passível de ser alcançado, isto é, torna-o factível.

### 5.1 Efeitos sistêmicos nas relações causais

A descrição do efeito sistêmico segue as especificações descritas por Pio, Perobelli e Gomes (2016). O modelo BIM-GERD, ao incorporar uma especificação detalhada do investimento em P&D e em formação de capital *knowledge*, permite identificar os efeitos sistêmicos em decorrência de modificações na produtividade. Dessa forma, espera-se que os setores que apresentem aumento (ou declínio) do estoque de capital *knowledge* elevem (ou diminuam) seu nível de atividade econômica. A figura 2 mostra essas relações.

FIGURA 2

**Relações causais dos mecanismos de funcionamento do modelo após uma variação no estoque de capital *knowledge***



Fonte: King (2012).  
Elaboração dos autores.

O principal efeito do aumento no estoque de capital *knowledge* sobre o sistema econômico ocorre por meio da redução da necessidade de utilização de fatores primários (capital mais trabalho mais terra) para produzir a mesma quantidade de bens, isto é, ocorre um aumento na produtividade dos setores. Como pode ser observado na figura 2, após um choque positivo no estoque de capital *knowledge* setorial, ocorre uma redução do nível de preço na economia. Isso leva a um aumento da demanda por exportação e, conseqüentemente, a uma elevação do nível de atividade econômica. Ademais, o nível de produção tende a deslocar a demanda por trabalho que, por sua vez, proporciona um maior nível de renda para as famílias, resultando em aumento no consumo. Todos esses efeitos contribuem para o aumento do PIB da economia.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Resultados da simulação 1

Na tabela 4, são apresentados os resultados macroeconômicos de longo prazo da simulação 1. Diante do efeito sistêmico, o aumento do estoque de capital *knowledge* provoca redução no nível de preços da economia, com destaque para a redução nos preços do investimento em P&D, consumidor e exportação. Além disso, o efeito do choque exógeno provoca elevações na remuneração agregada do trabalho e redução

no custo do capital. Como consequência, ocorrem aumentos no nível de atividade econômica, induzidos pelo aumento do consumo e pela elevação do volume de exportação. O resultado geral de longo prazo implica um maior nível de PIB e salário real, o que provoca uma variação equivalente totalizada em R\$ 2.733,93.

TABELA 4  
Resultados agregados de longo prazo

Variáveis	Valor
Preços	
Índice de preços de investimento (%)	-0,080
Índice de preços de investimento em P&D (%)	-0,273
Índice de preços do consumidor (%)	-0,146
Índice de preços da demanda do governo (%)	-0,039
Índice de preços das exportações (%)	-0,202
Índice de preços do PIB (%)	-0,139
Fatores primários	
Remuneração agregada do capital (%)	-0,035
Remuneração agregada do capital (%)	-7,161
Remuneração agregada do trabalho (%)	0,102
Remuneração agregada da terra (%)	0,483
Estoque de capital agregado (%)	0,045
Demanda agregada	
Consumo real agregado das famílias (%)	0,103
Investimento real agregado (%)	0,045
Investimento em P&D real agregado (%)	0,000
Demanda real agregada do governo (%)	0,103
Volume de exportações (%)	0,226
Outros indicadores agregados	
PIB real (%)	0,114
Salário real (%)	0,249
Variação equivalente (R\$ milhões)	2.733,93

Elaboração dos autores.

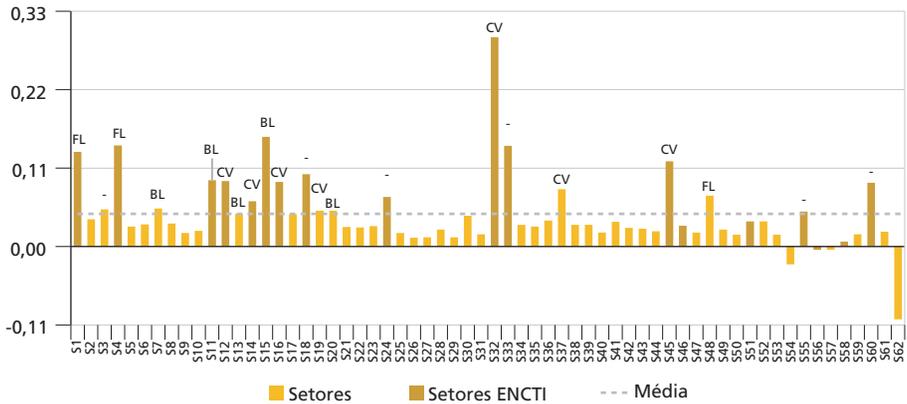
Os resultados setoriais são os mais importantes na análise de EGC, uma vez que permitem avaliar os efeitos do choque exógeno considerando as interdependências setoriais. O gráfico 2 apresenta os resultados das simulações sobre a produtividade e os transbordamentos intersetoriais. O efeito do aumento do estoque de capital *knowledge* sobre a produtividade está associado à redução na utilização dos fatores primários para produzir o mesmo volume de produção. Por conseguinte, os setores que obtiveram maior incremento na produtividade foram os que receberam o

choque exógeno, com destaque para os setores de energia elétrica, gás natural e outras utilidades – S32 (0,3%); fabricação de biocombustíveis – S15 (0,2%); e indústrias extrativas – S4 (0,14%), que alcançaram os maiores resultados.

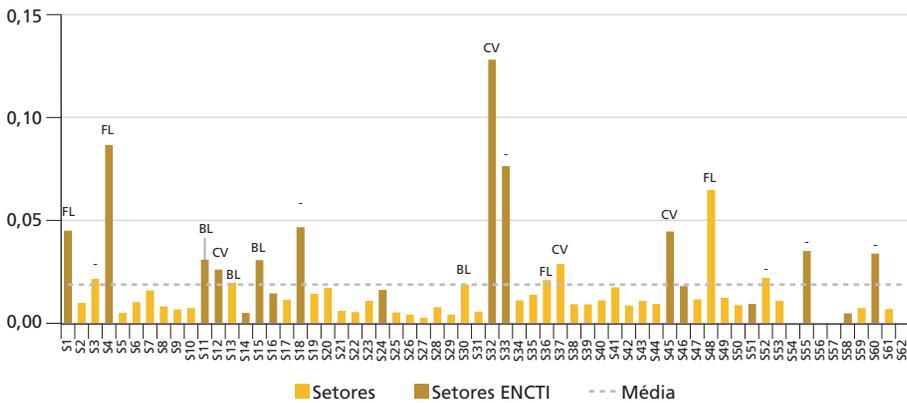
GRÁFICO 2

Resultados de longo prazo da variação do estoque de capital *knowledge*, produtividade e transbordamentos  
(Em %)

2A – Produtividade



2B – Transbordamentos



Elaboração dos autores.

