

**FINANCIAMENTO AO INVESTIMENTO E CRESCIMENTO DAS EMPRESAS:
UMA AVALIAÇÃO PANORÂMICA DOS PRODUTOS DE CRÉDITO DO BNDES
NO PERÍODO 2008-2015**

Ricardo Agostini Martini
Felipe Guatimosim Maciel
Bruno da Cunha Neves
Luciano Machado

**OS EFEITOS DE TRAJETÓRIAS EDUCACIONAIS DE QUALIDADE
SOBRE EMPREGO E VIOLÊNCIA NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS**

Luciano Mancuso Salomão
Naercio Aquino Menezes-Filho

**THE OPERATION OF THE EXPORT QUALIFICATION PROGRAM IN FACTORS
PROMOTING EXPORTATION: AN ANALYSIS OF THE 'PEIEX-FRANCA'**

Pedro Luiz Messana Niero Rocha
Daniela Schettini

**EMPREENDEDORISMO E CONDIÇÕES URBANAS: UMA ANÁLISE PARA
OS MUNICÍPIOS BRASILEIROS (2010)**

Natália Gabriela da Silva Cruz
Patrícia Alves Rosado Pereira
Admir Antônio Betarelli Junior

**SUSTENTABILIDADE, CONGESTIONAMENTO E DINÂMICA
DA EFICIÊNCIA UNIFICADA DAS NAÇÕES**

Gabriel Teixeira Ervilha
Wilson da Cruz Vieira
Elaine Aparecida Fernandes

pesquisa e planejamento econômico ■ ppe

ipea

**Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada**

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento

Ministro Bruno Moretti



Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidenta

Luciana Mendes Santos Servo

Diretor de Desenvolvimento Institucional

Fernando Gaiger Silveira

Diretora de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia

Luseni Maria Cordeiro de Aquino

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

Cláudio Roberto Amitrano

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Alexandre dos Santos Cunha

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura

Pedro Carvalho de Miranda

Diretora de Estudos e Políticas Sociais

Leticia Bartholo de Oliveira e Silva

Diretora de Estudos Internacionais

Keiti da Rocha Gomes

Chefe de Gabinete

Sheila Cristina Tolentino Barbosa

Coordenadora-Geral de Imprensa e Comunicação Social

Gisele Amaral de Souza

Ouvidoria: <https://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <https://www.ipea.gov.br>

Pesquisa e Planejamento Econômico (PPE)

Publicação quadrimestral com análises teóricas e empíricas sobre uma ampla gama de temas relacionados à economia brasileira. Estabelecida em 1971 sob o título Pesquisa e Planejamento, a PPE é publicada em abril, agosto e dezembro.

CORPO EDITORIAL

Editor

Maurício Cortez Reis

Coeditores

Marco A. F. H. Cavalcanti

José Gustavo Feres

Danilo Santa Cruz Coelho

Membros

Lauro Ramos (Ipea)

Eduardo Fiuza (Ipea)

Alexandre Xavier Ywata de Carvalho (Ipea)

Daniel da Mata (Ipea)

Carlos Viana de Carvalho (PUC-RJ)

Eduardo Rios Neto (Cedeplar-UFMG)

José Raimundo Carvalho (CAEN-UFC)

Marcelo Portugal (UFRGS)

Marco Bonomo (Insper)

Mônica Viegas de Andrade (Cedeplar-UFMG)

Rafael Coutinho Costa Lima (UFPE)

Renata Narita (FEA-USP)

Ricardo Paes de Barros (Insper)

Roberto G. Ellery (UnB)

Sergio Firpo (Insper)

Vladimir Ponczek (EESP-FGV/SP)

Secretária Executiva

Flávia dos Santos Fernandes

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2026

Pesquisa e Planejamento Econômico v. 1 – n. 1 – jun. 1971.

Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1990 – v. – quadrimestral.

Título anterior: Pesquisa e Planejamento v. 1, n. 1 e 2, 1971

Periodicidade anterior: semestral de 1971–1975.

1. Economia – Pesquisa – Periódicos. 2. Planejamento Econômico – Brasil. I. Brasil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

ISSN - O 100-0551

CDD 330.05
33(81) (05)

DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/ppe55n3>

As publicações do Ipea estão disponíveis para download gratuito nos formatos PDF (todas) e ePUB (livros e periódicos). Acesse: <https://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

FINANCIAMENTO AO INVESTIMENTO E CRESCIMENTO DAS EMPRESAS: UMA AVALIAÇÃO PANORÂMICA DOS PRODUTOS DE CRÉDITO DO BNDES NO PERÍODO 2008-2015.....9

Ricardo Agostini Martini
Felipe Guatimosim Maciel
Bruno da Cunha Neves
Luciano Machado

OS EFEITOS DE TRAJETÓRIAS EDUCACIONAIS DE QUALIDADE SOBRE EMPREGO E VIOLÊNCIA NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS.....41

Luciano Mancuso Salomão
Naercio Aquino Menezes-Filho

A ATUAÇÃO DO PROJETO DE EXTENSÃO INDUSTRIAL EXPORTADOR NOS FATORES DE FOMENTO ÀS EXPORTAÇÕES: UMA ANÁLISE DO PEIEX-FRANCA67

Pedro Luiz Messana Niero Rocha
Daniela Schettini

EMPREENDEDORISMO E CONDIÇÕES URBANAS: UMA ANÁLISE PARA OS MUNICÍPIOS BRASILEIROS (2010).....95

Natália Gabriela da Silva Cruz
Patrícia Alves Rosado Pereira
Admir Antônio Betarelli Junior

SUSTENTABILIDADE, CONGESTIONAMENTO E DINÂMICA DA EFICIÊNCIA UNIFICADA DAS NAÇÕES121

Gabriel Teixeira Ervilha
Wilson da Cruz Vieira
Elaine Aparecida Fernandes

CONTENTS

INVESTMENT FINANCING AND BUSINESS GROWTH: A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF BNDES CREDIT PRODUCTS IN THE 2008-2015 PERIOD9

Ricardo Agostini Martini
Felipe Guatimosim Maciel
Bruno da Cunha Neves
Luciano Machado

HOW QUALITY EDUCATIONAL TRAJECTORIES INFLUENCE EMPLOYMENT AND VIOLENCE IN BRAZILIAN MUNICIPALITIES.....41

Luciano Mancuso Salomão
Naercio Aquino Menezes-Filho

THE OPERATION OF THE EXPORT QUALIFICATION PROGRAM IN FACTORS PROMOTING EXPORTATION: AN ANALYSIS OF THE 'PEIEX-FRANCA'67

Pedro Luiz Messana Niero Rocha
Daniela Schettini

ENTREPRENEURSHIP AND URBAN CONDITIONS: AN ANALYSIS FOR BRAZILIAN MUNICIPALITIES, 201095

Natália Gabriela da Silva Cruz
Patrícia Alves Rosado Pereira
Admir Antônio Betarelli Junior

SUSTAINABILITY, CONGESTION AND THE DYNAMICS OF UNIFIED EFFICIENCY IN NATIONS121

Gabriel Teixeira Ervilha
Wilson da Cruz Vieira
Elaine Aparecida Fernandes

FINANCIAMENTO AO INVESTIMENTO E CRESCIMENTO DAS EMPRESAS: UMA AVALIAÇÃO PANORÂMICA DOS PRODUTOS DE CRÉDITO DO BNDES NO PERÍODO 2008-2015^{1,2}

Ricardo Agostini Martini³

Felipe Guatimosim Maciel⁴

Bruno da Cunha Neves⁵

Luciano Machado⁶

O BNDES tem função importante na concessão de crédito para o desenvolvimento produtivo das empresas brasileiras. O objetivo deste trabalho é fornecer um panorama geral dos efeitos dos quatro principais produtos de crédito do BNDES (Cartão BNDES, BNDES Fname, BNDES Automático e BNDES Finem) sobre o investimento, o crescimento e a produtividade das firmas apoiadas. Foram observados dados de 2008 a 2015, um período caracterizado pela expansão do volume de crédito do banco. Para controlar o viés de seleção ao apoio, o método do pareamento por escore de propensão foi combinado com a estimação por diferença em diferenças. De modo geral, a avaliação verificou efeitos positivos do apoio do BNDES a empresas na maior parte das dimensões avaliadas, principalmente no investimento, no emprego e nas receitas. Na comparação entre produtos, destacaram-se os efeitos dos produtos de apoio à aquisição isolada de bens e serviços (Cartão BNDES e BNDES Fname).

Palavras-chave: BNDES; restrição de crédito; investimento; avaliação de impacto; empresas.

INVESTMENT FINANCING AND BUSINESS GROWTH: A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF BNDES CREDIT PRODUCTS IN THE 2008-2015 PERIOD

BNDES plays an important role in providing credit for the productive development of Brazilian companies. The objective of this study is to provide an overview of the effects of BNDES's four main credit products (BNDES Card, BNDES Fname, BNDES Automático, and BNDES Finem) on investment, growth, and productivity of supported firms. Data from 2008 to 2015 were analyzed, a period characterized by the expansion of the bank's credit volume. To control for selection bias in support, the propensity score matching method was combined with difference-in-differences estimation. Overall, the evaluation found positive effects of BNDES support on most of the assessed dimensions, particularly in investment, employment, and revenues. Among the products, those aimed at supporting the isolated acquisition of goods and services (BNDES Card and BNDES Fname) stood out.

Keywords: BNDES; credit constraint; investment; impact assessment; firms.

JEL: C21; E22; H81.

1. DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/ppe55n3art1>.

2. Os autores agradecem a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, sobretudo aos profissionais do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES): Sandro Peixoto, Marcus Tortorelli, Luiz Daniel Willcox, Daniel Grimaldi, Fabio Roitman, Humberto Gabrielli, Gilberto Borça Junior, Mariana Maia e Giuliane Jannibelli, pelo apoio e fornecimento de dados e informações fundamentais à elaboração deste trabalho. Agradecimentos especiais aos profissionais da Sala de Acesso a Dados Restritos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Carlos Lessa, Juarez Silva Filho e Gláucia Ferreira. O apoio de todos foi essencial para o desenvolvimento deste artigo.

3. Economista do BNDES. *E-mail:* ricardo.martini@bndes.gov.br.

4. Economista do BNDES. *E-mail:* felipe.maciel@bndes.gov.br.

5. Doutorando em economia pela Escola Brasileira de Economia e Finanças da Fundação Getulio Vargas (EPGE/FGV). *E-mail:* nevesbruno10@gmail.com.

6. Economista do BNDES. *E-mail:* lmachado@bndes.gov.br.

1 INTRODUÇÃO

A discussão sobre restrição de crédito e seus efeitos econômicos está presente na literatura econômica há muitas décadas.⁷ Segundo essa literatura, o mercado de crédito está sujeito a imperfeições, como assimetrias de informação e externalidades, que fazem com que, em algumas situações, os ofertantes de crédito prefiram evitar empreendimentos considerados mais arriscados a negociar taxas de juros mais elevadas (Stiglitz e Weiss, 1981). Além disso, tais imperfeições podem contaminar tanto outros setores da economia, devido à inviabilização de investimentos, quanto a taxa de crescimento da produtividade da economia, já que esta depende dos investimentos empresariais em capital fixo, assim como de gastos em pesquisa e desenvolvimento (Greenwald, Kohn e Stiglitz, 1990). Esses problemas são mais graves em países menos desenvolvidos, onde as falhas de mercado são mais comuns e os mecanismos institucionais de fora do mercado têm menos sucesso na correção dessas falhas (Stiglitz, 1989; Banerjee e Duflo, 2005).

Diante dos efeitos de contaminação da restrição de crédito sobre os setores econômicos, os mecanismos de regulação e de intervenção estatal podem ser efetivos em atenuar os efeitos sobre as empresas. Uma forma comum de intervenção é por meio de bancos de desenvolvimento, que podem desempenhar papel ativo em mobilizar recursos públicos e privados para apoiar novos investimentos (De Luna-Martinez *et al.*, 2018). Os bancos de desenvolvimento não apenas podem financiar projetos que o setor privado não está disposto ou não é capaz de financiar, como também podem criar e desenvolver novos nichos de mercado. Particularmente ao caso do Brasil, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) tem função importante na concessão de crédito para o desenvolvimento produtivo das empresas. O crédito do BNDES é concedido por meio de seus produtos, que se dividem em linhas de financiamento e programas. Os produtos definem as regras gerais de financiamento a partir das quais são criadas as linhas de financiamento e os programas que estabelecem regras específicas de acordo com características do cliente, do setor de atividade ou do empreendimento apoiado. Cada linha é vinculada a um único produto e visa atender demandas permanentes de apoio, não possuindo prazo de validade ou dotação de recursos definidos. Os programas, por sua vez, são desenhados para atender demandas específicas (geralmente, resultantes de políticas setoriais), apresentando prazos de vigência e dotação previamente definidos.⁸

O objetivo desta avaliação é fornecer um panorama geral dos efeitos dos produtos de crédito do BNDES voltados ao apoio a atividades empresariais (Cartão BNDES, BNDES Finame, BNDES Automático e BNDES Finem),

7. Um resumo dessa literatura, com ênfase nas suas consequências sobre o desenvolvimento econômico, é apresentado por Stiglitz (1998).

8. Mais detalhes em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/instrumentos-de-financiamento>.

sobre o investimento e o crescimento das firmas apoiadas. Esses quatro produtos foram escolhidos para a avaliação por serem os principais instrumentos de apoio financeiro do banco às empresas, somando 99,8% do total de operações e 82,9% do valor desembolsado no período analisado. A análise do apoio do BNDES por produtos é uma contribuição original deste artigo, uma vez que, como eles estão associados a diferentes tipos de empresas, de projetos e de financiamentos, os seus efeitos podem ser heterogêneos. Ainda que os produtos do BNDES já tenham sido avaliados de maneira isolada em outros trabalhos,⁹ esta é a primeira avaliação que engloba os quatro principais e de maneira comparativa. O período escolhido para a análise, de 2008 a 2015, caracteriza-se pela expansão do crédito do BNDES, explicada em parte pela vigência da Política de Sustentação do Investimento (PSI), uma política anticíclica adotada diante da crise econômica global de 2008-2009.¹⁰ A partir de 2016, o crédito do banco passou por um período de retração.

Para controlar o viés de seleção ao apoio, o método do pareamento por escore de propensão foi combinado com a estimação por diferença em diferenças. Foram observadas seis variáveis relacionadas ao investimento e ao crescimento das empresas: i) investimento; ii) emprego; iii) massa salarial; iv) receita operacional líquida; v) valor adicionado; e vi) produtividade do trabalho. Os dados utilizados na avaliação são provenientes de pesquisas anuais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): a Pesquisa Industrial Anual (PIA), a Pesquisa Anual do Comércio (PAC) e a Pesquisa Anual de Serviços (PAS). Essas bases de dados foram compatibilizadas em suas variáveis, empilhadas e cruzadas com dados de liberações de crédito do BNDES. O uso conjunto dessas três bases do IBGE para a avaliação de impacto dos produtos de crédito do BNDES também é uma contribuição original deste trabalho à literatura.

De modo geral, a avaliação verificou efeitos positivos do apoio do BNDES a empresas nas dimensões avaliadas, principalmente no investimento, no emprego e nas receitas. Na comparação entre instrumentos, observaram-se efeitos maiores naqueles voltados à aquisição isolada de bens e serviços na comparação com os produtos para o financiamento a projetos de investimento. Em relação ao Cartão BNDES e ao BNDES Finame, verificam-se impactos positivos no investimento, no pessoal ocupado, na massa salarial, na receita operacional líquida e no valor adicionado. Observou-se que o BNDES Automático teve efeitos positivos no investimento, no pessoal ocupado e na receita operacional líquida. O BNDES Finem teve impactos positivos no emprego e na receita operacional líquida.

9. Barboza *et al.* (2023) apresentam um levantamento geral sobre as avaliações econométricas de impacto do BNDES, diferenciando os efeitos por dimensões e tipos de intervenção.

10. Mais detalhes sobre a PSI podem ser consultados em Machado e Roitman (2015) e Machado, Grimaldi e Albuquerque (2018).

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: esta introdução é seguida por uma revisão bibliográfica teórica e empírica relacionada aos efeitos do crédito sobre as empresas, assim como uma revisão empírica das avaliações de impacto sobre o BNDES, considerando os mesmos produtos de crédito e as mesmas variáveis de resultado aqui investigadas. A seção seguinte apresenta a base de dados e a metodologia utilizadas na avaliação. Em seguida, são discutidos os resultados da avaliação para cada um dos quatro produtos considerados, observando-se os objetivos de cada um. Por fim, são apresentadas as considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Arcabouço teórico

Mercados que transacionam bens intensivos em informações – como é o caso dos mercados financeiros – estão sujeitos a fricções, as quais podem levar a uma alocação ineficiente de recursos. Isso acontece porque as informações são caracterizadas como sendo bens intangíveis, custosos, incertos, incompletos, e particularmente sujeitos a assimetrias. As assimetrias de informação ocorrem quando um dos lados do mercado, compradores ou vendedores, tem menor conhecimento do que o outro em relação à qualidade do bem transacionado (Akerlof, 1970). Entretanto, os mercados financeiros têm uma natureza distinta dos outros mercados intensivos em informações: eles não apenas apresentam uma série de imperfeições, como essas imperfeições podem, potencialmente, contaminar os demais setores da economia, já que podem inviabilizar investimentos de empresas na formação de capital e em atividades de pesquisa e desenvolvimento (Greenwald, Kohn e Stiglitz, 1990; Stiglitz, 1998).

As imperfeições nos mercados financeiros são destacadas pela literatura que desenvolve o conceito de restrição de crédito. Esse termo pode ter duas definições: uma, identificada como restrição de crédito puro, ocorre quando, dentro de um grupo de empreendedores com as mesmas características, alguns conseguem crédito e outros não (Stiglitz e Weiss, 1981); outra, relacionada à situação em que um empreendedor pode receber empréstimo menor do que gostaria, dada a taxa de juros do mercado (Tirole, 2001). Intuitivamente, as restrições de crédito são provocadas por dificuldades enfrentadas pelas firmas para superar fricções informacionais diante do emprestador como, por exemplo, incapacidade para contar com reputação, garantias, tecnologia ou classificações de crédito. As dificuldades mais graves ocorrem diante de projetos mais arriscados, como os relacionados à inovação tecnológica (Stiglitz, 1993), e de empresas com reduzido histórico de relacionamento com o sistema bancário, como as *startups* e as de micro e pequeno porte (Stiglitz e Weiss, 1983).

Quando nem todas as informações relevantes para análise de crédito são conhecidas por todos os bancos, cada um associa o risco de cada potencial devedor com base nas informações disponíveis. As firmas com mais dificuldades são associadas a maiores riscos e, por consequência, são menos capazes de mitigar os efeitos da redução na oferta de crédito de um determinado banco via mudança de fontes de financiamento, seja em mercados de títulos ou de *equity*, ou mesmo tomando emprestado de um banco diferente.