Obs.: BL – forte encadeamento para trás; FL – forte encadeamento para frente; e CV – setor-chave.

De modo geral, todos os setores obtiveram aumentos em sua produtividade, exceto o setor de serviços domésticos (S62), que é intensivo em trabalho, cabendo pontuar também que o aumento da remuneração desse fator afeta diretamente sua produtividade. Isso ocorre devido ao grau de interdependência dos setores que receberam o choque. Conforme Griliches (1979), os efeitos do aumento do

estoque capital *knowledge* não se restringem apenas aos setores que atingiram tal incremento, pois ocorrem transbordamentos, e a magnitude destes depende do grau de interdependência setorial da economia. Como destacado na análise descritiva dos dados (tabela 1), os setores prioritários da ENCTI são, em sua maior parte, setores fundamentais ou que possuem fortes encadeamentos; isso conduz a um maior efeito sistêmico na economia.

O resultado desse apontamento é evidenciado pelos efeitos transbordamentos apresentados no gráfico 2.<sup>11</sup> Os setores com transbordamentos acima da média concentram-se nos setores prioritários da ENCTI, com destaque para energia elétrica, gás natural e outras utilidades – S32 (0,13%); indústrias extrativas – S4 (0,1%); e água, esgoto e gestão de resíduos – S33 (0,1%). Ressalta-se que, entre os setores não prioritários da ENCTI, atividades imobiliárias (S48) e transporte terrestre (S37) obtiveram os maiores resultados nos transbordamentos e na produtividade. Ao analisar os índices de ligação desses setores, obteve-se que o setor de atividades imobiliárias (S48) tem um forte encadeamento para frente e o setor de transporte terrestre (S37) é essencial na economia. Isso indica que esses são setores com elevada interdependência setorial, que se beneficiam das relações intersetoriais.

O gráfico 3 apresenta os resultados sobre o nível de atividade econômica. É possível observar que todos os setores ampliaram suas produções, exceto o setor S62. Os setores prioritários da ENCTI, como esperado, obtiveram os maiores níveis, com destaque para agricultura – S1 (0,30%); indústria extrativas – S4 (0,24%); refino de petróleo e coquerias – S14 (0,40%); fabricação de biocombustíveis – S15 (1,30%); e fabricação de produtos químicos – S16 (0,33%). Três setores dos não pertencentes à ENCTI obtiveram resultado acima da média no nível de atividade, são eles: fabricação de produtos de borracha e de material plástico – S19; transporte terrestre – S37; e aluguéis não imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual – S52.

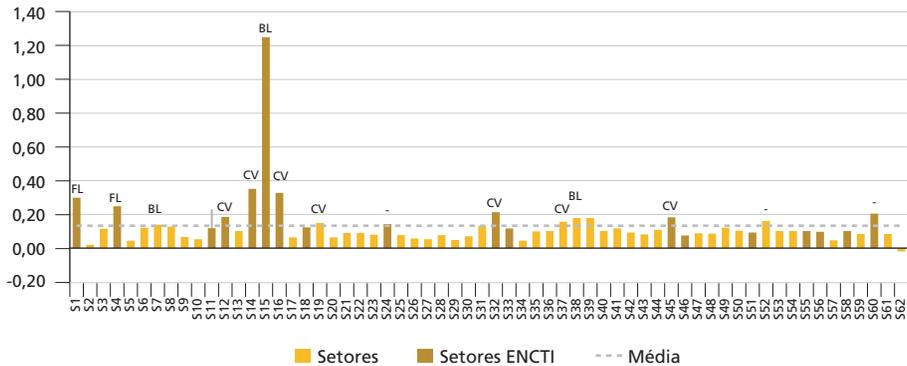
Embora todos os setores tenham aumentado seu nível de atividade produtiva, ao analisar a parcela destinada à exportação (gráfico 3), constata-se que poucos setores obtiveram um resultado de fato expressivo no mercado exportador. Entre os prioritários da ENCTI, os setores de agricultura – S1 (0,13%) e indústria extrativas – S4 (0,10%) são os originalmente exportadores da economia brasileira, e os que emergiram, em termos de exportação. Fabricação de celulose, papel e produtos de papel – S12 (0,20%); fabricação de biocombustíveis – S15 (0,12%); e fabricação de produtos químicos – S16 (0,30%) são os setores que obtiveram os melhores desempenhos no mercado internacional.

---

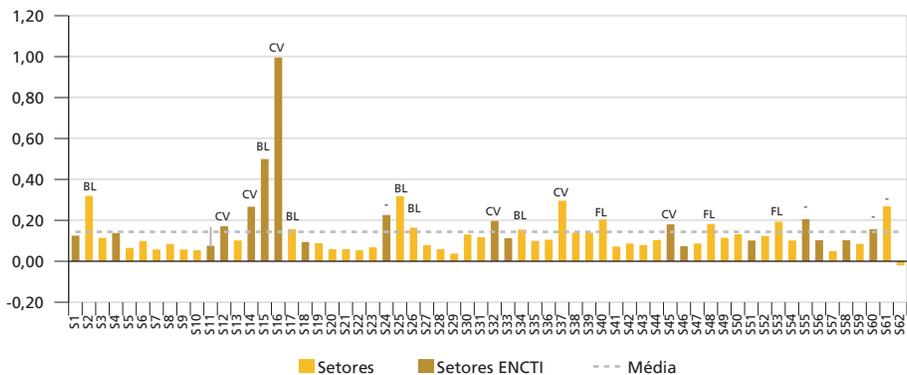
11. O efeito transbordamento adotado refere-se à quantidade de capital de outros setores incorporado da produção de um setor, ocorrido nas transações intersetoriais.

**GRÁFICO 3**  
**Resultados de longo prazo sobre o nível de atividade, a parcela de mercado local e a parcela de exportação**  
 (Em %)

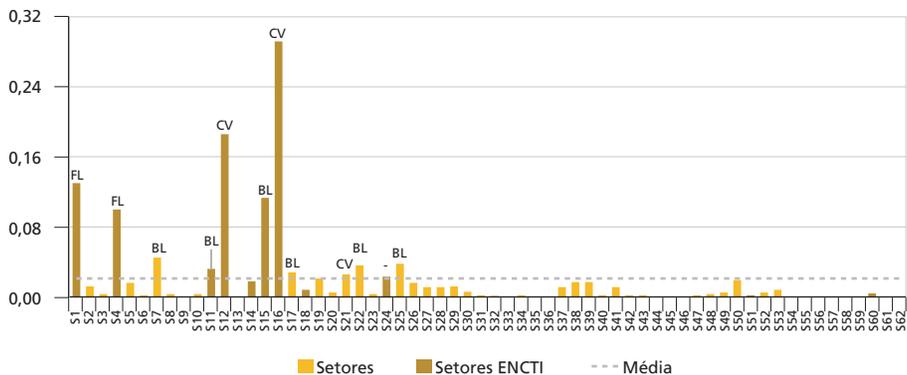
**3A – Nível de atividade**



**3B – Mercado local**



**3C – Exportação**



Elaboração dos autores.

Obs.: BL – forte encadeamento para trás; FL – forte encadeamento para frente; e CV – setor-chave.

Ainda que não tenham recebido um choque exógeno no estoque de capital *knowledge*, a maior parte dos setores não prioritários da ENCTI ampliou suas parcelas de exportação, com resultados acima da média para os setores de fabricação de fumo – S07 (0,05%); metalurgia de metais não ferrosos e fundição de metais – S22 (0,04%); e fabricação de máquinas e equipamentos elétricos – S25 (0,04%). Isso indica que o grau de interdependência setorial contribui, em parte, para os transbordamentos tecnológicos, elevando o nível de produtividade e competitividade dos setores da economia brasileira.

Por fim, embora o aumento da produtividade tenha elevado o nível de competitividade, resultando em uma inserção no mercado externo, a maior parte do aumento do nível de atividade produtiva foi direcionada para atender ao mercado local. Observando o gráfico 3, é possível constatar que todos os setores ampliaram seu domínio no mercado local, com destaque, novamente, para os setores de refino de petróleo e coquerias – S14 (0,3%); fabricação de biocombustíveis – S15 (0,5%); e fabricação de produtos químicos – S16 (1,0%), dos prioritários da ENCTI. Dos setores não prioritários da ENCTI, destacam-se: pecuária – S2 (0,32%); fabricação de máquinas e equipamentos elétricos – S25 (1,11%); e transporte terrestre – S37 (0,73%).

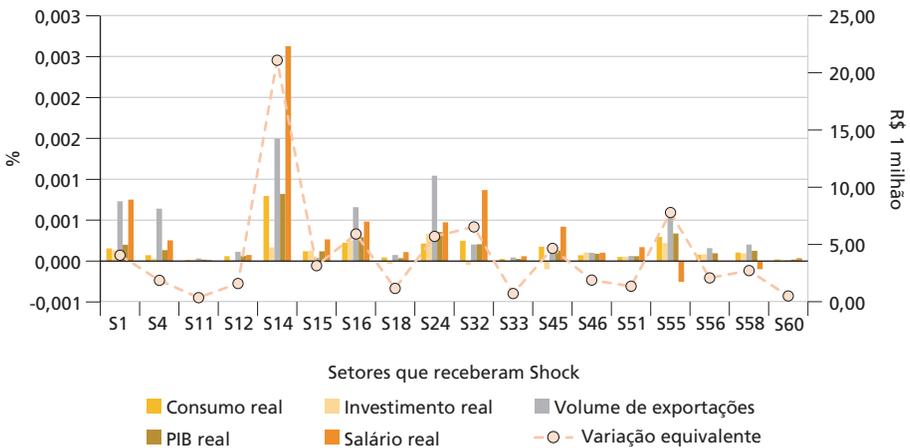
Como resultado geral da simulação, observa-se que o aumento do estoque de capital *knowledge* nos setores prioritários da ENCTI produz efeitos positivos em todo o sistema econômico. Isso ocorre porque esses setores possuem forte encadeamento setorial, o que amplia os resultados sobre a produtividade movidos pelo efeito transbordamento. Como consequência, a longo prazo, os setores da economia brasileira encontram-se com maior nível de produtividade e competitividade, o que produz efeitos positivos sobre os indicadores de bem-estar, PIB, salário real e variação equivalente.

## 6.2 Resultados da simulação 2

No gráfico 4, são apresentados os resultados agregados de longo prazo, todos em decorrência do choque exógeno sequencial de 1% no estoque de capital *knowledge* em cada setor da ENCTI. Constata-se que o setor de refino de petróleo e coquerias (S14) tem a maior capacidade de estimular os indicadores agregados da economia, com destaque para o salário real (0,003%) e para o volume de exportações (0,001%), resultando em uma modificação no PIB de 0,0015% e uma variação equivalente de R\$ 21,11 milhões. Os setores de agricultura (S1), fabricação de

produtos químicos (S16) e fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (S24) têm alta capacidade de estimular as exportações. Os setores de agricultura (S1) e energia elétrica, gás natural e outras utilidades (S32) têm capacidade de elevar o salário real.

GRÁFICO 4  
Resultados agregados de longo prazo e variação equivalente



Elaboração dos autores.

Para a análise setorial, foi considerado o efeito do choque exógeno sobre cinco grupos de setores. Para isso, os 62 setores foram agregados em: agricultura e outros; indústria extrativa; indústria de transformação; serviços industriais de utilidade pública (Siup) *mais* construção; e serviços. O objetivo foi facilitar a interpretação e a apresentação dos resultados.