Essa tendência é mais grave nos países em desenvolvimento, onde não apenas as falhas de mercado são mais comuns, como também as instituições que poderiam atenuá-las podem não estar presentes (Stiglitz, 1989; Banerjee e Duflo, 2005). Isso ocorre porque países em desenvolvimento tendem a apresentar um sistema financeiro de pouca profundidade, o que leva, muitas vezes, a uma maior dificuldade de obtenção de crédito para as firmas substituírem suas fontes de financiamento (Sant’Anna, Borça Junior e Araujo, 2009). Nesse sentido, políticas que aliviem a restrição de crédito podem expandir a capacidade produtiva das empresas apoiadas sem prejudicar os mecanismos de crédito do setor privado (Banerjee e Duflo, 2005). Um exemplo dessas políticas é a concessão de crédito por meio de bancos de desenvolvimento, os quais podem desempenhar um papel importante para prover o crédito necessário para suprir as necessidades dessas empresas, fomentar investimentos e viabilizar, assim, o crescimento econômico (Levy Yeyati, Micco e Panizza, 2004; De Luna-Martinez *et al.*, 2018).

Güler *et al.* (2021) apresentam uma revisão bibliográfica sobre os efeitos de choques de oferta de crédito bancário nos resultados das firmas. Se bancos deixam de emprestar para firmas com restrição de crédito, essas empresas podem, em primeiro lugar, serem forçadas a dispensar oportunidades de investimento, caso não possuam fontes alternativas de financiamento. O menor investimento no presente pode significar menores receitas e empregos no futuro, assim como perdas de produtividade, no caso dos menores investimentos em ativos intangíveis (Manaresi e Pierri, 2019). Em segundo lugar, caso o crédito fosse utilizado para capital de giro em um contexto de dificuldades financeiras, sua ausência pode implicar cortes de gastos, inclusive na folha salarial, sob a forma de corte de empregados ou de salários. Os efeitos tendem a ser mais graves nas firmas que não contam com reputação, disponibilidade de colaterais, tecnologia ou *ratings* capazes de mitigar as assimetrias informacionais.

De maneira equivalente, uma elevação na oferta de crédito teria efeito oposto, levando a aumentos nos investimentos, receitas, empregos, salários e produtividade. Dessa forma, é possível que variações na oferta de crédito combinadas com a existência de restrição de crédito resultem em efeitos reais na economia, afetando o desempenho das empresas em termos de suas decisões alocativas, tais como aquelas sobre pessoal ocupado e investimento.

2.2 Descrição dos produtos de crédito do BNDES

Esta avaliação foca os quatro principais produtos do BNDES destinados ao apoio via crédito às empresas: o Cartão BNDES, o BNDES Finame, o BNDES Automático e o BNDES Finem.¹¹ Os financiamentos pelos produtos de crédito do BNDES podem ser acessados pelas empresas nas formas direta e indireta. Nas operações diretas, o BNDES empresta diretamente às empresas e assume o risco de crédito da operação. Na forma indireta, a operação é contratada por meio de uma instituição financeira credenciada pelo BNDES, entre as quais estão bancos comerciais públicos e privados, cooperativas de crédito, bancos cooperativos, agências de fomento, bancos regionais de desenvolvimento e bancos de montadoras. A instituição financeira é responsável por analisar o financiamento, negociar as condições com o cliente e assumir o risco de não pagamento.¹² A forma de apoio indireta pode ser automática, quando as operações são processadas por meio de plataformas eletrônicas, ou não automática, quando há análise da operação pelo BNDES.¹³

O Cartão BNDES consiste em um crédito rotativo, exclusivo para micro, pequenas e médias empresas (MPMEs), para financiar, somente na modalidade indireta, a aquisição de bens e serviços credenciados. Considerando o período avaliado (2008-2015), o produto contava com uma série de simplificações em seu processo de concessão. Primeiramente, era o único produto à época¹⁴ cujas transações eram automáticas, não dependendo de análises individualizadas. A lista de itens financiáveis é disponibilizada por meio de um portal, reduzindo o custo de procura do bem ou serviço financiável pelo tomador. Além de máquinas e equipamentos, o Cartão BNDES também financia outros tipos de produtos, como partes, peças e componentes; insumos para produção; materiais para construção; mobiliário; eletrônicos; serviços de inovação; embalagens; *software*; e veículos. Esse rol ampliado de itens financiáveis, atrelado ao fato de ser um crédito rotativo, assemelha o produto a um capital de giro. Ainda, todo o processo da transação e seu respectivo financiamento é realizado por meio eletrônico. Por último, uma vez quitado, o limite de crédito volta ao tomador, permitindo financiamentos adicionais que mantêm o vínculo do tomador com o BNDES. Sua taxa de juros é fixa, conforme valor definido mensalmente pelo BNDES,¹⁵ e o financiamento cobre o valor total do item adquirido, com prazo de pagamento de até 48 meses.

11. Os demais produtos do BNDES de apoio a empresas não foram cobertos por esta avaliação por terem objetivos diferentes do apoio ao investimento e crescimento da empresa (BNDES Exim), por exercerem um tipo de intervenção diferente do crédito (BNDES Mercado de Capitais e BNDES Não Reembolsável) ou por focarem um perfil restrito de empresa de difícil verificação nas bases de dados do IBGE (BNDES Microcrédito). Logo, não são diretamente comparáveis aos produtos aqui avaliados.

12. Um panorama detalhado sobre o modelo indireto do BNDES foi elaborado por Borça Junior, Faleiros e Zylberberg (2020).

13. Existem também operações mistas, nas quais o risco de crédito da operação é compartilhado entre BNDES e instituição financeira. Mais detalhes podem ser obtidos em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/Formas-de-Apoio>.

14. Ao longo do período analisado, houve profundas transformações (digitalização) nos processos do BNDES relativos às operações indiretas automáticas. Ao fim do período de análise, as operações do BNDES Finame e do BNDES Automático também já tramitavam de forma automática.

15. Em junho de 2025, a taxa de juros era de 1,73% ao mês.

O BNDES Finame tem o objetivo de conceder financiamento na modalidade indireta¹⁶ para produção, comercialização e aquisição de máquinas, equipamentos, bens de informática e automação e bens industrializados de fabricação nacional.¹⁷ O produto possui três modalidades de apoio. A primeira, que compreende a maior parte das operações, é o financiamento à aquisição de máquinas e equipamentos, em que o crédito é concedido ao comprador dos bens. A segunda é o financiamento à produção de máquinas e equipamentos, em que é fornecido capital de giro para o fabricante dos bens. A terceira também fornece crédito para o fabricante, mas para a comercialização dos bens. No caso dos financiamentos à aquisição e à comercialização, é possível também incluir capital de giro associado no montante de até 30% do valor do bem financiado.¹⁸

As condições de financiamento (taxa de juros, participação máxima do BNDES e prazos de financiamento) do BNDES Finame variam de acordo com as características do cliente (por exemplo, porte e setor de atuação) e da operação (temas priorizados, como meio ambiente e inovação). Particularmente, no período entre 2009 e 2015, que compreende a quase todo o período desta análise (2008-2015), esteve em vigor o Programa BNDES de Sustentação do Investimento (BNDES PSI), que surgiu como uma resposta anticíclica aos efeitos da crise financeira internacional de 2008.¹⁹ O BNDES PSI alterou as condições de financiamento do BNDES Finame, reduzindo substancialmente as taxas de juros outrora praticadas e estabelecendo valores fixos para essas taxas, que variavam apenas com o tipo de bem financiado.

O BNDES Automático tem o objetivo de apoiar empresas por meio de empréstimos e financiamentos destinados a projetos de investimento ou a capital de giro isolado. O produto é operado na modalidade indireta automática e divide-se em linhas de financiamento,²⁰ com condições financeiras específicas para diferentes perfis de cliente e de necessidade de crédito, apresentando condições mais favoráveis para MPMEs e setores prioritários. No caso do apoio a projetos, podem ser financiados investimentos em ativos fixos, bem como projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Os recursos costumam ser liberados seguindo um cronograma previamente estabelecido. O BNDES Automático também oferece apoio a capital de giro não atrelado a itens de investimento, possuindo, geralmente, objetivos de curto prazo, como aumento de produção, emprego ou massa salarial. Esse tipo de apoio também é bastante utilizado em contextos de atuação anticíclica, em que a queda na demanda pode prejudicar a sobrevivência das empresas.

16. Em 2018 foi criado o produto BNDES Finame Direto, não contemplado neste estudo por estar fora do período de análise.

17. Mais detalhes sobre o funcionamento do BNDES Finame podem ser consultados em Aidar *et al.* (2019) e Miguez (2020).

18. As máquinas e os equipamentos financiados pelo BNDES Finame devem ser novos, de fabricação nacional e credenciados no BNDES, cumprindo determinados critérios, como o índice de nacionalização. Esse índice é parte de uma política de conteúdo local cujo objetivo é direcionar a demanda por bens de capital para os fabricantes nacionais.

19. O BNDES PSI foi detalhadamente abordado em Machado e Roitman (2015) e Machado, Grimaldi e Albuquerque (2018).

20. No período 2007-2016, foi identificado um total de 52 linhas associadas ao BNDES Automático.

Finalmente, o BNDES Finem financia, majoritariamente na modalidade direta,²¹ projetos de investimento, públicos ou privados, voltados à geração e ao aumento de capacidade produtiva. Assim como nos demais produtos do BNDES, as condições de financiamento (taxa de juros, participação do BNDES, prazos e garantias) variam de acordo com as características da empresa e da operação. O BNDES Finem estabelece um valor mínimo de financiamento, atualmente de R\$ 40 milhões.²² No período coberto pela avaliação, entre 2008 e 2014, esse valor mínimo foi de R\$ 10 milhões, e de R\$ 20 milhões, de 2014 a 2016. A existência desse valor mínimo para o apoio direto aumenta o valor médio dos financiamentos, quando comparado com as operações indiretas.

2.3 Revisão da literatura empírica

O apoio do BNDES via crédito às empresas já foi objeto de diversas avaliações de efetividade, conforme revisão de literatura feita por Barboza *et al.* (2023). Em geral, foram verificadas evidências positivas do apoio do BNDES sobre o investimento e o emprego das empresas apoiadas, com efeitos maiores principalmente MPMEs.²³ Esse mesmo levantamento, contudo, verificou maior dificuldade do banco em gerar impactos positivos sobre a produtividade.

Visando aprofundar o entendimento do padrão de resultados que emerge da literatura empírica, apresenta-se, nos quadros 1 e 2 a seguir, um levantamento dos resultados de estudos sobre a efetividade do apoio do BNDES via produtos de crédito às empresas. Nesta revisão, foram selecionados apenas trabalhos em que a unidade avaliada é a empresa, o produto de crédito utilizado no apoio é identificado e idêntico aos produtos avaliados por este estudo (BNDES Finame, Cartão BNDES, BNDES Automático ou BNDES Finem) e cujas dimensões de impacto são o investimento, o emprego, a massa salarial, a receita, o valor adicionado ou a produtividade do trabalho.²⁴ As metodologias empregadas nesses estudos para a avaliação dos efeitos dos produtos do BNDES incluíram a estimação por efeitos fixos, o pareamento por escore de propensão combinado com o estimador de diferenças em diferenças²⁵ e o estimador de diferenças em diferenças a partir de

21. Existe a possibilidade de acesso ao BNDES Finem por meio de agentes financeiros (apoio indireto não automático), mas essa modalidade representa uma ínfima proporção das operações do produto.

22. Para alguns tipos de financiamentos, como a entes da administração pública direta, entidades filantrópicas de saúde, saneamento, inovação, e provedores regionais, o valor mínimo de apoio é menor.

23. Um estudo detalhado sobre a importância do apoio do BNDES às MPMEs brasileiras foi elaborado por Barboza *et al.* (2019).

24. Não foram incluídas outras dimensões de produtividade, como a produtividade do capital, da terra e total dos fatores (PTF).

25. Essa é a metodologia adotada por este trabalho, como será apresentado nas próximas seções.

variações exógenas.²⁶ Para melhor compreender as especificidades do apoio, como também pelo fato de que alguns estudos agregam mais de um produto em seu objeto de avaliação, essas avaliações foram agrupadas em duas categorias definidas pelo foco da intervenção.

- 1) *Aquisição isolada*, que compreende o apoio à aquisição de bens de capital, assim como as operações realizadas com os produtos destinados a esse fim, isto é, Cartão BNDES e BNDES Finame, o que inclui as avaliações com foco no BNDES PSI.
- 2) *Financiamento a projetos*, que compreende o apoio a projetos de investimento, assim como as operações realizadas com os produtos destinados a esse fim, isto é, BNDES Finem e BNDES Automático.

Considerando-se os estudos que focalizaram o apoio do BNDES à aquisição isolada de máquinas e equipamentos, todas as avaliações apresentaram efeitos positivos sobre emprego, receitas, investimento e massa salarial, conforme mostra o quadro 1. Os resultados se mantiveram em estudos que utilizaram diferentes métodos, períodos de análise ou recortes setoriais. A única avaliação sobre os efeitos sobre o valor adicionado verificou resultados nulos (Bonomo *et al.*, 2019). Contudo, cabe ressaltar que esse estudo focou empresas de setores industriais com choques de demanda positivos (identificados por variação positiva no valor adicionado geral).

No caso da produtividade do trabalho, os efeitos observados tiveram divergência. Sousa (2013) observou efeito positivo do apoio do BNDES Finame sobre empresas do setor industrial, ainda que seu trabalho tenha coberto um período anterior aos demais aqui citados (1996 a 2003). Ribeiro e De Negri (2009) observaram resultados nulos do mesmo programa sobre empresas inovadoras do setor industrial. Bonomo *et al.* (2019) também verificou resultados nulos, a partir de um recorte setorial mencionado anteriormente. Pires e Russel (2017) verificaram efeitos inconclusivos do apoio do BNDES Finame e do Cartão BNDES, sendo positivos apenas para o setor de serviços. Grimaldi *et al.* (2018) verificaram que os efeitos de ambos os programas sobre a produtividade variam de acordo com o ano de referência escolhido.

26. A estimação por efeitos fixos controla possível viés de seleção ao tratamento derivado de características individuais fixas no tempo. A combinação de pareamento com estimador de diferenças em diferenças controla o viés derivado de efeitos fixos no tempo, como também o derivado de diferenças em variáveis observáveis. O estimador de diferenças em diferenças a partir de variações exógenas é capaz de simular experimentos naturais. Para maiores detalhes sobre esses métodos, ver Cunningham (2021).

QUADRO 1

Resumo dos trabalhos sobre os efeitos do BNDES no financiamento à aquisição isolada de máquinas e equipamentos

Referência	Instrumento do apoio	Base de dados	Período da análise	Metodologia	Dimensão	Resultado
Ribeiro e De Negri (2009)	BNDES Finame	PIA, Pintec, Rais	1996 a 2006	EF	Emprego	Positivo
					Receita	Positivo
					Investimento	Positivo
					Produtividade	Nulo
Machado, Parreiras e Peçanha (2011)	Cartão BNDES	Rais	2007 a 2009	EF	Emprego	Positivo
Sousa (2013)	BNDES Finame	PIA e Rais	1996 a 2003	PSM + DiD	Produtividade	Positivo
Pires, Sodato e Vellani (2014)	Cartão BNDES	Rais	2003 a 2012	PSM + DiD	Emprego	Positivo
Machado e Roitman (2015)	BNDES Finame (PSI)	PIA	2008 a 2011	EF	Investimento	Positivo
Pires e Russel (2017)	BNDES Finame e Cartão BNDES (avaliações separadas)	PIA, PAC, PAS, Rais	2002 a 2012	PSM + DiD	Emprego	Positivo
					Produtividade	Inconclusivo
Alves, Botelho e Fernandes (2018)	BNDES Finame	Rais	2004 a 2013	PSM + DiD	Emprego	Positivo
Grimaldi <i>et al.</i> (2018)	Cartão BNDES e programas de aquisição de bens de capital (avaliações separadas)	Rais e Serasa	2009 a 2010	PSM + DiD	Emprego	Positivo
					Investimento	Positivo
					Receita	Positivo
					Produtividade	Inconclusivo
Machado, Grimaldi e Albuquerque (2018)	BNDES PSI	PIA	2009 a 2010	PSM + DiD	Investimento	Positivo
Pinto e Grimaldi (2019)	Política de conteúdo local (BNDES Finame)	PIA e Rais	2005 a 2014	PSM + DiD	Emprego	Positivo
					Receita	Positivo
Bonomo <i>et al.</i> (2019)	BNDES Finame	PIA e Rais	2002 a 2015	EF	Produtividade	Nulo
					Valor adicionado	Nulo
Corseuil <i>et al.</i> (2019)	Cartão BNDES	Rais	2006 a 2012	EF	Emprego	Positivo
					Massa salarial	Positivo

Elaboração dos autores.

Obs.: EF – estimação por efeitos fixos; PSM + DiD – pareamento por escore de propensão combinado com estimador de diferenças em diferenças; Pintec – Pesquisa de Inovação; Rais – Relação Anual de Informações Sociais.

Em relação aos trabalhos com foco nos efeitos do financiamento a projetos, a maior parte abordou o produto BNDES Automático, com resultados nulos ou inconclusivos na maior parte dos casos. Sousa (2013) verificou efeitos nulos do apoio do BNDES Automático e do BNDES Finem sobre a produtividade das empresas industriais no período de 1996 a 2003. Aplicando abordagem semelhante em um período de tempo mais longo (1995 a 2007), Sousa e Ottaviano (2018) verificaram efeitos inconclusivos, com magnitudes e significâncias variando de ano para ano e de acordo com a especificação do modelo de estimação. Pires e Russell (2017) verificaram efeitos inconclusivos do apoio do BNDES Automático

sobre as empresas. Só foi observado efeito positivo sobre o emprego no setor de serviços e sobre a produtividade do trabalho no setor industrial. O mesmo produto foi avaliado de maneira desagregada por Grimaldi *et al.* (2018), que dividiu sua análise entre as linhas BNDES Automático Investimento (focado em projetos de investimento) e BNDES Automático Progeren (focado em capital de giro). O único resultado positivo observado foi em relação à linha de apoio a projetos sobre o investimento. Bonomo *et al.* (2019) não observaram efeitos do BNDES Automático sobre o valor adicionado e sobre a produtividade de empresas do setor industrial em setores com choque de demanda positivo.