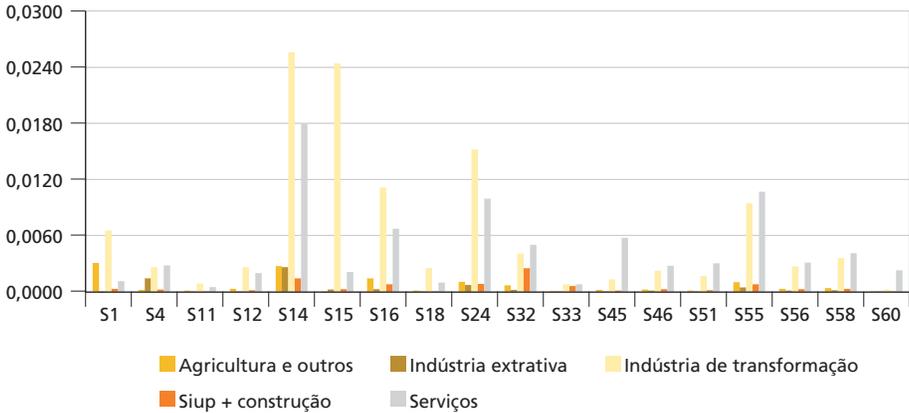
No gráfico 5, observa-se que o setor de refino de petróleo e coquerias (S14) foi o que mais estimulou o nível de atividade na economia, e os grupos *indústria de transformação* (0,026%) e *serviços* (0,018%) tiveram os maiores resultados. Ademais, os setores de fabricação de produtos químicos (S16); fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (S24); e administração pública, defesa e seguridade social (S55) também têm elevada capacidade de estimular o nível de atividade econômica, principalmente dos grupos *indústria de transformação* e *serviços*.

## GRÁFICO 5

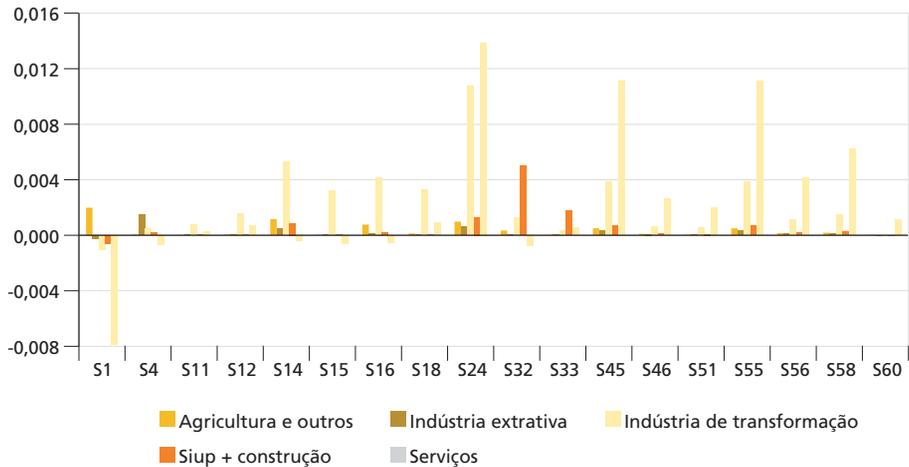
**Resultados de longo prazo da variação do estoque de capital *knowledge*, produtividade e transbordamentos, e setores ENCTI**

(Em %)

## 5A – Nível de atividade



## 5B – Produtividade



Elaboração dos autores.

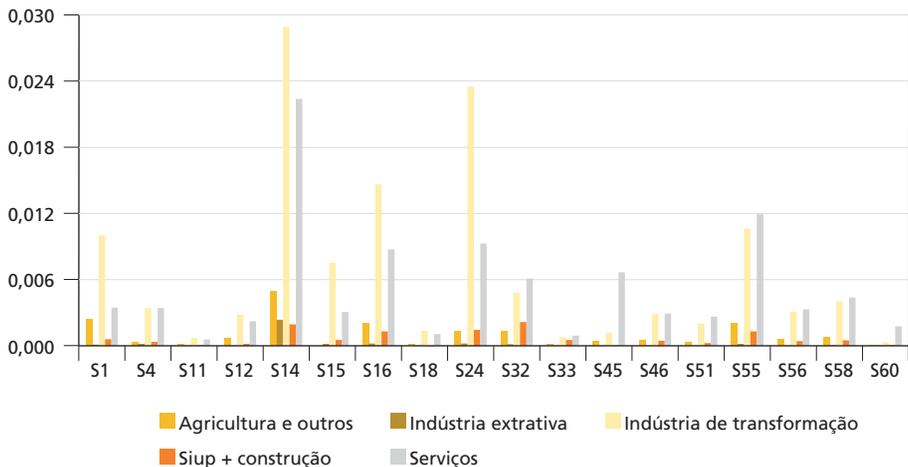
Com relação ao efeito sobre a produtividade, constata-se que os setores de fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (S24) e administração pública, defesa e seguridade social (S55) são os que mais impulsionam a elevação da produtividade na economia, principalmente nos

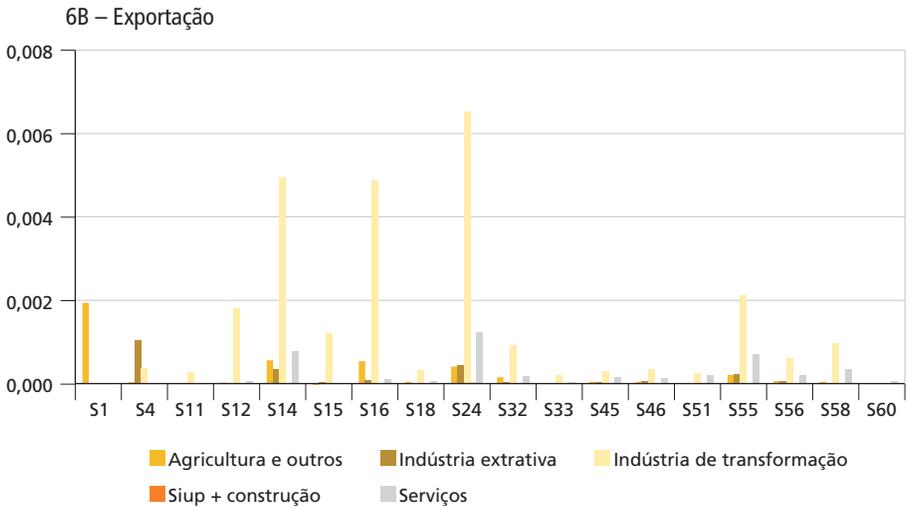
grupos *indústria de transformação e serviços*. Cabe destacar que o setor de refino de petróleo e coquerias (S14) é o principal setor a elevar a produtividade da indústria extrativa e energia elétrica, gás natural e outras utilidades (S32) no grupo *Siup mais construção*. Além disso, o choque exógeno no setor S1 provocou a redução da produtividade do grupo *serviços*, resultado que pode ser explicado pela substituição de mão de obra no setor de agricultura.