Os dois trabalhos mais recentes levantados utilizaram metodologia baseada em estimador de diferenças em diferenças a partir de variações exógenas. Ainda que esse método seja geralmente considerado mais adequado para a identificação de efeitos causais que os demais aqui mencionados, suas estimativas são de difícil comparação, por depender de situações semelhantes a experimentos naturais. Alves, Lima e Emanuel (2022) observaram efeitos nulos da linha emergencial do BNDES Automático (BNDES PER) sobre o emprego de empresas localizadas nos municípios do Rio de Janeiro afetados por enchentes em 2011. No caso do apoio à instalação de grandes plantas industriais via BNDES Finem, verificaram-se impactos positivos nos empregos formais não apenas nas empresas apoiadas, mas também naquelas localizadas nos entornos (Sant’Anna, Lima e Martini, 2021).

QUADRO 2

Resumo dos trabalhos sobre os efeitos do BNDES no financiamento a projetos

Referência	Instrumento do apoio	Base de dados	Período da análise	Metodologia	Dimensão	Resultado
Sousa (2013)	BNDES Finem e BNDES Automático	PIA e Rais	1996 a 2003	PSM + DiD	Produtividade	Nulo
Pires e Russel (2017)	BNDES Automático	PIA, PAC, PAS, Rais	2002 a 2012	PSM + DiD	Emprego	Inconclusivo
					Produtividade	Inconclusivo
Grimaldi <i>et al.</i> (2018)	BNDES Automático – Investimento	Rais e Serasa	2009 a 2010	PSM + DiD	Investimento	Positivo
					Emprego	Nulo
					Receita	Nulo
					Produtividade	Inconclusivo
	BNDES Automático – Progeren	Rais e Serasa	2009 a 2010	PSM + DiD	Investimento	Inconclusivo
					Emprego	Inconclusivo
					Receita	Inconclusivo
					Produtividade	Inconclusivo
Sousa e Ottaviano (2018)	BNDES Finem e BNDES Automático	PIA e Rais	1995 a 2007	PSM + DiD	Produtividade	Inconclusivo

(Continua)

(Continuação)

Referência	Instrumento do apoio	Base de dados	Período da análise	Metodologia	Dimensão	Resultado
Bonomo <i>et al.</i> (2019)	BNDES Automático	PIA e Rais	2002 a 2015	EF	Produtividade	Nulo
					Valor adicionado	Nulo
Alves, Lima e Emanuel (2022)	BNDES Automático – PER (foco: municípios do RJ)	Rais Dados georreferenciados de eventos climáticos	2002 a 2015	DiD	Emprego	Nulo
Sant’Anna, Lima e Martini (2021)	BNDES Finem (projetos <i>greenfield</i> de grandes plantas industriais)	Rais	2005 a 2017	DiD	Emprego	Positivo

Elaboração dos autores.
Obs.: DiD – estimador de diferença em diferenças a partir de variações exógenas.

3 METODOLOGIA

A avaliação do impacto dos produtos de crédito do BNDES sobre o investimento e o crescimento das firmas apoiadas traz um importante desafio, uma vez que as firmas que recebem o apoio podem ter características distintas daquelas que não o recebem. Se a concessão de crédito do BNDES fosse definida de maneira aleatória entre todas as empresas, o comportamento das firmas apoiadas na ausência do apoio – o contrafactual – poderia ser inferido pelo valor médio para as firmas não apoiadas. Contudo, isso não acontece no caso dos financiamentos pelo banco, que são concedidos com base nos projetos submetidos pelas empresas. Nesse sentido, há um viés de seleção ao tratamento.

Para controlar o viés de seleção e definir um contrafactual que permita identificar adequadamente a causalidade dos efeitos do apoio do BNDES, este estudo adota um procedimento em duas etapas. Inicialmente, para obter grupos semelhantes de empresas apoiadas e não apoiadas, estima-se o escore de propensão (*propensity score*)²⁷ ao apoio para cada empresa, isto é, uma previsão a partir de uma equação que relaciona a probabilidade de uma firma receber apoio condicional às características observáveis *X*. A partir dessa estimação, efetua-se o pareamento pelo método do vizinho mais próximo, no qual o escore de propensão estimado é utilizado para selecionar, para cada empresa apoiada, aquela não apoiada mais semelhante em termos desse escore, o que restringe a amostra para uma região de suporte comum. Esse procedimento tende a construir grupos de controle e de tratamento homogêneos em relação às características observáveis, reduzindo problemas associados a um possível viés de autoseleção dos tratados (Rosenbaum e Rubin, 1983; Meyer, 1995; Heckman, Ichimura e Todd, 1997).

27. Os procedimentos adotados para as estimativas do escore de propensão foram aplicados por meio do modelo automatizado em R para verificação de impacto (MARVIm), que aplica as metodologias descritas anteriormente por meio de rotinas automatizadas, apresentado em Grimaldi *et al.* (2018).

Para mensurar o balanceamento da amostra, de modo a analisar a qualidade do pareamento, foi calculado o indicador de diferenças médias normalizadas para cada variável do vetor X entre os grupos de tratados e de controles, antes e depois do exercício de pareamento (Hirano e Imbens, 2001), apresentado na equação a seguir. Esse indicador é uma medida livre de escalas, permitindo comparar as variáveis entre os grupos de tratados e controles, que equivale à diferença da média das empresas do grupo de tratamento (t) e das empresas do grupo de controle (c), em razão da raiz quadrada da média das variâncias dentro de cada grupo. Se o pareamento for bem-sucedido, espera-se um melhor balanceamento dos dois grupos após esse exercício, isto é, uma redução das diferenças médias normalizadas.

$$\hat{\Delta}_{ct} = \frac{\bar{X}_t - \bar{X}_c}{\sqrt{\frac{s_t^2 + s_c^2}{2}}}$$

A partir da base pareada, a estimação do impacto do tratamento é realizada por meio de uma especificação de regressão linear para o método de diferença em diferenças. As regressões são estimadas com base numa especificação do modelo em primeira diferença, em que as variáveis são apresentadas sob a forma de variação entre dois períodos – antes e depois do apoio. Essa estimação permite controlar para quaisquer variáveis não observáveis que sejam fixas no tempo e estejam simultaneamente associadas ao acesso ao crédito e às variáveis de resultado analisadas.²⁸ O modelo estimado é apresentado a seguir.

$$\Delta \ln Y_i = \alpha + \tau D_i + \beta \Delta X_i + \varepsilon_i$$

Nessa equação, $\Delta \ln Y_i$ representa a variação (em logaritmo natural) de uma dada variável de resultado da empresa i entre $t + 1$ e $t - 1$; D_i é uma variável *dummy* de tratamento, que define o *status* de acesso aos produtos de crédito do BNDES; e τ é o parâmetro que capta o efeito do tratamento. O vetor X_i inclui variáveis de outras características da empresa, como volume de ativos, de receitas e de despesas.

O tratamento foi definido pela liberação de créditos dos produtos do BNDES. Logo, uma empresa i é considerada tratada no ano t se teve recursos liberados nesse mesmo ano. Em cada exercício, o grupo de potenciais controles incluiu apenas empresas que não receberam nenhum apoio do BNDES no ano de referência. Todos os procedimentos descritos aqui foram aplicados ano a ano no período de análise (2008 a 2015). Foi estimado um coeficiente para cada variável de resposta no ano subsequente ao ano do apoio. Este trabalho, portanto, investiga os impactos de curto prazo do apoio via crédito do BNDES às empresas.

28. Como exemplos de efeitos fixos que podem influenciar as decisões da empresa que afetam sua trajetória de crescimento, pode-se citar o grau de habilidade do seu gestor ou a região do Brasil onde se localiza. Mais detalhes sobre essa questão podem ser consultados em Heckman, Ichimura e Todd (1997).

4 BASE DE DADOS

4.1 Fonte dos dados

Esta avaliação usa microdados do BNDES e do IBGE em nível de empresas no período 2007 a 2016 para avaliar as operações entre 2008 e 2015. Os dados do BNDES usados para identificar o tratamento foram as liberações das operações de crédito para pessoas jurídicas, considerando os produtos de crédito avaliados (BNDES Automático, Cartão BNDES, BNDES Finame e BNDES Finem).

Os dados de desempenho das firmas foram obtidos a partir das pesquisas setoriais do IBGE: a PIA-Empresa, a PAC e a PAS. Essas bases consistem em painéis de pesquisas anuais de base amostral, em que as empresas incluídas são selecionadas a partir do Cadastro Central de Empresas (Cempre), atualizado continuamente a partir das pesquisas econômicas do IBGE e das informações da Rais e do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Caged). Foram considerados apenas os dados de empresas pesquisadas no estrato certo (censitário) destas pesquisas, que inclui as empresas com 30 ou mais trabalhadores. As três bases do IBGE foram empilhadas e cruzadas com a base de liberações do BNDES por meio do CNPJ das empresas e do ano de referência das bases.

A PIA-Empresa tem como unidade de investigação a empresa formalmente constituída cuja principal fonte de receita seja a atividade industrial, compreendendo as indústrias extrativas e de transformação.²⁹ A PAS tem como unidade de investigação a empresa formalmente constituída cuja principal fonte de receita seja a prestação de serviços não-financeiros.³⁰ Já a PAC tem como unidade de investigação a empresa comercial formalmente constituída cuja principal fonte de receita seja a atividade comercial.³¹

As variáveis de resultado escolhidas para a avaliação permitem mensurar o impacto dos produtos de crédito do BNDES em termos de investimento, crescimento e produtividade do trabalho das empresas, como mostra o quadro 3, a seguir. Essa escolha está relacionada aos efeitos esperados do apoio via crédito do BNDES às empresas. O efeito mais imediato desse apoio é o relaxamento da restrição de crédito que a empresa sofre, seja para fins de investimento em plantas, seja para aquisição de bens de capital, seja para a constituição de capital de giro. Logo, o efeito direto do apoio pode ser mensurado pelos gastos em investimentos da empresa. Adicionalmente, assumindo que a função de produção das empresas é

29. Mais detalhes podem ser consultados em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9042-pesquisa-industrial-anual.html>.

30. Mais detalhes podem ser consultados em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/servicos/9028-pesquisa-anual-de-servicos.html>.

31. Mais detalhes podem ser consultados em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/comercio/9075-pesquisa-anual-de-comercio.html>.

bem-comportada,³² espera-se uma certa complementaridade entre capital e trabalho para cada nível de produção escolhido pela empresa. Logo, investimentos em capital podem levar à contratação de trabalhadores, o que pode ter efeitos sobre a massa salarial. Nessa lógica, uma vez que o investimento é viabilizado, esperam-se efeitos indiretos sobre o crescimento das empresas e o aumento de sua produção, associados aos retornos potenciais do projeto apoiado na forma de receitas e valor adicionado. Dependendo do objetivo do financiamento, pode-se esperar efeitos sobre a produtividade do trabalho, caso o crescimento do valor adicionado superar o crescimento do emprego.

QUADRO 3
Variáveis de resultado

Variável	Descrição
Investimento	Soma de aquisições, produção própria e melhorias do ativo imobilizado.
Pessoal ocupado (final do ano)	Pessoal ocupado total em 31/12.
Produtividade do trabalho ¹	Valor adicionado/pessoal ocupado.
Receita operacional líquida	Total da receita líquida.
Salários	Despesas com salários e outras remunerações.
Valor adicionado	Receita operacional líquida – consumo intermediário.

Fonte: PIA-Empresa, PAC e PAS. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/acesso-informacao/sala-de-acesso-a-dados-restritos.html>. Acesso em: 26 set. 2022.

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ A produtividade do trabalho considera o valor adicionado em razão de todo o pessoal ocupado pela empresa. Essa definição foi adotada por motivos de compatibilização entre as pesquisas do IBGE. Logo, no caso das empresas do setor industrial, não destaca os trabalhadores no chão de fábrica.

Obs.: Todas as variáveis medidas em unidades monetárias foram trazidas para valores de 2016 por meio de um deflator anual ajustado pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

Outras características das firmas foram incluídas como potenciais variáveis de controle nas estimações, tanto em relação ao cálculo da probabilidade do acesso ao apoio (escore de propensão), como em relação ao impacto do apoio. Essas variáveis incluem as aquisições, produção própria e melhorias para o ativo imobilizado, o consumo intermediário, as despesas financeiras e com variações monetárias, a eficiência energética, o excedente operacional bruto, a receita com exportações, a exposição financeira, os gastos com combustíveis e com pessoal, a média de pessoal ocupado no ano, *dummies* de setor (indústria, comércio e serviços) e porte da empresa, a receita bruta da atividade principal, a receita financeira total, a receita de vendas, a receita com serviços e receita total, a taxa de investimento e o valor agregado. Foram incluídas nesta análise as variáveis de resultado com um ano de

32. Uma função de produção bem-comportada é uma associação entre insumos que resultam em uma determinada quantidade de bens produzidos, na qual o produto marginal de cada fator de produção é decrescente e há retornos constantes de escala (Solow, 1956).

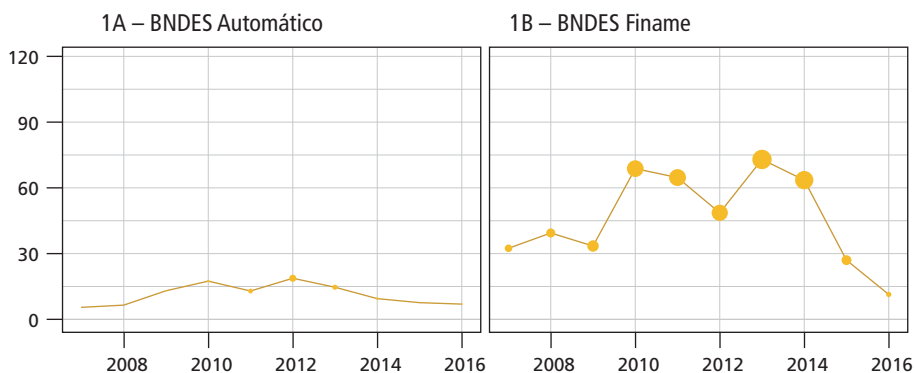
defasagem, como forma de se verificar a existência de tendência paralela entre os dois grupos no pré-tratamento, que é uma condição necessária para a atribuição de causalidade dos efeitos estimados.

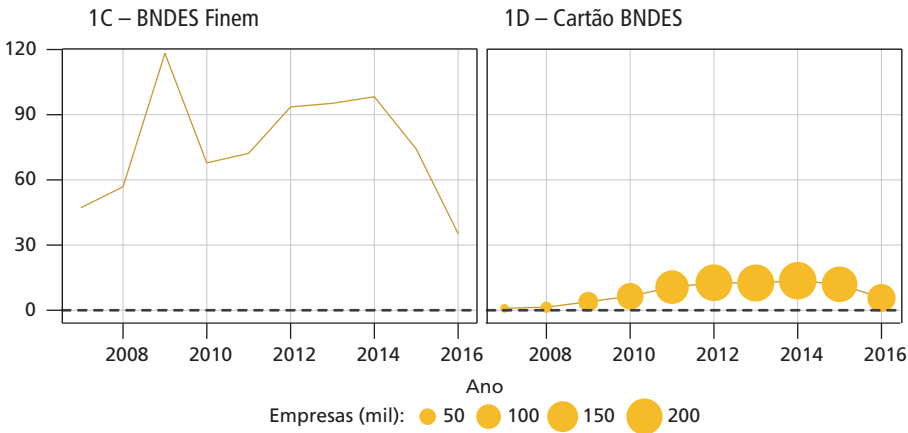
4.2 Estatísticas descritivas

No período de 2007 a 2016, o BNDES desembolsou cerca de R\$ 1,7 trilhão para mais de 710 mil empresas distintas, conforme mostra o gráfico 1. O Cartão BNDES liberou R\$ 79,7 bilhões em financiamentos para cerca de 522 mil empresas distintas, sendo de longe o produto de crédito do BNDES com maior alcance entre as firmas brasileiras. O ano com mais liberações foi 2014, com R\$ 13,6 bilhões. O BNDES Finame liberou R\$ 462,2 bilhões em financiamentos para cerca de 250 mil empresas distintas, sendo 2013 o ano com maior volume de liberações, com R\$ 72,96 bilhões. O BNDES Automático liberou R\$ 112,8 bilhões em apoio a empresas, beneficiando cerca de 76 mil empresas distintas. O ano com mais liberações foi 2012, com R\$ 18,7 bilhões. Finalmente, o BNDES Finem liberou R\$ 758,9 bilhões em crédito a empresas, beneficiando 2.255 empresas distintas. Com R\$ 118,3 bilhões, 2009 foi o ano com maior volume de liberações no período analisado. Em relação ao total de apoios do banco nesse mesmo período, os quatro produtos de crédito representaram 99,8% do total de operações e 82,9% do total de valor liberado pelo BNDES nesse período.

GRÁFICO 1

Liberações e número de empresas apoiadas por ano e produto de crédito do BNDES (2007-2016)
(Em R\$ 1 bilhão)





Fonte: PIA-Empresa, PAC e PAS. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/acesso-informacao/sala-de-acesso-a-dados-restritos>. Acesso em: 26 set. 2022.
Elaboração dos autores.
Obs.: Valores de 2016.

A tabela 1, a seguir, apresenta as médias, por produto de crédito, das variáveis presentes na base de dados utilizada na avaliação. As empresas apoiadas por mais de um produto de crédito foram incluídas no cálculo da média para cada apoio recebido. Para melhor identificar o perfil das empresas que receberam cada tipo de apoio, foi selecionado o primeiro ano da base de dados (2007), anterior aos cálculos dos impactos.

Em praticamente todas as variáveis, há correlação entre produto de crédito e porte da empresa. As empresas apoiadas pelo Cartão BNDES apresentam menor porte, seguidas pelas apoiadas pelo BNDES Finame e, em seguida, pelo BNDES Automático. As apoiadas pelo BNDES Finem apresentam porte significativamente superior às demais. As empresas não apoiadas são, em média, de pequeno porte. O produto com mais empresas apoiadas identificadas na base de dados, mais de 7 mil, é o BNDES Finame. A cobertura do Cartão BNDES foi desproporcionalmente inferior ao número total de empresas apoiadas, uma vez que a base de dados utilizada para a análise contém apenas empresas de no mínimo 30 empregados, e esse é um produto especialmente projetado para o apoio a micro e pequenas empresas.

TABELA 1
Médias das variáveis por tipo de apoio (2007)

Variável	Cartão BNDES	BNDES Finame	BNDES Automático	BNDES Finem	Não apoiadas
Ativo imobilizado – aquisições (R\$ 1 mil)	351,9	5.781,2	7.171,9	186.014,7	1.118,4
Ativo imobilizado – melhorias (R\$ 1 mil)	9,4	377,0	305,6	15.557,8	34,1
Ativo imobilizado – produção (R\$ 1 mil)	4,4	204,8	294,1	5.821,8	24,6
Consumo intermediário (R\$ 1 mil)	11.053,3	71.598,6	98.567,9	1.554.078,7	21.311,9
Despesas com variações monetárias (R\$ 1 mil)	23,9	819,0	1.627,9	47.324,5	491,7
Despesas financeiras (R\$ 1 mil)	434,9	4.039,0	5.796,3	219.671,5	975,3
Excedente operacional bruto (R\$ 1 mil)	2.516,5	18.522,7	27.195,1	672.528,2	6.614,5
Gastos com combustíveis (R\$ 1 mil)	268,8	3.548,3	1.919,6	40.022,3	389,3
Gastos com pessoal (R\$ 1 mil)	2.329,7	11.042,2	15.754,6	234.155,0	3.857,6
Investimento (R\$ 1 mil)	365,7	6.363,0	7.771,6	207.394,3	1.177,1
Pessoal ocupado (final do mês)	95,8	299,5	400,0	3.589,4	101,9
Porte MPME (%)	97,7	83,2	70,7	19,2	95,4
Produtividade do trabalho (R\$ 1 mil)	71,5	97,8	113,9	510,6	73,9
Receita bruta da atividade principal (R\$ 1 mil)	18.184,3	115.196,8	158.085,4	3.008.679,3	37.903,8
Receita com serviços (R\$ 1 mil)	3.558,3	17.583,8	12.904,0	434.384,9	6.679,6
Receita financeira total (R\$ 1 mil)	143,5	3.920,1	6.629,1	236.389,7	1.258,3
Receita operacional líquida (R\$ 1 mil)	16.047,1	103.916,3	147.208,1	2.550.826,3	32.743,2
Receita total (R\$ 1 mil)	16.416,5	110.749,1	159.420,2	3.227.876,8	35.057,1
Salários (R\$ 1 mil)	1.781,7	8.105,8	10.858,6	155.395,0	2.837,0
Valor adicionado (R\$ 1 mil)	4.846,2	29.565,0	42.949,7	906.683,2	10.472,1
Total de empresas	3.299	7.138	1.313	198	104.808

Fonte: PIA-Empresa, PAC e PAS. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/acesso-informacao/sala-de-acesso-a-dados-restritos>.

Acesso em: 26 set. 2022.

Elaboração dos autores.

Obs.: Valores de 2016.

5 RESULTADOS

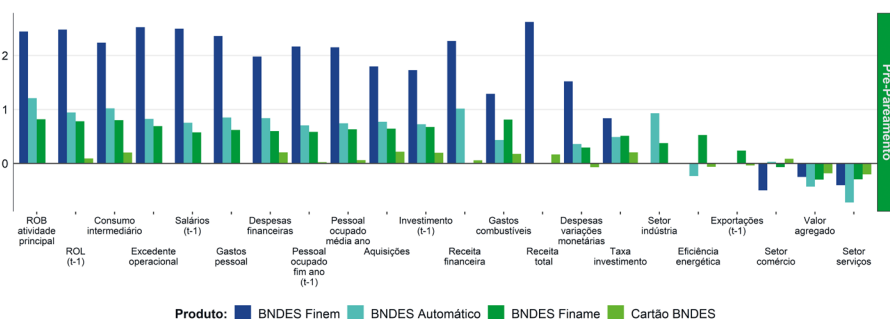
Esta seção apresenta os resultados para o exercício de pareamento e para as estimativas anuais para cada um dos tratamentos avaliados (Cartão BNDES, BNDES Finame, BNDES Automático e BNDES Finem). Um ponto importante da análise se refere à qualidade do balanceamento da amostra de tratados e controles em cada estimação em termos de suas variáveis observáveis. Conforme revelado pela tabela 1, essa condição não é satisfeita pela base de dados original utilizada nesta avaliação. Por isso, busca-se alcançar tal condição por meio de um exercício de pareamento, no qual, para cada observação, é estimada a probabilidade de receber o tratamento (*p-score*).

Para verificar a qualidade do balanceamento da amostra, foi utilizado o indicador de diferenças de médias normalizadas para cada variável referente às características das firmas. O gráfico 2 mostra os resultados obtidos, indicando que as magnitudes dos indicadores de diferenças normalizadas reduziram-se bastante para todas as variáveis, e que o pareamento foi efetivo na minimização dos vieses.

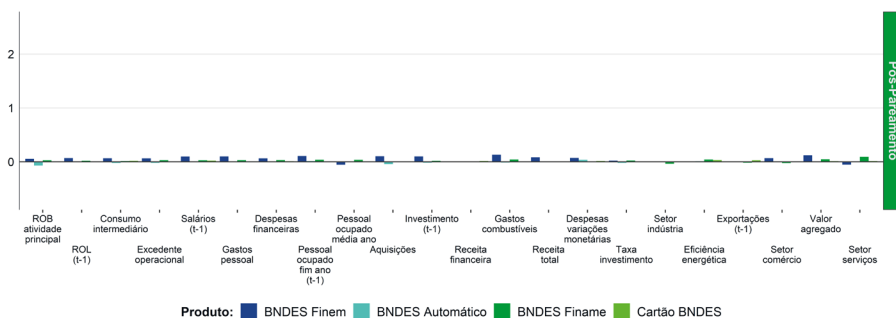
GRÁFICO 2

Diferenças de médias normalizadas por variável de controle (média 2008-2015)

2A – Pré-pareamento



2B – Pós-pareamento



Elaboração dos autores.

Obs.: 1. O gráfico 2A refere-se às empresas na base de dados original (pré-pareamento). O gráfico 2B já considera a amostra após o pareamento e restrita a um conjunto de empresas localizadas dentro de uma região de suporte comum em relação à probabilidade de receber o tratamento (*trimming*). Para melhor sintetizar os resultados, estão representadas as médias do indicador em todo o período de análise (2008-2015).

2. Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

A seguir, são apresentados os resultados das estimações para cada um dos produtos de crédito avaliados. As tabelas 2 a 5 apresentam os coeficientes estimados para os recursos liberados em cada ano de 2008 a 2015, considerando-se o período de um ano após o apoio. Como as variáveis explicadas estão na escala logarítmica, os coeficientes foram elevados ao exponencial para se obter o efeito de tratamento percentual. Quando o coeficiente estimado não foi estatisticamente significativo, considerou-se que o efeito do tratamento foi igual a zero.

5.1 Cartão BNDES

A tabela 2 apresenta os resultados das estimações para o apoio via Cartão BNDES, os quais estão de acordo com o padrão esperado. O acesso ao Cartão BNDES reduz os efeitos da restrição de crédito sofrida pelas firmas, particularmente severos por conta de seu menor porte. Isso explica os efeitos positivos sobre o investimento (variando entre 35% e 143% no ano seguinte ao apoio). A aquisição de bens de capital impulsiona emprego (entre 3,5% e 8%) e massa salarial (entre 1,7% e 7,6%) devido a questões de complementaridade de sua função de produção, além da produção, o que se reflete em um aumento de receitas (entre 3,5% e 8,7%). O aumento de receitas mais que compensa o total de custos (consumo intermediário), levando a um efeito positivo sobre o valor adicionado (entre 1,8% e 7,6%). Em contrapartida, o efeito sobre o emprego é superior a esse último, deixando a produtividade do trabalho em maioria de efeitos estatisticamente insignificantes e de magnitude próxima a zero. Logo, com exceção da produtividade do trabalho, todas as demais apresentaram efeito positivo e estatisticamente significativo em todos os anos.

TABELA 2

Estimativas anuais de diferença em diferenças: apoio – Cartão BNDES (2008-2015)

Ano	Investimento	Pessoal ocupado (final do ano)	Salários	Receita operacional líquida	Valor adicionado	Produtividade do trabalho
2008	0,3*** (0,084)	0,069*** (0,011)	0,066*** (0,013)	0,07*** (0,011)	0,057*** (0,014)	-0,019 (0,014)
2009	0,614*** (0,082)	0,077*** (0,009)	0,073*** (0,01)	0,083*** (0,008)	0,073*** (0,01)	-0,008 (0,011)
2010	0,887*** (0,086)	0,073*** (0,007)	0,061*** (0,008)	0,076*** (0,007)	0,071*** (0,008)	-0,003 (0,008)
2011	0,679*** (0,07)	0,064*** (0,006)	0,051*** (0,007)	0,061*** (0,005)	0,048*** (0,007)	-0,006 (0,007)
2012	0,695*** (0,064)	0,062*** (0,005)	0,056*** (0,007)	0,056*** (0,005)	0,044*** (0,006)	-0,012* (0,006)
2013	0,681*** (0,059)	0,048*** (0,005)	0,046*** (0,007)	0,051*** (0,005)	0,036*** (0,006)	-0,01* (0,006)
2014	0,622*** (0,055)	0,041*** (0,005)	0,034*** (0,006)	0,049*** (0,004)	0,039*** (0,005)	-0,002 (0,006)
2015	0,532*** (0,061)	0,034*** (0,005)	0,017*** (0,006)	0,034*** (0,005)	0,018*** (0,006)	-0,021*** (0,006)

Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Foram estimados coeficientes para cada variável de resposta, em cada ano no período 2008-2015, um ano após o apoio.

2. Variáveis explicadas em variação do *log*.

3. Desvio-padrão entre parênteses.

4. Significância: * 10%; ** 5%; e *** 1%.

Os padrões de resultados observados estão próximos daqueles verificados por outros trabalhos empíricos que avaliaram a efetividade do Cartão BNDES. Grimaldi *et al.* (2018) encontraram efeitos positivos do Cartão BNDES sobre o investimento e a receita. Sobre o emprego, Machado, Parreiras e Peçanha (2011),

Pires, Sodato e Vellani (2014), Pires e Russel (2017), Grimaldi *et al.* (2018) e Corseuil *et al.* (2019) encontraram efeitos positivos. Ou seja, o resultado positivo sobre o emprego se mantém entre trabalhos com diferentes coberturas setoriais, metodologias e períodos de análise. Corseuil *et al.* (2019) encontraram efeitos positivos sobre a massa salarial. Pires e Russel (2017) e Grimaldi *et al.* (2018) encontraram efeitos inconclusivos sobre a produtividade do trabalho, sendo que o primeiro verificou efeito positivo apenas no setor de serviços, enquanto o segundo não fez recortes setoriais e verificou variabilidade nas estimações ao longo dos anos analisados (2009 e 2010). Ressalta-se que Grimaldi *et al.* (2018) utilizam como medida de produtividade do trabalho o resultado bruto da empresa sobre o número de empregados, ao passo que este estudo utiliza o valor adicionado sobre o número de empregados, o que pode explicar a divergência.

5.2 BNDES Finame

Os resultados das estimações para o BNDES Finame estão apresentados na tabela 3. O acesso ao BNDES Finame reduz os efeitos da restrição de crédito que a firma sofre, o que explica os efeitos positivos sobre o investimento (entre 52% e 347% no ano seguinte ao apoio). A aquisição de bens de capital impulsiona o emprego (entre 7,6% e 9,1%) e a massa salarial (entre 5,7% e 9,1%) devido a questões de complementaridade de sua função de produção. Além disso, a produção cresce, o que se reflete em um aumento de receitas (entre 7% e 12,1%). O aumento de receitas mais que compensa o total de custos (consumo intermediário), o que leva ao efeito positivo sobre o valor adicionado (entre 6,1% e 11,4%). Contudo, o efeito sobre o emprego é superior a esse último, impedindo o aumento da produtividade do trabalho, em que a grande maioria dos efeitos encontrados não foram significativos.

TABELA 3

Estimativas anuais de diferença em diferenças: apoio – BNDES Finame (2008-2015)

Ano	Investimento	Pessoal ocupado (final do ano)	Salários	Receita operacional líquida	Valor adicionado	Produtividade do trabalho
2008	0,421*** (0,063)	0,087*** (0,008)	0,072*** (0,01)	0,1*** (0,007)	0,088*** (0,009)	-0,011 (0,01)
2009	0,883*** (0,077)	0,087*** (0,008)	0,087*** (0,009)	0,114*** (0,007)	0,108*** (0,009)	0,014 (0,009)
2010	1,498*** (0,082)	0,086*** (0,006)	0,061*** (0,007)	0,098*** (0,006)	0,088*** (0,007)	0,007 (0,007)
2011	1,192*** (0,08)	0,08*** (0,006)	0,062*** (0,008)	0,085*** (0,005)	0,078*** (0,007)	0,002 (0,007)
2012	1,203*** (0,083)	0,085*** (0,006)	0,079*** (0,008)	0,095*** (0,006)	0,085*** (0,007)	0,002 (0,007)
2013	1,204*** (0,076)	0,087*** (0,006)	0,079*** (0,007)	0,092*** (0,005)	0,076*** (0,007)	-0,001 (0,007)

(Continua)

(Continuação)

Ano	Investimento	Pessoal ocupado (final do ano)	Salários	Receita operacional líquida	Valor adicionado	Produtividade do trabalho
2014	0,934*** (0,076)	0,073*** (0,006)	0,061*** (0,006)	0,078*** (0,005)	0,059*** (0,007)	-0,017** (0,007)
2015	0,83*** (0,102)	0,077*** (0,009)	0,055*** (0,008)	0,068*** (0,007)	0,063*** (0,009)	-0,005 (0,01)

Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Foram estimados coeficientes para cada variável de resposta, em cada ano no período 2008-2015, um ano após o apoio.

2. Variáveis explicadas em variação do *log*.

3. Desvio-padrão entre parênteses.

4. Significância: * 10%; ** 5%; e *** 1%.

Os padrões de resultados observados estão próximos daqueles verificados por outros trabalhos empíricos que avaliaram a efetividade do BNDES Finame. Ribeiro e De Negri (2009), Machado e Roitman (2015), Grimaldi *et al.* (2018) e Machado, Grimaldi e Albuquerque (2018) encontraram efeitos positivos do BNDES Finame sobre o investimento. Sobre o emprego, Ribeiro e De Negri (2009), Pires e Russel (2017), Alves, Botelho e Fernandes (2018), Grimaldi *et al.* (2018) e Pinto e Grimaldi (2019) encontraram efeitos positivos. Ribeiro e De Negri (2009), Grimaldi *et al.* (2018) e Pinto e Grimaldi (2019) encontraram efeitos positivos sobre a receita. Ou seja, os efeitos positivos sobre investimento, emprego e receitas se mantiveram em trabalhos com diferentes coberturas setoriais, metodologias e períodos de análise. Bonomo *et al.* (2019) verificou efeitos nulos no valor adicionado. Contudo, esse trabalho observou um recorte setorial específico, isto é, os setores industriais com choques positivos de demanda. Em relação à produtividade do trabalho, a maioria dos estudos verificou efeitos nulos ou inconclusivos do apoio do BNDES Finame, como Pires e Russel (2017), Grimaldi *et al.* (2018) e Bonomo *et al.* (2019), com particularidades já mencionadas anteriormente. O único trabalho que observou efeito positivo desse instrumento sobre a produtividade do trabalho foi Sousa (2013), o qual abordou apenas o setor industrial e um período de tempo anterior ao coberto por esta avaliação (1996-2003).

5.3 BNDES Automático

A tabela 4 apresenta os resultados das estimações para o BNDES Automático. A única variável que apresentou efeito positivo e estatisticamente significativo em todos os anos considerados foi o investimento. O impacto estimado sobre o investimento das firmas apoiadas variou entre 69% e 177% um ano após o apoio. No mesmo período de referência, o emprego teve efeitos significativos na maior parte dos anos, variando entre 0 e 9,9%. A receita operacional líquida também teve maioria de anos com efeitos significativos, variando entre 0 e 9,3%. Os efeitos sobre massa salarial, valor adicionado e produtividade do trabalho somente apresentaram significância em alguns anos específicos.

TABELA 4
Estimativas anuais de diferença em diferenças: apoio – BNDES Automático (2008-2015)

Ano	Investimento	Pessoal ocupado (final do ano)	Salários	Receita operacional líquida	Valor adicionado	Produtividade do trabalho
2008	0,89*** (0,241)	0,034 (0,022)	0,004 (0,019)	0,02 (0,019)	0,059** (0,025)	0,03 (0,027)
2009	0,764*** (0,224)	0,06** (0,024)	0,015 (0,021)	0,053*** (0,018)	0,049* (0,027)	-0,001 (0,027)
2010	0,94*** (0,246)	0,065*** (0,02)	0,035* (0,02)	0,064*** (0,017)	0,026 (0,023)	-0,024 (0,022)
2011	0,591** (0,231)	0,047** (0,021)	0,026 (0,019)	0,056*** (0,017)	0,035 (0,023)	-0,044* (0,024)
2012	0,571*** (0,196)	0,072*** (0,017)	0,061*** (0,016)	0,034** (0,015)	0,032 (0,019)	-0,057*** (0,019)
2013	0,527** (0,226)	0,094*** (0,019)	0,032 (0,022)	0,089*** (0,017)	0,036* (0,021)	-0,037* (0,021)
2014	0,551* (0,303)	0,069*** (0,021)	0,005 (0,031)	0,043** (0,02)	0,026 (0,027)	-0,036 (0,028)
2015	1,02*** (0,306)	0,05* (0,029)	0,039 (0,03)	0,03 (0,028)	-0,007 (0,035)	-0,027 (0,031)

Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Foram estimados coeficientes para cada variável de resposta, em cada ano no período 2008-2015, um ano após o apoio.

2. Variáveis explicadas em variação do *log*.

3. Desvio-padrão entre parênteses.

4. Significância: * 10%; ** 5%; e *** 1%.

Os resultados sobre o efeito do BNDES Automático no crescimento do investimento corroboram aqueles de Grimaldi *et al.* (2018) para a efetividade do BNDES Automático – Investimento, mas destoam daqueles verificados pelo mesmo trabalho para o BNDES Automático – Progeren, o qual, por ser concentrado no apoio ao capital de giro, pode ter efeito esperado diferente. Os resultados sobre o crescimento do emprego divergem dos estudos anteriores. Pires e Russel (2017) fizeram estimações desagregadas pelos grandes setores (indústria, comércio e serviços) e verificaram efeitos positivos apenas nesse setor. Grimaldi *et al.* (2018) observaram resultados nulos para as duas linhas que abordaram, o que pode ser em parte explicado pela utilização nesse trabalho de uma base de dados que apresenta cobertura amostral distinta das bases do IBGE.³³ A divergência das bases de dados também pode explicar os resultados distintos observados sobre a receita em relação às estimativas deste estudo. Alves, Lima e Emanuel (2022) observaram resultado nulo sobre o emprego, mas analisaram apenas o caso do apoio da linha emergencial do BNDES Automático sobre os municípios do Rio de Janeiro em 2011. Além disso, esse trabalho utilizou uma metodologia baseada em diferença em diferenças a partir de variação exógena, a qual, ainda que seja considerada de

33. Trata-se da base de dados da Serasa Experian. Disponível em: <https://www.serasaexperian.com.br/>.

elevada causalidade, por simular um experimento natural, é pouco comparável aos métodos utilizados pelos demais trabalhos aqui mencionados.