Os efeitos de encadeamentos sobre a produtividade estão ligados aos transbordamentos tecnológicos, os quais contribuem para uma maior inserção dos setores no mercado local e também no mundial, via aumento da competitividade. No gráfico 6, observa-se que os setores de refino de petróleo e coquerias (S14); fabricação de produtos químicos (S16); fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (S24); e administração pública, defesa e seguridade social (S55) são os que possuem maior capacidade de estimular a economia na ampliação do mercado local, principalmente nos grupos *indústria de transformação e serviços*.

**GRÁFICO 6**  
**Resultados de longo prazo sobre a parcela de mercado local e parcela de exportações dos setores ENCTI**  
 (Em %)

6A – Mercado local





Elaboração dos autores.

Com relação à inserção no mercado internacional, os mesmos setores são os principais responsáveis pela condução da economia ao novo patamar após o choque exógeno – quais sejam, os setores de refino de petróleo e coquearias (S14); fabricação de produtos químicos (S16); fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (S24); e administração pública, defesa e seguridade social (S55). Porém, apenas o grupo *indústria de transformação* obteve resultados expressivos na parcela de exportação. Além disso, o choque no setor de agricultura (S1) induz, como esperado, a um maior acesso do grupo *agricultura e outros* ao mercado exportador e uma redução dos demais grupos.

Embora os trabalhos empíricos acerca dessa temática não sejam comparáveis diretamente com os resultados obtidos pelas simulações efetuadas neste estudo, é possível que alguns ajudem a compreender pontos específicos dos resultados em questão. Por exemplo, os trabalhos desenvolvidos por Ghosh (2007), Zürn *et al.* (2007), Bor *et al.* (2010) e Křístková (2013) utilizam modelos EGC para avaliar questões relacionadas à temática da inovação e do desenvolvimento tecnológico.

Apesar de os trabalhos supracitados avaliarem o efeito de subsídios para realização de P&D em diferentes países, os resultados sinalizam para a importância de políticas de desenvolvimento tecnológico para o crescimento econômico e, principalmente, para obtenção de incrementos na produtividade. Outros resultados que vão ao encontro dos obtidos nesta pesquisa dizem respeito aos aumentos nas exportações, oriundos

dos ganhos de competitividade, e à modificação da estrutura produtiva, na qual os países passam a produzir produtos mais intensivos em tecnologia.

Ademais, para aplicações no Brasil, trabalhos empíricos que buscam avaliar os efeitos de políticas tecnológicas utilizando modelos EGC são escassos. Entre outras questões, essa foi uma das principais motivações para o desenvolvimento deste estudo. Entretanto, mesmo não utilizando uma estrutura de equilíbrio geral, alguns trabalhos, tais como os de De Negri, Esteves e Freitas (2007) e De Negri, Cavalcante e Jacinto (2014), ajudaram a avaliar e confrontar os resultados obtidos por esta pesquisa.

Outrossim, os trabalhos aplicados para o Brasil, em geral, utilizam uma abordagem econométrica para avaliar os efeitos dos investimentos em P&D sobre a produtividade e o crescimento econômico. Os resultados mostram que a atividade inovativa, por meio da realização de P&D, é um importante canal para a obtenção de incrementos na produtividade, principalmente para os ganhos de eficiência técnica no nível da firma.

Novamente, como já salientado, os resultados de trabalhos empíricos não são comparáveis diretamente aos obtidos pelas simulações expostas neste trabalho. Porém, a maior parte das aplicações que avaliam os efeitos de políticas destinadas à elevação do nível de atividade inovativa mostra resultados positivos para a economia e para o bem-estar de modo geral. Dessarte, além dos resultados apontarem para um efeito geral similar, eles reforçam a importância da criação e da continuidade de políticas de tal natureza.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo foi analisar os possíveis efeitos da ENCTI 2016-2022. Para tal, a primeira etapa de avaliação consistiu em identificar os setores definidos pela ENCTI 2016-2022 e realizar uma análise descritiva por meio de uma matriz insumo-produto. Isso permitiu obter o grau de interdependência setorial do conjunto de setores prioritários, contribuindo para a compreensão dos possíveis desdobramentos da ENCTI.

Por meio das metas definidas na ENCTI, foram criados dois cenários para a realização das simulações com o modelo BIM-GERD. No primeiro cenário, foi implementado um choque no estoque de capital *knowledge* dos setores com base na proposta definida pelo governo. O objetivo foi identificar os efeitos sobre o nível setorial e macroeconômico da economia brasileira mediante a concretização da política. No segundo cenário, realizou-se um choque de 1% nos mesmos setores, porém, de forma sequencial. Nesse, o objetivo foi identificar a capacidade de cada

setor em estimular a economia via aumento de produtividade e transbordamentos tecnológicos. Tais procedimentos tiveram o propósito de preencher uma lacuna da ENCTI 2016-2022 referente à ausência de metas quantitativas, bem como objetivaram conferir o maior nível de precisão (realismo) aos choques na formação de capital *knowledge* implementados no modelo BIM-GERD.

Para o primeiro cenário, o aumento da produtividade setorial induziu a um maior nível de atividade produtiva, sendo parte dessa destinada ao mercado externo. Os setores agricultura e outros (S1); indústria extrativa (S4); fabricação de celulose, papel e produtos de papel (S12); fabricação de biocombustível (S15); e fabricação de produtos químicos (S16) obtiveram as maiores inserções no mercado exportador. Esse resultado mostra que o aumento do estoque de capital *knowledge* foi capaz de induzir a competitividade de tal modo que produtos intensivos em tecnologia passaram a se destacar na pauta de exportação da economia brasileira.

Embora o aumento da produtividade tenha resultado em maior inserção no mercado externo, o efeito predominante se direcionou ao domínio do mercado interno para atender ao maior nível de atividade. Todos os setores da economia brasileira ampliaram de forma significativa sua parcela de mercado local, com destaque, novamente, para os setores intensivos em tecnologia, quais sejam: fabricação de biocombustível (S15) e fabricação de produtos químicos (S16).

Dessa forma, os resultados da primeira simulação apontam para uma maior inserção da economia brasileira no mercado internacional e para o fortalecimento do mercado doméstico. Além disso, no aspecto setorial, a economia brasileira, que é historicamente caracterizada por possuir vantagens comparativas nas exportações de *commodities*, passa a incluir produtos com maior valor agregado em sua pauta de exportações, tais como: fabricação de produtos químicos (S16) e fabricação de máquinas e equipamentos elétricos (S25).