Os resultados nulos sobre a produtividade do trabalho corroboram Bonomo *et al.* (2019), além de Sousa (2013) e Sousa e Ottaviano (2018), que avaliaram conjuntamente os efeitos do BNDES Automático e do BNDES Finem. Segundo Sousa e Ottaviano (2018), os resultados da avaliação são sensíveis à especificação do modelo de estimação escolhido. Contudo, os resultados obtidos pelos autores segundo o método do pareamento combinado com estimador de diferenças em diferenças tiveram resultados convergentes aos obtidos por este estudo. Segundo Sousa (2013), o resultado inconclusivo sobre a produtividade pode ser relacionado ao fato de, como o apoio do BNDES a projetos de investimento envolvem a aquisição de bens de capital no processo produtivo, os ganhos de produtividade advindos do apoio poderem estar concentrados no setor de produção de bens de capital. Outras possíveis explicações, segundo o mesmo estudo, incluem um efeito de antecipação das empresas, as quais se reestruturariam para ganhar produtividade como forma de se tornar elegíveis para o apoio via crédito, ou, no sentido inverso, uma longa defasagem ao longo dos anos para que os efeitos dos investimentos financiados se traduzam em maior produtividade do trabalho.

5.4 BNDES Finem

Os resultados das estimações para o BNDES Finem estão apresentados na tabela 5. A única variável que apresentou efeitos positivos e estatisticamente significativos na maioria dos anos considerados foi o emprego, com efeitos estimados variando de 0 a 24,2% um ano após o apoio. Considerando o mesmo período de referência, a receita operacional líquida teve efeitos positivos e significativos na maior parte dos anos, variando entre 0 e 12,3%. Os efeitos do apoio sobre massa salarial, valor adicionado, produtividade do trabalho e investimento somente apresentaram significância em alguns anos específicos.

TABELA 5
Estimativas anuais de diferença em diferenças: apoio – BNDES Finem (2008-2015)

Ano	Investimento	Pessoal ocupado (final do ano)	Salários	Receita operacional líquida	Valor adicionado	Produtividade do trabalho
2008	0,512 (0,398)	0,17* (0,1)	0,081* (0,045)	0,116** (0,05)	0,096* (0,055)	0 (0,054)
2009	0,888** (0,384)	0,217* (0,114)	0,131** (0,058)	0,093* (0,049)	0,142** (0,064)	0,07 (0,065)
2010	0,856** (0,345)	0,038 (0,056)	0,017 (0,039)	0,005 (0,038)	-0,011 (0,051)	-0,089 (0,056)
2011	0,789* (0,414)	0,152** (0,072)	0,064 (0,04)	0,061** (0,03)	0,092** (0,044)	-0,064 (0,045)

(Continua)

(Continuação)

Ano	Investimento	Pessoal ocupado (final do ano)	Salários	Receita operacional líquida	Valor adicionado	Produtividade do trabalho
2012	0,603 (0,403)	0,118** (0,057)	0,062 (0,038)	0,021 (0,037)	0,045 (0,041)	-0,023 (0,038)
2013	0,526 (0,399)	0,048 (0,035)	0,015 (0,034)	0,059* (0,032)	0,074* (0,039)	0,023 (0,041)
2014	0,497 (0,395)	0,018 (0,029)	0,028 (0,022)	-0,003 (0,027)	0,048 (0,036)	0,024 (0,038)
2015	0,396 (0,344)	0,117** (0,056)	0,095*** (0,031)	0,109*** (0,032)	0,06 (0,04)	0,008 (0,041)

Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Foram estimados coeficientes para cada variável de resposta, em cada ano no período 2008-2015, um ano após o apoio.

2. Variáveis explicadas em variação do *log*.

3. Desvio-padrão entre parênteses.

4. Significância: * 10%; ** 5%; e *** 1%.

Pelo fato de as bases setoriais do IBGE não incluírem infraestrutura, que concentra grande parte das operações do BNDES Finem, como também por conta de suas próprias características (operações de elevado valor por operação), as estimações do BNDES Finem possuem menos observações que as dos demais produtos avaliados, resultando em micronumerosidade do grupo de tratamento. Consequentemente, encontramos baixa significância estatística em muitas variáveis estimadas. Ainda assim, a elevada magnitude das estimativas pontuais para o investimento sugere que a direção de variação está dentro do esperado, mesmo na ausência de significância estatística. Cabe destacar que a dinâmica dos investimentos financiados por esse produto tem uma lógica distinta dos demais, principalmente por estar associado a firmas de maior porte, que tendem a ser menos restritas a crédito. Além disso, muitos financiamentos se justificam pela existência de externalidades. É o caso, por exemplo, de operações de inovação tecnológica, de infraestrutura e com foco em sustentabilidade. Nesses casos, os principais impactos esperados não ocorrem nas dimensões econômicas e financeiras avaliadas, mas em benefícios coletivos (no caso de operações de sustentabilidade ou de saneamento, por exemplo) ou em impactos econômicos indiretos (caso, por exemplo, de melhorias na infraestrutura logística).

Os resultados sobre o crescimento do emprego corroboram Sant'Anna, Lima e Martini (2021), que focaram a instalação de grandes plantas industriais. Contudo, esse estudo utiliza uma metodologia distinta da maioria das avaliações de impacto levantadas por este trabalho, isto é, baseada no estimador de diferença em diferenças ante variação exógena. Por isso, seus resultados, ainda que convergentes, não são diretamente comparáveis com os aqui obtidos. Os resultados nulos sobre a produtividade corroboram Sousa (2013) e Sousa e Ottaviano (2018), os quais avaliaram o apoio do BNDES a projetos de investimento, incluindo via BNDES Automático. É importante destacar que este artigo é o primeiro estudo que avalia o BNDES Finem, tanto em sua totalidade, quanto de maneira isolada em relação a outros apoios.

5.5 Robustez dos resultados

Para fim de verificar a robustez dos resultados obtidos, os mesmos procedimentos econométricos foram replicados tomando duas alternativas como períodos de referência ao tratamento. Esses períodos foram o mesmo ano do apoio e dois anos após o apoio.³⁴ No caso dos produtos Cartão BNDES e BNDES Finame, os resultados de todas as variáveis se mostraram robustos tanto em termos de magnitude dos efeitos estimados, como em termos de significância estatística.

No caso do produto BNDES Automático, observou-se robustez dos impactos estimados sobre o investimento e o emprego nas empresas apoiadas. A massa salarial só apresentou maioria de anos com efeitos significativos no ano do apoio, com impacto entre 0 e 7,9%. A receita operacional líquida teve maioria de anos com efeitos significativos no ano do tratamento, com efeito variando entre 0 e 7,4%, além de um ano após o apoio. Já os efeitos sobre valor adicionado e produtividade do trabalho somente apresentaram significância em alguns anos específicos em qualquer período de referência. Esse padrão pode ser explicado pelo apoio do BNDES Automático não ser restrito a projetos, mas incluir também financiamento a capital de giro isolado, isto é, não associado a investimentos.

Em relação ao BNDES Finem, a única variável com efeitos positivos, significativos e robustos em todos os períodos foi o emprego. A receita operacional líquida teve efeitos positivos e significativos na maior parte dos anos nos períodos de um e dois anos após o apoio, nesse caso, variando entre 0 e 16,8%, o que sugere uma robustez dos efeitos no médio prazo. A massa salarial apresentou consistentemente efeitos positivos e significativos apenas no período de dois anos após o apoio, variando entre 0 e 14,3%. Os efeitos sobre investimento, valor adicionado e produtividade do trabalho somente apresentaram significância em alguns anos específicos em qualquer período de referência. De forma geral, observou-se uma tendência de aceleração na magnitude dos coeficientes estimados conforme se distancia o ano do tratamento, que pode estar correlacionada com o tipo de investimento normalmente financiado pelo BNDES Finem, de maior porte e tempo de execução.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho fez uma avaliação panorâmica do apoio do BNDES via crédito às empresas nos seus principais produtos, sobre variáveis referentes a investimento, crescimento e produtividade do trabalho das empresas apoiadas. A avaliação verificou, de modo geral, efeitos positivos de elevada magnitude no investimento, já observados no mesmo ano do apoio. Também foram observados efeitos sobre o crescimento das empresas, mensurados em termos de emprego, massa salarial e receita operacional líquida.

34. Por motivos de restrição de espaço, as tabelas com os resultados das estimações dos testes de robustez foram omitidas.

Na comparação entre produtos, observou-se que os efeitos estimados apresentaram maior magnitude nos instrumentos relacionados a aquisição de bens e serviços, isto é, Cartão BNDES e BNDES Finame. Nesses produtos, verificaram-se impactos positivos no ano subsequente ao apoio no investimento, no pessoal ocupado, nos salários, na receita operacional líquida e no valor adicionado. De modo geral, os efeitos estimados estão de acordo com a bibliografia sobre as avaliações focadas nos impactos desses produtos. Do ponto de vista da teoria econômica, os resultados são compatíveis com a hipótese de que esses instrumentos contribuem para aliviar problemas de restrição de crédito, mais comuns nas MPMEs (grupo majoritário entre os clientes desses produtos). É importante destacar que, como o Cartão BNDES permite financiar atividades que não se limitam à compra de bens de capital, seus efeitos são ligeiramente inferiores em termos de magnitude em comparação com o BNDES Finame.

Os resultados observados para os produtos voltados ao apoio a projetos de investimento, BNDES Automático e BNDES Finem, tiveram estimativas na direção esperada, embora nem sempre com significância estatística, o que dificulta a interpretação de um padrão de efeitos. Contudo, considerando o grau de heterogeneidade dos apoios passíveis de financiamento e a dificuldade de se estabelecer claramente uma janela antes e depois do apoio, fica mais difícil chegar a conclusões mais assertivas, em que pese ainda a estratégia não customizada utilizada na avaliação dos produtos.

Importante destacar que os métodos aqui empregados são dependentes de que o pareamento nas covariadas observáveis e o controle por efeitos fixos sejam suficientes para eliminar qualquer viés de seleção das empresas que recebem apoio do BNDES. Ainda que haja espaço para uma discussão mais profunda sobre a causalidade dos efeitos estimados,³⁵ tendo em vista o objetivo da avaliação panorâmica, as correlações obtidas sobre os efeitos do BNDES estão, em geral, dentro do esperado. O crédito bancário às empresas tem efeitos positivos sobre o investimento, o emprego, a massa salarial e as receitas (Manaresi e Pierri, 2019).

Os resultados obtidos corroboram a literatura existente de avaliações de impacto sobre o apoio via crédito do BNDES a empresas nas mesmas variáveis e para os mesmos produtos financeiros aqui considerados, que tendem a encontrar efeitos positivos sobre investimento, emprego e receita, como discutido na revisão da literatura. Também em consonância com as evidências mapeadas, foram observados efeitos não significativos para a produtividade do trabalho. Por outro lado, este artigo foi pioneiro em verificar efeitos positivos do BNDES Automático sobre o crescimento das empresas, o que pode estar relacionado com o fato de trabalhar com uma base de dados com maior cobertura em termos de período de análise e de setores econômicos que estudos anteriores, além de ser a primeira avaliação dos efeitos isolados do BNDES Finem.

35. Os avanços recentes nos métodos microeconômicos reforçam a importância da análise das tendências pré-tratamento para que se possa obter considerações mais consistentes sobre efeitos causais do tratamento. Esse ponto não foi endereçado aqui, tendo em vista o objetivo mais geral da avaliação. Para mais detalhes sobre esses avanços, ver Roth *et al.* (2023).

Por fim, considera-se que esta avaliação trouxe percepções importantes para que se tenha uma visão global sobre a efetividade do apoio do BNDES a empresas. A avaliação traz pistas de quais seriam os aprofundamentos necessários numa possível atualização das estimativas apresentadas. Primeiramente, é importante comparar com estimativas sobre o apoio do BNDES no período mais recente, em que houve mudanças significativas nas políticas operacionais vigentes, com destaque para a substituição da Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) pela Taxa de Longo Prazo (TLP) como principal custo de referência, a partir de 2018. Adicionalmente, é importante que as avaliações futuras dos produtos de crédito complementem essa exploração mais geral, avançando em estratégias empíricas específicas para cada produto e explorando potenciais heterogeneidades entre tipos de intervenção ou empresas apoiadas, de forma a obter evidências que orientem eventuais aprimoramentos das políticas operacionais.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, G. F. *et al.* Perfil do apoio do produto BNDES Finame. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 51, p. 7-51, jun. 2019.
- AKERLOF, G. A. The market for “lemons”: quality uncertainty and the market mechanism. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 84, n. 3, p. 488-500, 1970.
- ALVES, P.; BOTELHO, D.; FERNANDES, J. Avaliação de impacto dos financiamentos do BNDES sobre as firmas industriais brasileiras no período pós-crise. *In*: DE NEGRI, J.; ARAÚJO, B. C.; BACELETTE, R. (org.). **Financiamento do desenvolvimento no Brasil**. Brasília: Ipea, 2018. p. 93-135.
- ALVES, P. J.; LIMA, R. C. de A.; EMANUEL, L. Natural disasters and establishment performance: evidence from the 2011 Rio de Janeiro Landslides. **Regional Science and Urban Economics**, v. 95, jul. 2022.
- BANERJEE, A.; DUFLO, E. Growth theory through the lens of development. *In*: AGHION, P.; DURLAUF, S. N. (ed.). **Handbook of Economic Growth**. Amsterdã: North-Holland, 2005. v. 1, part A, p. 473-552.
- BARBOZA, R. de M. *et al.* **O BNDES e as micro, pequenas e médias empresas**. Rio de Janeiro: BNDES, 2019. (Textos para Discussão, n. 146).
- BARBOZA, R. *et al.* O que aprendemos sobre os bancos nacionais de desenvolvimento? Evidências do Brasil. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 43, n. 3, p. 646-669, jul.-set. 2023.

BONOMO, M. *et al.* How a development bank affects productivity. In: ANNUAL MEETING OF THE LATIN AMERICAN AND CARIBBEAN ECONOMIC ASSOCIATION (LACEA) AND LATIN AMERICAN MEETING OF THE ECONOMETRIC SOCIETY (LAMES), 24., 2019, Puebla. **Anais [...]**. Puebla: Lacea; Lames, 2019.

BORÇA JUNIOR, G. R.; FALEIROS, J. P. M.; ZYLBERBERG, R. S. O modelo indireto do BNDES: benefícios, diagnóstico e perspectivas. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 53, p. 53-88, jun. 2020.

CORSEUIL, C. H. L. *et al.* **Uma análise do perfil e da dinâmica das empresas que usam o Cartão BNDES**. Rio de Janeiro: BNDES, ago. 2019. (Textos para Discussão, n. 142). Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/18300>.

CUNNINGHAM, S. **Causal inference: the mixtape**. New Haven: Yale University Press, 2021.

DE LUNA-MARTINEZ, J. *et al.* **2017 Survey of national development banks**. Washington: World Bank Group, 2018. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/977821525438071799/2017-Survey-of-National-development-banks>.

GREENWALD, B. C.; KOHN, M.; STIGLITZ, J. E. Financial market imperfections and productivity growth. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 13, n. 3, p. 321-345, 1990.

GRIMALDI, D. D. S. *et al.* **Uma solução automatizada para avaliações quantitativas de impacto: primeiros resultados do MARVIm**. Rio de Janeiro: BNDES, 2018. (Textos para Discussão, n. 128).

GÜLER, O. *et al.* The real effects of banks' corporate credit supply: a literature review. **Economic Inquiry**, v. 59, n. 3, p. 1252-1285, 2021.

HECKMAN, J. J.; ICHIMURA, H.; TODD, P. E. Matching as an econometric evaluation estimator: evidence from evaluating a job training programme. **The Review of Economic Studies**, v. 64, n. 4, p. 605-654, 1997.

HIRANO, K.; IMBENS, G. W. Estimation of causal effects using propensity score weighting: an application to data on right heart catheterization. **Health Services & Outcomes Research Methodology**, v. 2, n. 259-278, 2001.

LEVY YEYATI, E.; MICCO, A.; PANIZZA, U. **Should the government be in the banking business?** The role of state-owned and development banks. Nova York: IDB, 2004. (Working Papers, n. 217).

MACHADO, L.; GRIMALDI, D. da S.; ALBUQUERQUE, B. E. **Additionality of countercyclical credit: a cost-effectiveness analysis of the Investment Maintenance Program (PSI)**. Rio de Janeiro: BNDES, 2018. (Discussion Papers, n. 129).

MACHADO, L.; PARREIRAS, M. A.; PEÇANHA, V. R. Avaliação de impacto do uso do Cartão BNDES sobre o emprego nas empresas de menor porte. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 36, p. 5-42, 2011.

MACHADO, L.; ROITMAN, F. Os efeitos do PSI sobre o investimento corrente e futuro das firmas industriais. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 43., 2015, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Anpec, 2015.

MANARESI, F.; PIERRI, N. **Credit supply and productivity growth**. [S. l.]: IMF, 2019. (IMF Working Paper, n. 19/107).

MEYER, B. D. Natural and quasi-experiments in economics. **Journal of business & Economic Statistics**, v. 13, n. 2, p. 151-161, 1995.

MIGUEZ, T. Análise e impacto do BNDES Finame a partir das empresas credenciadas, dos produtos financiados e da cadeia de fornecedores. **Nova Economia**, v. 30, n. 3, p. 833-869, 2020.

PINTO, A.; GRIMALDI, D. **O impacto da política de conteúdo local do BNDES sobre o setor de bens de capital brasileiro**. Rio de Janeiro: BNDES, 2019.

PIRES, J.; RUSSEL, N. **Avaliação de programas de apoio a empresas no Brasil**. Washington: OVE/BID, 2017.

PIRES, J.; SODATO, S.; VELLANI, S. **Uma análise comparativa das abordagens do BID no apoio as PMEs: analisando resultados no setor industrial brasileiro**. Washington: OVE/BID, 2014.

RIBEIRO, E. P.; DE NEGRI, J. A. **Public credit use and manufacturing productivity in Brazil**. [S. l.]: [s. n.], 2009. Mimeografado. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Public-Credit-Use-and-Manufacturing-Productivity-in-Ribeiro-Cademj/77817d2a1f50c9b2c29a35a30e8f43f878413ba2>.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, n. 1, p. 41-55, 1983.

ROTH, J. *et al.* What's trending in difference-in-differences? A synthesis of the recent econometrics literature. **Journal of Econometrics**, v. 235, n. 2, p. 2218-2244, 2023.

SANT'ANNA, A. A.; BORÇA JUNIOR, G. R.; ARAUJO, P. Q. de. Mercado de crédito no Brasil: evolução recente e o papel do BNDES (2004-2008). **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 31, p. 41-60, jun. 2009.

SANT'ANNA, A. A.; LIMA, A. C. C.; MARTINI, R. A. Investimentos em grandes plantas industriais: economias de aglomeração e efeitos *spillover*. **Revista Econômica**, Niterói, v. 13, n. 1, 2021.

SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 70, n. 1, p. 65-94, fev. 1956.

SOUSA, F. L. de. How can development banks boost firms' productivity? *In*: RIST, R. C.; BOILY, M.-H.; MARTIN, F. R. (ed.). **Development evaluation in times of turbulence: dealing with crises that endanger our future**. Washington: World Bank, 2013. p. 115-142.

SOUSA, F. L. de; OTTAVIANO, G. I. P. Relaxing credit constraints in emerging economies: the impact of public loans on the productivity of Brazilian manufacturers. **International Economics**, v. 154, p. 23-47, 2018.

STIGLITZ, J. E. Financial markets and development. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 5, n. 4, p. 55-68, 1989.

STIGLITZ, J. E. The role of the state in financial markets. **The World Bank Economic Review**, v. 7, n. 1, p. 19-52, 1993.

STIGLITZ, J. E. The role of the financial system in development. *In*: ANNUAL WORLD BANK CONFERENCE ON DEVELOPMENT IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN (LAC ABCDE), 4., 1998, San Salvador. **Anais [...]**. San Salvador: World Bank, 29 jun. 1998.

STIGLITZ, J. E.; WEISS, A. Credit rationing in markets with imperfect information. **The American Economic Review**, v. 71, n. 3, p. 393-410, 1981.

STIGLITZ, J. E.; WEISS, A. Incentive effects of termination: applications to the credit and labor markets. **The American Economic Review**, v. 73, n. 5, p. 912-927, 1983.

TIROLE, J. Corporate governance. **Econometrica**, v. 69, n. 1, p. 1-35, 2001.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BANERJEE, A. V.; DUFLO, E. Do firms want to borrow more? Testing credit constraints using a directed lending program. **The Review of Economic Studies**, v. 81, n. 2, p. 572-607, 2014.

CORSEUIL, C. H. *et al.* **Firm-level and local labor market effects of a large credit shock: evidence from Brazil**. Rio de Janeiro: Ipea, set. 2023. (Discussion Paper, n. 2924). Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/77d1ebb5-cb53-4b1a-bc4c-fa52afdee4b1/content>.

IMBENS, G. W.; RUBIN, D. B. **Causal inference in statistics, social, and biomedical sciences: an introduction**. Nova York: Cambridge University Press, 2015.

Originais submetidos em: mar. 2025.

Última versão recebida em: ago. 2025.

Aprovada em: jun. 2025.

OS EFEITOS DE TRAJETÓRIAS EDUCACIONAIS DE QUALIDADE SOBRE EMPREGO E VIOLÊNCIA NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS¹

Luciano Mancuso Salomão²

Naercio Aquino Menezes-Filho³

Este artigo propõe um novo índice de qualidade educacional, que acompanha a trajetória escolar dos estudantes nos municípios brasileiros e investiga seu impacto sobre criminalidade e geração de empregos. O índice mede a proporção de alunos de 17-18 anos que alcançaram proficiência suficiente no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) entre os matriculados na primeira série uma década antes. Analisando duas gerações, examinamos os impactos de variações do índice para formados entre 2009-2014 sobre empregabilidade e violência entre 2014-2019. Os resultados indicam que melhorias na trajetória educacional reduzem homicídios e aumentam contratações formais de jovens, com efeitos robustos inclusive em intervalos de curto prazo.

Palavras-chave: qualidade educacional; Enem; ensino superior; segurança.

HOW QUALITY EDUCATIONAL TRAJECTORIES INFLUENCE EMPLOYMENT AND VIOLENCE IN BRAZILIAN MUNICIPALITIES

This paper proposes a new educational quality index that tracks students' academic trajectories in Brazilian municipalities and examines its impact on crime and employment. The index measures the proportion of 17-18-year-old students who achieved sufficient proficiency in the Enem among those enrolled in the 1st grade a decade earlier. Analyzing two generations, we assess the effects of index variations for graduates between 2009-2014 on employment and violence between 2014-2019. Results indicate that improvements in educational trajectories reduce homicides and increase formal youth employment, with robust effects even in the short term.

Keywords: educational quality; Enem; higher education; security.

JEL: I15; I25; J40.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da educação, embora seja um dos principais fatores determinantes da produtividade de um país (Mankiw, Romer e Weil, 1992), é um elemento de difícil modificação. Compras de máquinas e equipamentos geram impactos sobre a produtividade do trabalho mais rapidamente, enquanto mudanças significativas na qualidade educacional demoram mais tempo para dar resultados. Esse dilema é ainda mais predominante na literatura educacional, com evidências de que efeitos de uma melhora qualitativa sobre a produtividade se sobressaem em relação aos

1. DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/ppe55n3art2>.

2. Pesquisador na Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe) e consultor de avaliação de impacto no Hospital do Coração (Hcor). *E-mail:* lucianomans98@alumni.usp.br.

3. Professor no Insper e na Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo (FEA/USP). *E-mail:* naercioamf@insper.edu.br.

oriundos de aumentos na quantidade educacional, como, por exemplo, mais anos de estudo (Krueger e Lindahl, 2001; Angrist, 2021; Hanushek e Woessmann, 2020). A qualidade da educação, medida por testes internacionais de desempenho, por exemplo, possui forte associação com o crescimento econômico de longo prazo,⁴ devido à mão de obra mais qualificada, embora ainda não haja consenso em como medir tal qualidade (Hanushek e Kimko, 2000).

No contexto brasileiro, há um evidente esforço do governo em ampliar o acesso à escola, visto que a totalidade das crianças ingressa no sistema educacional. Entretanto, uma das consequências dessa ampliação do acesso à escola foi a estagnação ou até piora da proficiência dos alunos, principalmente no ensino médio (EM), sem garantia de melhoras econômicas diretas (Easterly, 2001). Além disso, ainda há uma persistência das desigualdades regionais na oferta educacional (Fernandes e Narita, 2001). Nesse contexto, um melhor entendimento de como a qualidade educacional pode afetar os ganhos futuros é de suma relevância (Curi e Menezes-Filho, 2009).

Diversos índices e métricas com o objetivo de avaliar a qualidade do ensino brasileiro já foram criados, como o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), as notas de corte utilizadas pelo Programa Universidade para Todos (Prouni) e o próprio Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb). Nesse artigo, é proposto um novo índice de desempenho, com o objetivo de averiguarmos a qualidade do ensino como um todo, e não apenas uma etapa educacional específica: levando em conta a taxa de permanência durante a trajetória escolar e a nota do aluno no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), foi desenvolvido um índice que utiliza como referência as escalas de proficiência do Saeb.

O índice proposto, denominado Índice de Jovens com Desempenho Suficiente (IJDS), é calculado pela proporção de participantes do Enem de 17 e 18 anos que atingiram com suas notas, segundo a escala Saeb, patamar considerado “suficiente” para o aprendizado do aluno, em relação aos matriculados aos 6 e 7 anos de idade na primeira série/segundo ano de cada município dez anos antes. Além de medir a proficiência dos alunos recém-formados, a ideia por trás desse índice é que uma boa gestão de ensino permite que a maior parte dos alunos de uma geração continue na escola, sem repetências, até o EM, além de motivá-los a prestarem exames como o Enem. Dessa forma, redes que retiverem seus alunos e permitirem somente aos melhores prestarem o Enem são penalizadas, enquanto redes em que grande parte dos alunos do EM decidirem participar do Enem são

4. A literatura de maior destaque, inclusive, se concentra no cenário macroeconômico, com pesquisas apontando que variações em testes internacionais afetam drasticamente o produto interno bruto (PIB) dos países (Pelinescu, 2015). Hanushek e Shultz (2012), por exemplo, apontaram em seu estudo que uma variação de 100 pontos nas notas do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa) afeta significativamente o PIB, com uma variação de até 2 pontos percentuais na taxa de crescimento. Embora não linear, é possível realizar uma comparação com anos de estudo: uma média de 200 pontos na nota do Pisa equivale a 6 anos de estudo (OECD, 2014).

beneficiadas, pois, além de terem mantido os alunos durante toda a trajetória do ensino básico, conseguiram também elevar suas expectativas.

As escalas do Saeb possuem, em sua construção, alicerces e metodologias pedagógicas bem definidas, sendo possível uma comparação direta com as notas do Enem (Inep, 2020). Assim, é definido como desempenho “suficiente” uma nota média no Enem acima de seiscentos, que equivale a uma nota acima de trezentos na escala do Saeb, considerada acima do nível 4 segundo escalas derivadas dos manuais disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep).

A principal metodologia do artigo se sustentou na análise de variações do índice sobre a geração de empregos formais e a quantidade de homicídios ocorridos. Na análise principal, foi utilizado um modelo de regressão linear em primeiras diferenças, valendo-se do método de estimação de mínimos quadrados ordinários (MQO). Foram correlacionadas variações do IJDS entre 2009 e 2014 (intervalo de cinco anos) sobre os dois indicadores sociais de interesse no intervalo subsequente, ou seja, entre 2014 e 2019. Os resultados indicam impactos na direção esperada, com mais jovens empregados e menos homicídios, ambos estatisticamente significantes.

Foram empregadas diversas análises de robustez, como transformações nos indicadores estudados e mudança no parâmetro de qualidade educacional, além de regressões via painel, verificando se os impactos encontrados nas análises principais se repetem em intervalos temporais de curto prazo. Dentre as análises em painel, destaca-se a utilização de modelos de contagem e do procedimento de Arellano e Bond (1991), testando a validade das hipóteses utilizadas nas análises principais. Além disso, testes placebos, verificando se tendências anteriores foram responsáveis pelos resultados observados, também foram realizados. Em todos os casos, os resultados principais se mantiveram, reforçando a robustez dos efeitos da melhoria na qualidade educacional sobre os indicadores sociais.

A correlação entre decisões econômicas e investimentos em capital humano possui raízes no século passado (Becker, 1962; Mincer, 1974) e é alvo de debate incessante na literatura, tanto nos mecanismos associados quanto nos efeitos sociais (Krueger e Lindahl, 2001). Nesse amplo contexto, diversos estudos apontaram os ganhos para a sociedade de melhoras educacionais e mais anos de estudo (Deming, 2022), como aumento da produtividade econômica (Mankiw, Romer e Weil, 1992), desenvolvimento de novas tecnologias (Romer, 1990), difusão de conhecimento de um país (Benhabib e Spiegel, 1994), e também crescimento da empregabilidade e remuneração (Riddell e Song, 2011; Zimmerman, 2014).

Além de todos os benefícios sociais descritos, um se destaca frente à recente ascensão da violência entre os jovens brasileiros (Cerqueira *et al.*, 2019): a queda da criminalidade (Belfield *et al.*, 2006; Machin, Marie e Vujčić, 2011). A vasta

literatura sobre o tema aponta para as diversas direções em que melhoras educacionais afetam a criminalidade (Krueger e Lindahl, 2001), como aumentos no custo de oportunidade e maiores retornos futuros (Lochner e Moretti, 2004), além de menor tempo a ser dedicado em atividades ilegais (Tauchen, Witte e Griesinger, 1994). Análises recentes reforçam a ligação entre baixo desempenho educacional, vulnerabilidade juvenil e maiores taxas de violência, sugerindo que políticas de melhoria da qualidade da educação⁵ têm efeitos indiretos relevantes na prevenção da criminalidade (Belfield *et al.*, 2006; Chioda, De Mello e Soares, 2016).

Dito isso, desejamos examinar como variações no índice educacional sugerido, representando melhoras do aprendizado no EM, impactam não só a empregabilidade, como também a violência. A escolha por esses indicadores se pauta não somente no amplo interesse social, mas também pelo acesso a microdados de todo o país. Essa análise empírica tem o intuito, além de fornecer uma alternativa na medição da qualidade educacional a nível municipal, de contribuir para o amplo debate na literatura sobre os impactos de melhoras educacionais em indicadores econômicos, dada a abordagem que considera, além de melhores notas, a menor retenção dos alunos no sistema educacional; sendo, portanto, uma medida de quantidade e qualidade educacional (Hanushek e Woessmann, 2020).

Este artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 2 apresenta a descrição dos dados utilizados, a metodologia principal empregada e as análises de robustez. Na seção 3, são discutidos os resultados das análises econométricas, e, por fim, a seção 4 traz as principais conclusões.

2 METODOLOGIA

As principais informações em nosso estudo são oriundas do Enem e do Censo Escolar (CE). Primeiramente, é descrito o processo de obtenção dessas informações, após isso, são destrinchadas as demais bases de dados utilizadas na criação dos indicadores de violência e emprego. Por fim, são descritas as abordagens econométricas, tanto das análises principais quanto das de robustez.

Para todas as bases de dados, utilizaremos a agregação municipal para os códigos das áreas mínimas comparáveis (AMCs) do intervalo 2000-2010. Dessa forma, compararemos consistentemente os municípios, levando em consideração desagregações e fusões que tenham ocorrido nesse amplo período.

5. Vale destacar também o convívio com pares no ambiente escolar, proporcionando oportunidades para o desenvolvimento de *soft skills* e habilidades cada vez mais requisitadas pelo mercado de trabalho (Heller *et al.*, 2017; Deming, 2015).

2.1 Índice de Jovens com Desempenho Suficiente

O Enem é um exame que teve sua primeira edição em 20 de agosto de 1998, com uma taxa de inscrição de 20 reais e recebendo 115.575 participantes.⁶ Em 2008, em sua 11ª edição, o exame tornou-se o processo nacional de seleção para ingresso no ensino superior; o número de inscritos foi de 4.018.050. Já em 2009, o exame mudou de formato, com 45 questões objetivas para cada área do conhecimento e uma redação, além de passar a praticar a teoria de resposta ao item, permitindo a comparação das notas daquele ano com as dos anos seguintes. Sua aplicação passou a ser em dois dias consecutivos e o exame começou a certificar também a conclusão do EM. Somente a partir de 2015 foi possível quantificar precisamente o número de “treineiros”, isto é, participantes cujo único objetivo era treinar a prova, visto que não podiam ainda se matricular em instituições de ensino superior (ES).

Os microdados do Enem são de livre acesso, e foram obtidos no portal do Inep, administrado pelo Ministério da Educação. As informações disponibilizadas se alteraram ao longo do tempo, tais quais as provas; contudo, para todos os anos é possível obter dados individuais de presença e nota em cada prova, idade, situação de conclusão do aluno no EM, município de residência e da escola do aluno (só disponível para concluintes do EM), dentre outras informações. Na montagem do índice foram utilizadas somente as notas de alunos de 17 e 18 anos “não treineiros” e concluintes do EM. Tal escolha metodológica foi pautada no fato de que somente para alunos concluintes temos informações do município da escola frequentada; e, como será visto mais adiante para a base do CE, a informação geográfica mais consistente desde o início do século foi precisamente a do município da escola.

Utilizamos o período de 2009 até 2019 do Enem, abordando a trajetória desse exame na última década. Como mencionado, as informações dessas bases se alteraram ao longo do tempo e não temos, desde 2009, uma sinalização se o indivíduo é ou não “treineiro”. Dessa forma, consideramos que um aluno não é “treineiro” se ele é concluinte do ensino básico em dado ano; criando, assim, um parâmetro de definição que pode ser utilizado em todos os anos abordados. Outra modificação que ocorreu ao longo do tempo foram os critérios para a eliminação nas provas de redação: decidiu-se manter a presença na prova e atribuir nota zero, exceto para provas em branco, em que a presença foi anulada. Nas demais provas, devido ao menor número de eliminações, optou-se por desconsiderar a presença dos alunos. Dessa forma, foi construída uma base de dados individual de presença e notas de alunos de 17 e 18 anos concluintes do EM junto com o código do município de suas escolas.

Para averiguarmos as matrículas das escolas na primeira série/segundo ano, utilizamos a base de dados do CE, por apresentar um conjunto minimamente

6. Dados segundo o histórico do Inep. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enem/historico>. Acesso em: 31 jan. 2025.

consistente de informações da educação básica ao longo do tempo. Os microdados, novamente, são de livre acesso e podem ser obtidos pelo portal do Inep. Como o intuito é analisar a mesma geração de alunos que prestou o Enem, foram buscadas as matrículas de alunos de 6 e 7 anos, abordando o período entre 1999 e 2009, que configurou, na média, dez anos⁷ de distância em relação à situação de prestar o Enem como concluinte do EM, na ausência de repetências e eventuais abandonos, temporários ou não.

Essa base de dados também sofreu mudanças ao longo do período abordado, como a introdução do ensino fundamental de nove anos em 2004 e a transição para uma estrutura individual em 2007, deixando de ser agregada por escola. Dessa forma, ao utilizarmos a agregação por município da escola, abordamos o método mais consistente para todos os anos abordados. Assim sendo, foi criada uma base de dados, pelo município da escola, de matrículas de alunos de 6 e 7 anos na primeira série/segundo ano do ensino fundamental, abordando o período entre 1999 e 2009.

O IJDS representa uma proporção e seu cálculo seguiu a fórmula (1).

$$IJDS_{j,i} = \frac{P_{j,i}}{M_{j,i}} \in [0,1] \quad (1)$$

O subscrito j representa o ano do Enem e o i , o município da escola. O termo $P_{j,i}$ representa o número de participantes com 17 e 18 anos (concluintes do EM) que conseguiram alcançar desempenho considerado “suficiente” segundo a escala Saeb, isto é, a média de suas notas entre as provas de linguagem e códigos e matemática foi superior ou igual a seiscentos, e a nota na prova de redação diferente de zero (significando que realizou a prova e não foi eliminado). Uma nota no Enem acima de seiscentos equivale a uma nota acima de trezentos na escala do Saeb, considerada acima do nível 4 pelo Inep (2020). O termo $M_{j,i}$, por sua vez, representa as médias móveis de matriculados aos 6 e 7 anos na primeira série/segundo ano dez anos antes, considerando a média entre o período atual, subsequente e anterior. O índice i indica o município e o j , o ano em questão. Ao utilizarmos a média móvel, diminuimos o impacto de variações do número de matriculados entre os anos e possíveis erros de medida. Com os termos P_{ji} e M_{ji} obtidos, foi possível calcularmos o IJDS.

A integração das bases do Enem e do CE para o cálculo do índice exigiu cuidado, pois os códigos AMC de 2010-2000 correspondem a uma amostra distinta do total de municípios atuais (5.623 códigos AMC). Na montagem do índice, para fins de consistência, foram retirados os municípios que não apresentaram

7. Adotou-se um intervalo de dez anos pois, como muitos alunos ainda não tinham completado 7 anos no momento de realização do CE (em março), optou-se por considerar também os alunos com 6 anos matriculados na primeira série/segundo ano. Da mesma forma, como o Enem ocorre no final do ano, também foram considerados alunos de 18 anos.