Cabe ressaltar que o setor de fabricação de máquinas e equipamentos elétricos (S25), embora não tenha recebido o choque exógeno no estoque de capital *knowledge*, obteve resultados significativos na parcela de exportação e no mercado interno. Além disso, esse setor possui forte efeito transbordamento, o que mostra que é um setor importante para a difusão do conhecimento na economia brasileira. Dessa forma, a inclusão desse setor na ENCTI pode elevar os resultados da política.

Os resultados para o segundo cenário mostraram que os setores de refino de petróleo e coquerias (S14); fabricação de produtos químicos (S16); e fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (S24) são os que possuem maior capacidade de estimular o nível de atividade da economia, principalmente quando associados à indústria de transformação. Os setores de

telecomunicações (S45) e administração pública, defesa e seguridade social (S55) têm capacidade acima da média para estimular os setores de serviços. Por fim, em relação à inserção no mercado internacional, os setores de refino de petróleo e coquearias (S14); fabricação de produtos químicos (S160); e fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (S24) são os que produzem resultados acima da média para essa finalidade.

Como resultado geral das simulações, conclui-se que o aumento do estoque de capital *knowledge*, estimulado pela política da ENCTI 2016-2022, é capaz de ampliar a produtividade dos setores da economia brasileira, conferindo, no longo prazo, maior nível de competitividade, o que produz efeitos positivos no nível do PIB, do salário real e do bem-estar econômico. Por fim, a maior inserção do Brasil no mercado internacional ocorre por meio de uma pauta de exportação mais diversificada, associada a produtos mais intensivos em tecnologia e com maior valor agregado. Esse resultado evidencia a importância da política da ENCTI 2016-2022 como um novo modelo de crescimento baseado na produção de bens de alta intensidade tecnológica e com capacidade de gerar maior nível de renda nacional e bem-estar.

Finalmente, cabe ainda destacar que, embora a ENCTI defina metas para elevar alguns indicadores de atividade inovativa, a maior parte dos indicadores tem apresentado retração, conforme destacado na seção 2. Possivelmente, isso se deve aos problemas econômicos ocorridos no período. Entretanto, como exposto nos resultados desta pesquisa, os efeitos da ENCTI a longo prazo têm potencial de gerar ganhos positivos para a economia. Portanto, os formuladores de políticas devem se atentar à importância de estratégias como as definidas pela ENCTI, a fim de promover um crescimento econômico sustentável a longo prazo.

## REFERÊNCIAS

BETARELLI JUNIOR, A. A.; PEROBELLI, F. S.; VALE, V. A. **Estimação da matriz de insumo-produto de 2011 e análise do sistema produtivo brasileiro**. Juiz de Fora: UFJF, 2015. (Texto para Discussão, n. 001).

BRASIL. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 3 dez. 2004. Disponível em: <<https://bit.ly/3dc9mZa>>. Acesso em: 7 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005. Institui o Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia da Informação (Repes), o Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras (Recap) e o Programa de Inclusão Digital; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 nov. 2005. Disponível em: <<https://bit.ly/3Dk6SCL>>. Acesso em: 7 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação e Comunicações. **Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação 2016-2022**. Brasília: MCTIC, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/3BDEsCo>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

BOR, Y. J. *et al.* A dynamic general equilibrium model for public R&D investment in Taiwan. **Economic Modelling**, v. 27, n. 1, p. 171-183, Jan. 2010.

CBO – CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE. **R&D and productivity growth: a background paper**. Washington: CBO, June 2005. Disponível em: <<https://bit.ly/3DjdtNP>>. Acesso em: 7 set. 2020.

CRESPI, G.; ZUNIGA, P. Innovation and productivity: evidence from six Latin American countries. **World Development**, v. 40, n. 2, p. 273-290, Feb. 2012.

DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L.; JACINTO, P. Inovação, P&D e produtividade na indústria brasileira. **Boletim Radar**, n. 34, p. 19-25, ago. 2014.

DE NEGRI, J. A.; ESTEVES, L.; FREITAS, F. **Knowledge production and firm growth in Brazil**. Curitiba: UFPR, 2007. (Texto para Discussão, n. 5).

DIAO, X. *et al.* **A dynamic CGE model: an application of R&D-based endogenous growth model theory**. Saint Paul: University of Minnesota, May, 1996. (Bulletin, n. 1).

GHOSH, M. 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, Feb. 2007.

GRILICHES, Z. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. **The Bell Journal of Economics**, v. 10, n. 1, p. 92-116, 1979.

KING, A. **Economy-wide impacts of industry policy**. Wellington: New Zealand Treasury, Sept. 2012. (New Zealand Treasury Working Paper, n. 5).

KŘÍSTKOVÁ, Z. Analysis of private RD effects in a CGE model with capital varieties: The case of the Czech Republic. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 63, n. 3, p. 262-287, 2013.

MORTENSEN, P. S. *et al.* **Oslo manual-guidelines for collecting and interpreting innovation data**: proposed guidelines for collecting and interpreting innovation data. Paris: OECD Publishing, 2005.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **R&D tax incentives**: Brazil, 2019. Paris: OECD Publishing, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3DnImAK>>. Acesso em: 25 jul. 2020.

ORTEGA-ARGILÉS, R. R&D, knowledge, economic growth and the transatlantic productivity gap. *In*: GIARRATANI, F.; HEWINGS, G. J. D.; MCCANN, P. (Ed.). **Handbook of industry studies and economic geography**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2013. p. 271-302.

PIO, J.; PEROBELLI, F.; GOMES, A. Impacts of expenditures on research and development on the Brazilian economy: a CGE approach. *In*: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, 19., 2016, Washington. **Proceedings...** Washington: GTAP, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/3BDocRT>>. Acesso em: 26 fev. 2017.

ROMER, P. M. **Human capital and growth**: theory and evidence. Cambridge: NBER, Nov. 1989. (Working Paper, n. 3173).

TERLECKYJ, N. E. **Effects of R&D on the productivity growth of industries**: an exploratory study. Washington: National Planning Association, 1974. (National Planning Association Report, n. 140).

ZÜRN, M. *et al.* R&D investment and knowledge input in a technology oriented CGE model. *In*: ECOMOD CONFERENCE ON ENERGY AND ENVIRONMENTAL MODELLING, 2007, Moscow. **Proceedings...** Moscow: EcoMod, 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/3RIKZBc>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

#### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

AGHION, P.; HOWITT, P. A model of growth through creative destruction. **Econometrica**, v. 60, n. 2, p. 323-351, Mar. 1992.

CERULLI, G.; POTI, B. Measuring intersectoral knowledge spillovers: an application of sensitivity analysis to Italy. **Economic Systems Research**, v. 21, n. 4, p. 409-436, 2009.

DIETZENBACHER, E.; LOS, B. Externalities of R&D expenditures. **Economic Systems Research**, v. 14, n. 4, p. 407-425, 2002.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Inovação 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

JAFFE, A. B. Technological opportunity and spillovers of R & D: evidence from firms' patents, profits, and market value. **The American Economic Review**, v. 76, n. 5, p. 984-1001, Dec. 1986.

KOO, J. Technology spillovers, agglomeration, and regional economic development. **Journal of Planning Literature**, v. 20, n. 2, p. 99-115, Nov. 2005.

SCHERER, F. M. Inter-industry technology flows and productivity growth. **The Review of Economics and Statistics**, v. 64, n. 4, p. 627-634, Nov. 1982.

SEGERSTROM, P.; ANANT, T.; DINOPOULOS, E. A Schumpeterian model of the product life cycle. **The American Economic Review**, v. 80, n. 5, p. 1077-1091, Dec. 1990.

WING, I. S. **Induced technical change in computable general equilibrium models for climate-change policy analysis**. 2001. 352 f. Thesis (Doctoral Degree) – Engineering Systems Division, Massachusetts Institute of Technology, 2001.

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

## APÊNDICE A

### 1 ESTRUTURA DE PRODUÇÃO

A função de produção no modelo Brazilian Intersectoral Model with Gross Domestic Expenditure on R&D (BIM-GERD) segue uma estrutura aninhada, conforme usualmente é utilizado em um modelo de equilíbrio geral computável (EGC). As equações a seguir resumem a decisão de produção.

$$\frac{Z_i}{A_0} = g(X_i, Q_v) = \min[A_{i1}X_{i1}, \dots, A_{in}X_{in}; Q_v]. \quad (\text{A.1})$$

A combinação de insumos intermediários,  $X_{ij}$ , importados ( $Imp_i$ ) e domésticos ( $Dom_i$ ) é dada por uma função elasticidade de substituição constante (CES),

$$X_{ij} = [aDom^{-\rho} + (1 - a)Imp^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}, \quad (0 \leq a \leq 1), \quad (\text{A.2})$$

em que  $a$  é o parâmetro que representa a parcela de insumos e  $\rho$  ( $-1 < \rho < \infty$ ) é o parâmetro de substituição.

Dessa forma, os bens finais,  $Z$ , são produzidos com a combinação dos insumos intermediários ( $X_{ij}$ ) e do composto de insumos primários ( $Q_v$ ) por meio da decisão de minimização de custos (Leontief). O composto de fatores primários é definido por uma função CES dada por

$$Q_v = [A_l L^{-\rho_v} + A_k K^{-\rho_v} + A_t T^{-\rho_v} + A_h H^{-\rho_v}]^{-\frac{1}{\rho_v}}, \quad (\text{A.3})$$

em que  $Q_v$  é composto pelos insumos primários terra ( $T$ ), capital ( $K$ ), trabalho ( $L$ ) e capital *knowledge* ( $H$ ). O parâmetro  $A_0$  é um termo de mudança técnica Hicks-neutro; ( $A_{i1}, \dots, A_{in}$ ) e ( $A_l, A_k, A_t$  e  $A_h$ ) indicam os coeficientes de produto por unidade de insumo e os parâmetros de parcela de fatores, respectivamente.  $\rho_v$  ( $-1 < \rho_v < \infty$ ) é o parâmetro de substituição do composto de fatores. A figura 1 mostra a estrutura aninhada da tecnologia de produção do modelo BIM-GERD.

### 2 MUDANÇA TECNOLÓGICA

Na equação (4), o parâmetro  $\alpha_{VA_i}$  representa a fração necessária do valor adicionado para produzir o produto final de cada setor. À medida que esse parâmetro decresce, o valor adicionado necessário para produzir a mesma quantidade de produto é menor (Hong *et al.* 2014).

$$VA_i = \alpha_{VA_i} Z_i. \quad (\text{A.4})$$

Parte do aprendizado dos setores acontece no processo de compra e venda de insumos intermediários, o qual permite que os setores tenham acesso à tecnologia desenvolvida por outros. Isto é, à medida que as empresas transbordam conhecimento, parte do capital *knowledge* desenvolvido é transferido para outros setores nas transações intersetoriais. Esse efeito é capturado pela equação (5).

$$spl(i) = [H_{outros}(i)]. \quad (A.5)$$

$$H_{outros}(i) = \sum_{j \neq i} intindwt(j, i)H(j). \quad (A.6)$$

O coeficiente *spl* corresponde à parcela de capital *knowledge* de outros setores ( $H_{outros}$ ) que está incorporada nos insumos intermediários usados na produção do setor. O transbordamento é ponderado pelo parâmetro  $intindwt(j, i)$ , que é definido como a relação entre a quantidade de insumos intermediários comprados de um setor e o total de insumos utilizados na produção.

### 3 CALIBRAÇÃO E PARÂMETROS

A construção da base de dados do modelo BIM-GERD segue uma especificação insumo-produto e foi estimada com base nas contas nacionais de 2011 (MIP2011) por Betarelli Junior, Perobelli e Vale (2015). Para calibragem dos fluxos básicos (BAS), foram utilizadas as tabelas de oferta e demanda da produção nacional a preços básicos e de produtos importados, presentes na MIP2011. Já o fluxo de investimento (BAS2) por atividade econômica é determinado pelo excedente operacional bruto. As tabelas auxiliares da MIP2011 possibilitaram a estimação da matriz de margens (MAR) em quatro categorias: comércio e reparo de veículos; comércio por atacado e varejo; transporte terrestre de carga; e transporte aquaviário. Os coeficientes de impostos (TAX) são calculados a partir dos tipos de impostos: Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI); Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS); e outros impostos menos os subsídios (Betarelli Junior, Perobelli e Vale, 2015).

Para os fatores de produção, o trabalho (V1LAB) é definido pelos salários e pelas contribuições efetivas; o capital (V1CAP) é composto pelo excedente operacional bruto; e, para a terra (V1LND), tem-se a estrutura dos gastos de arrendamento da terra do Censo Agropecuário 2006 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os impostos sobre a produção (V1PTX) são os impostos líquidos. Os outros custos (V1OCT) são obtidos de forma residual e abrangem os pagamentos municipais, o custo da permanência de estoque, entre outros (Betarelli Junior, Perobelli e Vale, 2015). A estrutura da base de dados é apresentada na figura A.1.