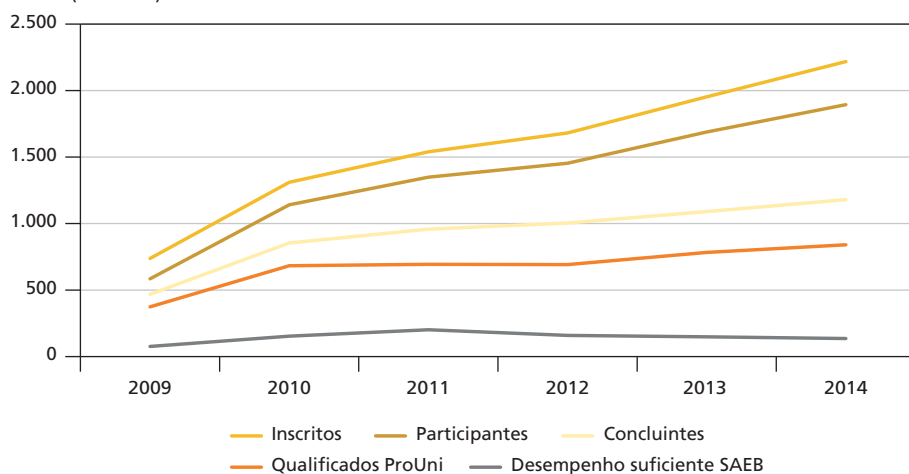
matrículas na série e faixa etária de interesse em algum dos anos (1999 até 2009) – 259 códigos AMC. Foram também retirados o município de Brasília e municípios com o índice acima de um em algum ano, por serem *outliers* (oito códigos AMC). Assim, a base final conta com 5.356 códigos AMC.

Apresentada a montagem do IJDS, cabe analisarmos o comportamento do índice ao longo do tempo. O gráfico 1 compara como evoluíram ao longo dos anos as quantidades de inscritos e participantes no Enem, com base nos que atingiram os parâmetros estipulados de IJDS em relação ao número de participantes totais entre 2009 e 2014, período em que o índice é utilizado na análise quantitativa. O gráfico mostra que houve um grande aumento na quantidade de jovens inscritos e participantes, mas um aumento mais modesto para os jovens de 17 e 18 anos concluintes do EM, e mais modesto ainda para os que atingiram os parâmetros de qualificação do Prouni.⁸ É também possível notarmos certa estabilidade na quantidade de jovens com desempenho considerado “suficiente” na escala Saeb. Já o gráfico A.1, presente no apêndice A, destrincha o comportamento do IJDS entre as diferentes unidades da Federação (UFs), com destaque para os movimentos mais acentuados das UF de Sergipe, Minas Gerais e São Paulo.

GRÁFICO 1

Evolução do IJDS ao longo do tempo

(Em 1 mil)



Fonte: Microdados do Enem.
Elaboração dos autores.

8. A média das cinco provas do Enem (línguas e códigos, ciências humanas, ciências da natureza, matemática e redação) deve ser, no mínimo, de 450 pontos, além de a nota da redação ser acima de zero.

2.2 Indicadores

Para a análise das variações no emprego formal, foi utilizada a base de dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Caged). Os microdados são de livre acesso e podem ser obtidos pelo portal do Programa de Disseminação das Estatísticas do Trabalho, administrado pelo Ministério do Trabalho. Além dos dados principais, também foram obtidos os dados das bases “ajustes”, a fim de conferir maior consistência às informações tratadas.

Para obtermos a variável de interesse, foi calculado o saldo entre admissões e demissões de um determinado código AMC no ano, referente ao município do estabelecimento. Uma admissão empregatícia contribui com o acréscimo de uma unidade para a conta e uma demissão age no sentido oposto. Portanto, por se tratar de um saldo, podemos ter valores positivos e negativos. A base de “ajustes”, que trata de declarações entregues fora do prazo de consolidação dos dados, também foi considerada nessa conta. Foram apenas consideradas as movimentações ocorridas nos anos de interesse. Para verificarmos os impactos de melhoras educacionais sobre o indicador de empregabilidade (Riddell e Song, 2011), foi averiguado o saldo empregatício de jovens entre 22 e 23 anos, considerando dados agregados para cada código AMC.

O Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) possui o papel de representar dados de mortalidade no país. É administrado pelo Sistema Único de Saúde (SUS), sendo de livre acesso pelo portal Datasus. Suas observações são individuais e apresentam dados oriundos das declarações de óbito (DOs), como a causa básica de óbito, idade do indivíduo, município de residência e ocorrência, dentre outras. Foi utilizado o total de homicídios de jovens entre 22 e 23 anos, agregado pelo município de residência dos falecidos, lançando-se mão dos códigos AMC já citados. Vale ressaltar os critérios definidos para a demarcação de um óbito como “homicídio”: trata-se de óbitos com a causa básica da DO marcada como “causas externas de mortalidade”, sendo considerado “homicídio” se a circunstância de óbito da DO declarar que é tal.

Considerando que o tamanho populacional dos municípios está intrinsecamente associado ao seu dinamismo no mercado de trabalho e aos níveis de violência, optou-se por expressar ambos os indicadores em taxas por 100 mil habitantes, de modo a controlar pelas heterogeneidades populacionais entre os municípios. As estimativas populacionais utilizadas nesse cálculo são apresentadas na subseção seguinte.

2.3 Covariadas

Na montagem da série de produto interno bruto (PIB) *per capita* municipal, foram obtidas informações oriundas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram utilizadas as bases de dados disponíveis no *website* do IBGE, obtendo-se assim o PIB municipal a preços correntes. Utilizando-se os códigos AMC, as informações de seus respectivos PIBs de cada ano foram agregadas; após isso, adicionou-se um

deflator para cada ano analisado, sendo possível assim a estimação das variações do PIB deflacionado. Os PIBs foram ajustados seguindo deflator desenvolvido pela Cátedra Ruth Cardoso do Insper, utilizando a média geométrica do Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC) em uma releitura de Corseuil e Foguel (2002). Assim, para cada código AMC foi obtido o logaritmo natural do PIB deflacionado ao longo do período estudado.

O processo de obtenção das estimativas populacionais de cada município necessitou de um maior cuidado. A estimativa populacional de 2010 foi obtida pelo Censo Demográfico de dado ano, enquanto para os demais anos até 2019, foram obtidas estimativas próprias do IBGE. Vale ressaltar, entretanto, algumas características do cálculo de tais estimativas: embora elas sejam anuais, elas não são corrigidas após um censo, podendo ocorrer desvios pontuais em relação ao verdadeiro valor populacional. Com essa informação em mãos, obtivemos o logaritmo natural do PIB deflacionado *per capita*. Ao incorporar tal variável aos modelos, é esperado que estejamos controlando pelo crescimento econômico contemporâneo dos municípios analisados.

Por fim, foi elaborada uma tabela de estatísticas descritivas, tratando dos indicadores de emprego e violência apresentados, com valores para média, desvio-padrão, máximo e mínimo.

TABELA 1
Estatísticas descritivas

Variáveis	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
IJDS	0.056	0.089	0	0.957
Homicídios/100 mil hab.	1.348	3.765	0	85.616
Saldo admissões-demissões/100 mil hab.	31.191	103.793	-209.75	1393.30
PIB deflacionado <i>per capita</i>	9.841	0.758	8.408	17.972

Fonte: Censo Escolar, Enem, SIM-SUS, Censo do Ensino Superior, Caged e IBGE.
Elaboração dos autores.

Obs.: 1. O ano de referência dos dados coletados foi 2019.
2. Os indicadores analisados trataram de jovens entre 22 e 23 anos.
3. Os valores referentes ao PIB estão em logaritmo natural.

2.4 Abordagem econométrica

Com o intuito de averiguar o impacto da melhora do aprendizado no EM sobre indicadores de emprego e violência cinco anos após a participação no Enem, foi adotada como metodologia econométrica o modelo de regressão linear em primeiras diferenças, utilizando o método de estimação MQO. Foi correlacionada a variação do índice IJDS entre 2009 e 2014 (defasada) com a variação dos indicadores de interesse entre 2014 e 2019, controlando, para esse mesmo intervalo, pela variação contemporânea do logaritmo natural do PIB *per capita* deflacionado e pelas características regionais

de cada código AMC. Para analisar a geração de empregos formais, foi utilizada como variável dependente o saldo de admissões e demissões de jovens de 22 e 23 anos. Para o indicador de violência, considerou-se a variação de homicídios nessa mesma faixa etária. O intervalo de cinco anos considerado é suficientemente grande para os alunos concluintes do ensino básico adentrarem o mercado formal de trabalho.

O método de primeiras diferenças possui o propósito de eliminar os efeitos fixos, isto é, controlar por todas as diferenças fixas no tempo entre os municípios, como pobreza, desigualdade, saneamento, entre outras. Dessa forma, ao realizarmos a “primeira diferença”, retiramos tal efeito fixo de nossa estimação. Em todas as regressões foram utilizados desvios-padrões robustos. O modelo econométrico utilizado segue o padrão a seguir.

$$\Delta Y_{i,2019-2014} = \beta_0 + \beta_1 \Delta IJDS_{i,2014-2009} + \beta_2 \Delta \ln(PIB)_{i,2019-2014} + \beta_3 X_i + \Delta \epsilon_{i,2019-2014} \quad (2)$$

O índice i simboliza o código AMC analisado e o subscrito temporal simboliza a diferença que está sendo realizada. A variável dependente Y simboliza os indicadores para cada caso abordado (empregabilidade ou violência). O parâmetro β_0 representa a constante do modelo, $\ln(PIB)$ indica o logaritmo natural do PIB deflacionado *per capita* e ϵ , o termo de erro de cada código AMC. Para controlar pelas heterogeneidades regionais entre as observações, foram adicionadas *dummies* de UF representadas pelo vetor X , considerando a UF de São Paulo como base. A variação defasada do índice criado representada por $IJDS$ é o fator explicativo.

É importante ressaltar que a hipótese de identificação utilizada para a estimação ser consistente é que a variação defasada do IJDS não é correlacionada com variações contemporâneas das variáveis contidas no termo de erro. Essa hipótese se sustenta principalmente na defasagem temporal do índice: choques que afetariam a qualidade educacional dos jovens em questão já surtiram efeito, de forma que variações contemporâneas não observadas não afetam a relação entre o índice e os indicadores analisados. Independentemente, foram propostas análises de robustez a fim de testar a validade da metodologia principal realizada.

2.5 Análises de robustez

Foi construído um painel de primeiras diferenças para avaliar a validade do intervalo de cinco anos, verificando a replicabilidade dos efeitos da análise principal em intervalos temporais de curto prazo. Tal painel abrangeu o intervalo entre 2010 e 2019, de forma a termos variações anuais do IJDS defasadas em um período afetando variações anuais dos indicadores, agora para jovens entre 18 e 19 anos de idade. Para cada t analisado, o fator explicativo na regressão tratou da diferença de seus valores nos dois períodos anteriores (t_{-1} e t_{-2}). As características econômicas de cada município foram controladas pelas diferenças do $\ln(PIB)$ *per capita*, e as heterogeneidades regionais e temporais, por

dummies de UF e de ano. Ainda fazendo uso do painel construído, também foi testada a robustez do resultado para o indicador de homicídios via o emprego de modelos de contagem, e realizado o procedimento de Arellano e Bond (1991), analisando o papel das dependências temporais dos indicadores sobre as estimativas.

No contexto das análises utilizando dados em painel, urge testarmos a presença de efeitos dinâmicos das variáveis dependentes ao longo do tempo. Entretanto, esse tipo de exercício conta com endogeneidades intrínsecas, independente do modelo adotado. Por oferecer mais alternativas, partiremos do modelo de primeiras diferenças.

$$\begin{aligned} (y_{i,t} - y_{i,t-1}) &= \gamma(y_{i,t-1} - y_{i,t-2}) + \beta(x_{i,t} - x_{i,t-1}) + (\epsilon_{i,t} - \epsilon_{i,t-1}) \\ \Delta y_{i,t} &= \gamma \Delta y_{i,t-1} + \beta \Delta x_{i,t} + \Delta \epsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (3)$$

Note que a correlação entre $y_{i,t-1}$ e $\epsilon_{i,t-1}$, ambos da equação (3), é endógena. Uma das soluções propostas pela literatura é o procedimento de Arellano e Bond (1991). Os autores sugerem, fazendo uso de um painel de várias observações e poucos períodos no tempo, instrumentalizar $\Delta y_{i,t-1}$ via todas as defasagens de y_i ($y_{i,t-1-k}$, com $k \geq 1$) que respeitem as condições de momento, utilizando também o método *generalized method of moments* (GMM) para corrigir a ineficiência oriunda da matriz de variância-covariância de $\Delta \epsilon_{i,t}$. A estimação dos instrumentos, entretanto, estará sobreidentificada. O modelo geral é descrito na equação (4).

$$y_{i,t} = \sum_{j=1}^p \alpha_j y_{i,t-j} + \beta_1 \mathbf{x}_{i,t} + \beta_2 \mathbf{w}_{i,t} + v_i + \epsilon_{i,t} \quad i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T \quad (4)$$

Na equação (4), $\mathbf{x}_{i,t}$ é o vetor de variáveis estritamente exógenas, $\mathbf{w}_{i,t}$, o vetor de variáveis endógenas e predeterminadas, v_i , os efeitos fixos e $\epsilon_{i,t}$, o termo de erro. Valores defasados da variável dependente, endógena e pré-determinada são utilizados como GMM-*instruments* (Arellano e Bond, 1991). Esse estimador permite testar, controlando a endogeneidade intrínseca da análise, se defasagens dos indicadores estudados apresentam efeitos dinâmicos ao longo do tempo, refletindo certa dependência temporal na relação entre os indicadores e o IJDS.

Ainda utilizando a base de dados em painel, foi testada a robustez do resultado para o indicador de homicídios via o emprego de modelos de contagem. Análises via modelos de contagem são recomendadas em caso de variáveis dependentes representadas por números inteiros não negativos, como é o caso dos homicídios.

Primeiramente, foi realizado um teste de Hausman, rejeitando a hipótese de que os efeitos municipais são adequadamente modelados por um modelo de efeitos aleatórios, indicando a utilização do modelo de efeitos fixos condicionais. Foi testada,

também, a necessidade de controlar pela “sobredispersão”⁹ dos homicídios de jovens entre 18 e 19 anos, com o resultado apontando para um desvio-padrão quase cinco vezes maior do que a média.¹⁰ Dessa forma, optou-se pelo modelo binomial negativo (*fixed effects negative binomial* – FENB). Enquanto o modelo de Poisson assume igualdade entre média e variância, o modelo FENB introduz um parâmetro adicional, justamente para capturar a dispersão excedente. Essa flexibilidade torna tal modelo mais apropriado em contextos em que há forte heterogeneidade entre municípios. Embora haja debate sobre a robustez do modelo FENB em comparação ao Poisson (Guimarães, 2008; Wooldridge, 1999), os testes realizados e a literatura da área (Lance, 2014) indicam que o FENB é o mais adequado aos dados analisados.

Com esses resultados em mãos, foi estimado um modelo FENB para o indicador de homicídios, de forma que todas as variáveis analisadas estavam em nível, diferentemente dos modelos anteriores. Como variáveis explicativas, foram utilizados o logaritmo natural do PIB deflacionado *per capita* e *dummies* de ano. Foi aplicado a tal modelo, também, a noção de variação de taxa de homicídios, sendo incluída como “variável de exposição” a parcela da população na faixa etária de interesse.¹¹

Além disso, por estarmos tratando do total anual de homicídios a nível municipal, modelos *zero inflated* não são adequados, mesmo com 64,32% das observações utilizadas não contando com homicídios. A literatura recomenda, portanto, o uso de modelos de contagem-padrão, visto que modelos *zero inflated* assumem a existência de um processo distinto para a ocorrência dos zeros, algo pouco plausível para homicídios.

3 RESULTADOS

Os resultados das análises apresentadas na seção anterior são comentados em diferentes subseções. Inicialmente, apresentam-se os achados referentes ao intervalo de cinco anos, em conjunto com os resultados obtidos a partir do painel em primeiras diferenças, considerando os indicadores de emprego e homicídios. Em seguida, são detalhados os resultados das análises adicionais de robustez e heterogeneidade, novamente tomando como referência os dois indicadores.

9. A “sobredispersão”, condição em que a variância excede a média da variável dependente, viola a principal suposição do modelo Poisson. Ignorar tal característica pode levar a erros-padrões subestimados e, assim, a estimativas incorretas.

10. Para esse teste, foram desconsiderados os municípios que não registraram homicídios durante todo o período estudado, pois, para o modelo de efeitos fixos condicionais, temos que seu cálculo se pauta em $P(\sum_t Y_{i,t} = \sum_t y_{i,t} | \mathbf{X}_i)$ e, se $\sum_{t=2011}^{2019} y = 0$, sendo y a variável dependente, temos que $P(Y_{i,t} = 0 | \mathbf{X}_i, \sum_t y_{i,t}) = 1$. Portanto, tal município não contribui para a estimação da função de verossimilhança.

11. Tal variável ajusta o número de homicídios pelo tamanho da população exposta ao risco (jovens de 18 a 19 anos), impossibilitando que municípios com populações maiores distorçam os resultados e tornando comparáveis os níveis de violência relativa. As estimativas populacionais também foram obtidas via Datasus. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?ibge/cnv/popsvs2024br.def>. Acesso em: 2 fev. 2025.

3.1 Indicadores de emprego e violência

Os resultados das análises principais e de robustez para o indicador de emprego estão presentes na tabela 2. Estamos contemplando, além do modelo principal (1), o modelo que considera o indicador de emprego em logaritmo natural¹² (2). Por fim, são apresentados também os resultados para a análise via painel de primeiras diferenças (3), considerando agora um intervalo temporal de um ano apenas.

TABELA 2
Efeitos do IJDS sobre o indicador de emprego

Variável dependente	Δ Emprego		
	1	2	3
Δ IJDS	267,5** (110,7)	0,480 (0,482)	104,5*** (31,84)
Constante	55,42*** (8,972)	0,0482* (0,0268)	-26,88*** (4,592)
Número de observações	5.356	5.356	42.830
R-squared	0,021	0,008	0,018
Indicador em LN	-	X	-
Painel primeiras diferenças	-	-	X

Fonte: Censo Escolar, Enem, Caged e IBGE.

Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Para os modelos (1) e (2), a diferença do IJDS tratou do período 2014-2009, e os coeficientes da diferença do logaritmo natural (LN) do PIB deflacionado *per capita* e das *dummies* de UF foram omitidos da tabela. Para o modelo (3), referente ao modelo em painel de primeiras diferenças, a diferença do IJDS tratou de $t_{-1} - t_{-2}$, com os coeficientes da diferença do logaritmo natural do PIB deflacionado *per capita* e das *dummies* de UF e ano omitidos da tabela.