Além da calibragem dos coeficientes do modelo, uma série de parâmetros comportamentais deve ser utilizada no sistema de equações. Esses, por sua vez, são obtidos de diversas fontes da literatura. As elasticidades de Armington, referentes à substituição entre insumos doméstico e importados, são calibradas a partir de Tourinho, Kume e Pedroso (2007). O parâmetro de Frisch é igual a -1,94 e foi estimado por Almeida (2011). Os trabalhos de Domingues (2002) e Domingues *et al.* (2007) são a base da definição da elasticidade-preço das exportações e de substituição entre os fatores primários, respectivamente. Por fim, a elasticidade de gastos das famílias são estimativas de Hoffman (2010) – Betarelli Junior, Perobelli e Vale (2015).

FIGURA A.1  
Base de dados do modelo EGC (BIM-GERD)

		Matriz de Absorção						
		1	2	3	4	5	6	7
		Produtores	Investidores	Famílias	Exportação	Governo	Mudança de estoque	Investimento em P&D
Tamanho		← 1 →	← 1 →	← 1 →	← 1 →	← 1 →	← 1 →	← 1 →
Fluxos básicos	↑ C x S ↓	V1BAS	V2BAS	V3BAS	V4BAS	V5BAS	V6BAS	V7BAS
Margens	↑ C x S x M ↓	V1MAR	V2MAR	V3MAR	V4MAR	V5MAR	n/d	n/d
Impostos	↑ C x S ↓	V1TAX	V2TAX	V3TAX	V4TAX	V5TAX	n/d	n/d
Trabalho	↑ O ↓	V1LAB	C = Número de produtos (91) I = Número de setores (62)  S = 2: Domestico, importado O = Número de tipos de ocupação (1)  M = Número de produtos usados como margens (4)					
Capital	↑ 1 ↓	V1CAP						
Capital knowledge	↑ 1 ↓	V1KNW						
Terra	↑ 1 ↓	V1LND	Matriz de produção		Imposto de importação			
Imposto produção	↑ 1 ↓	V1PTX	Tamanho	← 1 →	Tamanho	← 1 →		
Outros custos	↑ 1 ↓	V1OCT	↑ C ↓	Produção	↑ C ↓	Votar		

Fonte: Betarelli Junior, Perobelli e Vale (2015).

Elaboração dos autores.

Obs.: n/d – não disponível.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. N. de. **Elasticidades renda e preços**: análise do consumo familiar a partir dos dados da POF 2008-2009. São Paulo: Nereus, 2011. (Texto para Discussão, n. 4).

BETARELLI JUNIOR, A. A.; PEROBELLI, F. S.; VALE, V. A. **Estimação da matriz de insumo-produto de 2011 e análise do sistema produtivo brasileiro**. Juiz de Fora: UFJF, 2015. (Texto para Discussão, n. 001).

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

DOMINGUES, E. P. *et al.* Redução das desigualdades regionais no Brasil: os impactos de investimentos de transporte rodoviário. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 25., 2007, Recife. **Anais...** Recife: Anpec, 2007.

HOFFMANN, R. Estimativas das elasticidades-renda de várias categorias de despesa e de consumo, especialmente alimentos, no Brasil, com base na POF 2008-2009. **Economia Aplicada**, v. 57, n. 2, p. 49-62, jul.-dez. 2010.

HONG, C. *et al.* Validation of an R&D-based computable general equilibrium model. **Economic Modelling**, v. 42, p. 454-463, Oct. 2014.

TOURINHO, O. A. F.; KUME, H.; PEDROSO, A. C. D. S. Elasticidades de Armington para o Brasil: 1986-2002. **Revista Brasileira de Economia**, v. 61, n. 2, p. 245-267, abr.-jun. 2007.

## APÊNDICE B

QUADRO B.1  
Agregação dos grupos de setores

Grupo de setores	Ordem	Setores
Agropecuária	S1	Agricultura
	S2	Pecuária
	S3	Produção florestal, pesca e aquicultura
Indústrias extrativas	S4	Indústrias extrativas
Indústria de transformação	S5	Produção de alimentos
	S6	Fabricação de bebidas
	S7	Fabricação de fumo
	S8	Fabricação de produtos têxteis
	S9	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios
	S10	Fabricação de calçados e de artefatos de couro
	S11	Fabricação de produtos da madeira
	S12	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
	S13	Impressão e reprodução de gravações
	S14	Refino de petróleo e coqueiras
	S15	Fabricação de biocombustíveis
	S16	Fabricação de produtos químicos
	S17	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal
	S18	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
	S19	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
	S20	Fabricação de produtos de minerais não metálicos
	S21	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura
	S22	Metalurgia de metais não ferrosos e a fundição de metais
	S23	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
	S24	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
	S25	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos
	S26	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos
	S27	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças
	S28	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
	S29	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores
	S30	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas
	S31	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos

(Continua)

(Continuação)

Grupo de setores	Ordem	Setores
Serviços industriais de utilidade pública (Siup) mais construção	S32	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades
	S33	Água, esgoto e gestão de resíduos
	S34	Construção
Serviços	S35	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas
	S36	Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores
	S37	Transporte terrestre
	S38	Transporte aquaviário
	S39	Transporte aéreo
	S40	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio
	S41	Alojamento
	S42	Alimentação
	S43	Edição e edição integrada à impressão
	S44	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem
	S45	Telecomunicações
	S46	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
	S47	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar
	S48	Atividades imobiliárias
	S49	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas
	S50	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e pesquisa e desenvolvimento (P&D)
	S51	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas
	S52	Aluguéis não imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual
	S53	Outras atividades administrativas e serviços complementares
	S54	Atividades de vigilância, segurança e investigação
	S55	Administração pública, defesa e seguridade social
	S56	Educação pública
	S57	Educação privada
	S58	Saúde pública
	S59	Saúde privada
	S60	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos
	S61	Organizações associativas e outros serviços pessoais
	S62	Serviços domésticos

Elaboração dos autores.

Originais submetidos em: nov. 2017.

Última versão recebida em: dez. 2020.

Aprovada em: dez. 2020.