2. Todas as informações foram agregadas seguindo o código AMC de 2000-2010.

3. Os erros-padrões robustos estão entre parênteses.

4. Significância: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

5. Na coluna Δ Emprego, "-" significa ausência e "X", presença – de forma que, no modelo (1), temos que o indicador não está em LN e tampouco se trata de um modelo em primeiras diferenças.

O coeficiente da variação defasada do IJDS para o saldo empregatício, indicado por (1), é positivo e estatisticamente significativo. Esse resultado demonstra que uma variação positiva na qualidade do ensino em um município deveria promover, tudo o mais constante, uma mão de obra mais capacitada no médio prazo, sendo um atrativo para a criação de novos empregos no local. Tal resultado contribui para a ampla discussão na literatura, contrariando achados de que melhoras educacionais não influenciam a empregabilidade (Benhabib e Spiegel, 1994; Krueger e Lindahl, 2001; Ridell e Song, 2011). Para o indicador em logaritmo natural, os resultados mostraram-se consistentes com aqueles obtidos no modelo linear. Contudo, embora o coeficiente permaneça positivo, ele não apresenta significância

12. Para mitigar variações na magnitude dos indicadores, aplicamos a transformação $\ln(Y_{i,j}) = \ln(1 + y_{i,j})$, com Y sendo o indicador analisado; i o índice de município; e j o índice de ano. A adição realizada evitou realizarmos transformações de casos em que o indicador era igual a zero.

estatística, sugerindo que as variações na magnitude da variável dependente podem estar influenciando a estimação.

Foi analisada, também, a magnitude dos impactos do modelo (1) apresentado em análises de elasticidade. À luz dos coeficientes encontrados e das médias do indicador e do índice,¹³ um aumento de 10% no IJDS – ou seja, uma elevação de 10% na proporção de participantes do Enem de 17 e 18 anos que atingiram as notas de parâmetro em relação aos matriculados aos 6 e 7 anos de idade na primeira série/segundo ano – proporciona um crescimento em torno de 1% no saldo líquido de empregos. Tal efeito, ainda que moderado em magnitude, sugere que políticas focadas no EM podem gerar impactos detectáveis no mercado de trabalho em poucos anos, seguindo a literatura que associa qualidade educacional à expansão do capital humano e, consequentemente, a maiores ganhos de produtividade e empregabilidade (Hanushek e Kimko, 2000; Curi e Menezes-Filho, 2009).

Saindo do escopo da especificação (2), a fim de verificarmos a validade do intervalo de cinco anos adotado, foi construído um painel de municípios que abordou o período de 2010 até 2019, de forma a termos variações anuais do IJDS defasadas em um período afetando variações anuais dos indicadores, agora para jovens entre 18 e 19 anos de idade. Os resultados desse modelo, indicado por (3), apontam para efeitos estatisticamente significantes e na mesma direção para o saldo empregatício. Apesar disso, a magnitude se reduz em relação à especificação (1), indicando que, embora tal efeito ainda seja possível de ser observado, o tamanho de seu impacto é menor, como era de se esperar, visto que melhoras educacionais tardam a surtir efeitos em todos os contextos sociais (Angrist, 2021; Haddad, Freguglia e Gomes, 2017). A redução de magnitude reforça a hipótese de que os efeitos educacionais sobre o mercado de trabalho se acumulam de forma lenta, dependendo intrinsecamente do tempo necessário para os jovens completarem a transição escola-trabalho (Belfield *et al.*, 2006; Angrist, 2021).

A mesma abordagem é utilizada na descrição dos resultados para o indicador de homicídios, com a principal distinção sendo a introdução dos modelos de contagem, representados por (4) e (5). Todos os resultados a serem descritos estão presentes na tabela 3. Para o modelo principal, indicado por (1), o coeficiente do IJDS apresentou sinal negativo e significância estatística, o que se justifica pois, ao melhorarmos a qualidade do ensino de um município, estamos promovendo também uma possível melhora na qualidade de vida e comportamento dos futuros adultos, reduzindo quantitativamente o número de crimes violentos. Os resultados para o modelo (2), ao transformarmos o indicador, mantêm mesma direção e significância estatística.

13. O cálculo da elasticidade seguiu: $10 * \Delta IJDS * \frac{IJDS_{2014-2009}}{\Delta Y_{2019-2014}}$.

Semelhantemente ao feito para o indicador de emprego, foi realizada uma análise de elasticidade com uso do modelo principal (1) para o indicador de homicídios, apontando para uma redução de quase 3% de jovens mortos com um aumento de 10% no IJDS. Com tamanho resultado positivo também para esse indicador, é possível concluirmos que aumentos do IJDS geram benefícios significativos para a sociedade, como maiores saldos positivos de movimentações empregatícias e reduções de homicídios, dialogando com achados internacionais (Chioda, De Mello e Soares, 2016). Ao melhorar a qualidade do ensino, os municípios não apenas ampliam oportunidades de inserção produtiva, mas também reduzem incentivos à violência, reforçando o duplo papel da política educacional.

TABELA 3
Efeitos do IJDS sobre o indicador de violência

Variável dependente	Δ Homicídios				
	1	2	3	4	5
Δ IJDS	-5,110** (2,038)	-1,056** (0,443)	0,199 (0,737)	-0,400* (0,237)	-0,683* (0,353)
Constante	0,0512 (0,101)	-0,0120 (0,0223)	0,0938 (0,0582)	1,597*** (0,3)	-6,201* (0,401)
Número de observações	5.356	5.356	42.830	26.397	26.397
R-squared	0,010	0,013	0,002	-	-
Indicador em LN	-	X	-	-	-
Dados em painel	-	-	X	X	X

Fonte: Censo Escolar, Enem, SIM-SUS e IBGE.

Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Para os modelos (1) e (2), a diferença do IJDS tratou do período 2014-2009, e os coeficientes da diferença do logaritmo natural do PIB deflacionado *per capita* e das *dummies* de UF foram omitidos da tabela. Para os modelos (3), (4) e (5), com dados em painel, a diferença do IJDS tratou de $t_{-1} - t_{-2}$, com os coeficientes da diferença do logaritmo natural do PIB deflacionado *per capita* e das *dummies* de ano omitidos da tabela. Para o modelo (4), também foram incluídas e omitidas as *dummies* de UF.

2. Todas as informações foram agregadas seguindo o código AMC de 2000-2010.

3. Os erros-padrões robustos estão entre parênteses.

4. Significância: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

Agora, para os modelos fazendo uso do intervalo temporal de um ano, o coeficiente do IJDS referente ao modelo em painel de primeiras diferenças (4) volta a apresentar direção e magnitude esperada para o indicador de homicídios, dado o intervalo de curto prazo. Contudo, a significância estatística deixa de estar presente, motivando uma análise mais robusta acerca da forma funcional do modelo utilizado: ainda utilizando dados em painel, saímos do escopo das análises em primeiras diferenças e adentramos os modelos de contagem. Foram estimadas duas especificações distintas usando o modelo FENB, sem e com a inclusão da “variável de exposição”, indicadas pelos modelos (4) e (5), respectivamente. Visto que esta-

mos controlando pelos efeitos fixos condicionais, apenas foram utilizados, como controles, o logaritmo natural do PIB deflacionado *per capita* e *dummies* de ano.

Os resultados indicam efeitos negativos e estatisticamente significantes do IJDS sobre variações anuais na contagem de homicídios um período depois. Para o caso sem a “variável de exposição”, temos que, na média e tudo o mais constante, os homicídios de jovens entre 18 e 19 anos sofrem uma redução¹⁴ na ordem de 4%, considerando uma variação positiva de 0,1 no IJDS. De forma similar, para o caso usando a “variável de exposição”, temos que a mesma variação do IJDS gera uma redução de quase 7% na taxa de homicídios, indicando que tais efeitos são robustos em direção e significância ao controlarmos pelo tamanho populacional e ajustarmos pela população em risco (jovens de 18 e 19 anos em cada município). Isso permite interpretar o resultado como efeito sobre a taxa de homicídios, e não apenas sobre o número absoluto de ocorrências. O efeito estimado de quase -7% reforça a consistência da relação, indicando que municípios com populações maiores não distorcem os achados. Ambos os resultados adicionam mais robustez à relação negativa encontrada entre o índice educacional e violência juvenil, indicando que os efeitos positivos na esfera escolar extrapolam para a sociedade em redução da violência, isso, inclusive, até no curto prazo.

3.2 Demais análises de robustez

As demais análises de robustez, cujos resultados ainda não foram detalhados, são apresentadas em seguida. Os resultados de ambos os indicadores são discutidos de forma conjunta. Primeiramente são apresentados os resultados do procedimento de Arellano e Bond (1991). Após isso, são apresentados os resultados para o teste placebo construído para os dados em painel e, finalmente, é discutida a análise para a regressão principal baseada na mudança do parâmetro de qualidade do índice construído.

Fazendo uso do mesmo painel de primeiras diferenças, foi introduzido ao modelo um termo dinâmico da variável dependente e utilizado o procedimento de Arellano e Bond (1991), controlando assim a endogeneidade intrínseca e gerando estimativas eficientes. As variáveis dependentes mantiveram-se as mesmas, e as variáveis explicativas contaram, além das *dummies* de ano, com o logaritmo natural do PIB deflacionado *per capita*, e as defasagens de um período tanto do IJDS quanto do indicador estudado, adicionando assim o fator dinâmico ao painel. Tanto o termo do PIB quanto o IJDS foram considerados endógenos. Dentre os instrumentos utilizados na estimação GMM, temos defasagens de segunda, terceira

14. Por estarmos tratando de um modelo exponencial, o resultado dos coeficientes pode ser expresso da seguinte forma, dado que $(\exp(-0.400 * 0.1) - 1) * 100 \approx -3.92\%$.

e quarta ordem da variável dependente, do IJDS e do PIB. Novamente, foram utilizados desvios-padrões robustos. Os resultados estão presentes na tabela 4, adiante.

As estimativas evidenciam um forte componente dinâmico, indicado por $\Delta y_{t-1,t-2}$, com a variação do período anterior impactando positiva e significativamente os resultados atuais, tanto para o indicador de emprego quanto para o de violência. Esse padrão sugere um efeito de inércia nas movimentações do mercado de trabalho e no ciclo vicioso da violência. Além disso, a diferença defasada do IJDS apresenta coeficientes positivos para o saldo empregatício e negativos para os homicídios, ambos estatisticamente significantes, sendo possível interpretarmos que há efeitos socialmente positivos de curto prazo na melhora do IJDS tanto sobre o emprego formal quanto sobre a violência. A participação do Enem junto do aumento das notas provavelmente é resultado de um ensino público de qualidade, que acima de tudo forma seus alunos ao final do EM preparados também para o mercado de trabalho. A queda dos homicídios, quase que imediatamente, fortalece os resultados já vistos nas análises anteriores.

TABELA 4
Efeitos do IJDS sobre indicadores de emprego e violência – procedimento de Arellano e Bond

Variáveis dependentes	Δ Emprego	Δ Homicídios
$\Delta IJDS_{t-1,t-2}$	900,410*** (102,6)	-2,2089** (1,064)
$\Delta y_{t-1,t-2}$	0,1950*** (0,0381)	0,0199** (0,0094)
Constante	20386,4*** (2078,0)	-19,740 (22,770)
Número de agregações	42.824	42.824

Fonte: Censo Escolar, Enem, SIM-SUS, Caged e IBGE.
Elaboração dos autores.
Obs.: 1. Os coeficientes da diferença do logaritmo natural do PIB deflacionado *per capita* e das *dummies* de ano foram omitidos da tabela.
2. Foram utilizados 69 instrumentos.
3. Todas as informações foram agregadas seguindo o código AMC de 2000-2010.
4. Os erros-padrões robustos estão entre parênteses.
5. Significância: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

Simulando testes placebos, foi verificado, via análises contrafactuais sintéticas, se os resultados dos modelos em painel de primeiras diferenças, observados nas tabelas 2 e 3, não são frutos de tendências anteriores já presentes nos municípios. Fazendo uso de especificação semelhante à utilizada nos modelos, foi realizada nova análise de primeiras diferenças, mas invertendo o intervalo temporal entre as variáveis dependentes e explicativas. Os resultados dessa regressão estão na tabela 5, a seguir. Os resultados descartam a possibilidade de os efeitos apontados no caso

sem inversão do intervalo serem oriundos de tendências anteriores, dado o sentido oposto e ausência de significância estatística forte dos coeficientes de interesse.

TABELA 5
Efeitos do IJDS sobre indicadores de emprego e violência – teste placebo

Variáveis dependentes	L1. Δ Emprego	L1. Δ Homicídios
$\Delta IJDS_{t,t-1}$	-61,83** (26,18)	-0,102 (0,405)
Constante	-14,13*** (4,983)	-0,0005 (0,057)
Número de observações	42.830	42.830
R-squared	0,015	0,002

Fonte: Censo Escolar, Enem, SIM-SUS, Caged e IBGE.
Elaboração dos autores.
Obs.: 1. Os coeficientes da diferença do logaritmo natural do PIB deflacionado *per capita* e das *dummies* de UF e ano foram omitidos da tabela.
2. Todas as informações foram agregadas seguindo o código AMC de 2000-2010.
3. Os erros-padrões robustos estão entre parênteses.
4. Significância: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

A fim de verificamos o quanto as notas de parâmetro de desempenho afetam os resultados, foi proposto um índice alternativo, de construção semelhante ao IJDS: baseando-se agora na nota de qualificação para o Prouni, o IProuni considera o percentil de alunos cuja nota média entre as cinco provas do Enem foi maior ou igual a 450; novamente, sobre a média móvel de matriculados aos 6 e 7 anos na primeira série/segundo ano dez anos antes.¹⁵ As regressões realizadas também seguiram construção semelhante à especificação (2), com seus resultados presentes na tabela B.1 no apêndice B. Tanto para o indicador de emprego quanto para o indicador de violência, a magnitude do índice foi menor em relação à observada pelo IJDS, sugerindo que pode ser necessário uma educação de maior qualidade para produzir impactos sociais mais significativos.

3.3 Análises de heterogeneidade

Tratando novamente da especificação (2) e considerando o intervalo de cinco anos entre os efeitos, foi analisada a variação do impacto do IJDS em diferentes contextos geográficos. Essa análise é de devida relevância dado o tamanho continental do Brasil e suas inúmeras diferenças culturais, demográficas e econômicas entre

15. Mais uma vez, a nota da prova de redação deve ser diferente de zero, indicando a realização da prova e a não eliminação. Foram retirados, além de Brasília, municípios com o índice acima de um em algum ano, por serem *outliers* (373 códigos AMC). Dessa forma, restaram 4.991 AMCs para as regressões utilizando o IProuni. Seguindo o padrão da tabela 1, suas estatísticas descritivas, para 2019, são: 0,199 (média), 0,145 (desvio-padrão), 0 e 0,954 (mínimo e máximo, respectivamente).

as regiões. Para essa análise, os municípios foram agrupados de acordo com suas respectivas macrorregiões. Os resultados estão presentes na tabela 6.

O efeito do IJDS sobre o saldo empregatício praticamente deixa de estar presente, apenas sendo positivo e fracamente significativo na região Sudeste. Processo semelhante ocorre para o indicador de homicídios, sendo o coeficiente negativo, mas apenas estatisticamente significativo para os municípios da região Nordeste e Sul, com o coeficiente da primeira sendo até oito vezes a magnitude do visto nas regressões principais. Os resultados apontados sugerem o forte papel das heterogeneidades regionais sobre o impacto da qualidade educacional na vida dos jovens, muito em virtude das desigualdades socioeconômicas entre as regiões do Brasil (Fernandes e Narita, 2001). Dessa forma, o IJDS parece exercer influência diferenciada dependendo do contexto socioeconômico, o que reforça a necessidade de políticas focalizadas que levem em conta a heterogeneidade territorial.

TABELA 6
Efeitos do IJDS sobre indicadores de emprego e violência por macrorregiões

Variáveis dependentes	Δ Emprego	Δ Homicídios	Número de observações
Δ IJDS (2014-2009)			
Norte	811,3 (873,4)	-9,962 (32,46)	447 -
Nordeste	107,1 (178,6)	-43,75*** (11,97)	1.775 -
Sudeste	230,2* (120,2)	-0,803 (1,908)	1.644 -
Sul	510,05 (340,4)	-10,45** (4,450)	1.065 -
Centro-Oeste	-517,2 (488,5)	14,85 (21,81)	440 -

Fonte: Censo Escolar, Enem, SIM-SUS, Caged e IBGE.

Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Apenas estão presentes os coeficientes da diferença do IJDS entre 2014 e 2009, com o restante sendo omitido da tabela.

2. Todas as informações foram agregadas seguindo o código AMC de 2000-2010.

3. Os erros-padrões robustos estão entre parênteses.

4. Significância: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

Agora, para diferenças intrínsecas às características individuais, foram realizadas análises separadas, tanto por categorias de cor de pele (PPI: pretos, pardos e indígenas; e BA: brancos e amarelos) quanto por sexo (masculino e feminino), novamente, usando a especificação (2). Para tal, foram construídos indicadores a nível municipal a partir das características individuais oriundas dos próprios microdados das bases de dados utilizadas, mantendo o IJDS inalterado. Os resultados estão presentes na tabela 7.

É possível notarmos coeficientes de magnitudes distintas: para jovens PPI, o coeficiente para homicídios é mais elevado, enquanto para jovens BA, temos o efeito sobre o saldo empregatício mais pronunciado. Esses resultados provavelmente são oriundos do racismo impregnado na sociedade brasileira, visto que jovens negros são mais vítimas de homicídios do que jovens brancos: segundo o Atlas da Violência de 2019, no Brasil, 71% das vítimas de homicídio são negras, e os homens, em especial entre 15 e 29 anos, estão entre as principais vítimas (Cerqueira *et al.*, 2019).

Separando a amostra por sexo, é possível notarmos efeitos positivos e significantes sobre o indicador de emprego para ambos os sexos; entretanto, para o masculino, também é possível notarmos coeficientes negativos e estatisticamente significantes para homicídios, seguindo o esperado pela literatura, visto que grande parte das vítimas de homicídios, jovens, são homens.

TABELA 7
Efeitos do IJDS sobre indicadores de emprego e violência por cor de pele e sexo

Variáveis dependentes	Δ Emprego	Δ Homicídios
	Δ IJDS (2014-2009)	
Pretos, pardos ou indígenas	-26,14	-2,834*
	(58,56)	(1,557)
Brancos ou amarelos	168,55**	-2,023*
	(80,31)	(1,229)
Feminino	112,89**	-0,615
	(57,69)	(0,440)
Masculino	154,32*	-9,544**
	(86,42)	(4,098)

Fonte: Censo Escolar, Enem, SIM-SUS, Caged e IBGE.
Elaboração dos autores.
Obs.: 1. Apenas estão presentes os coeficientes da diferença do IJDS entre 2014 e 2009, com o restante sendo omitido da tabela.
2. Todas as informações foram agregadas seguindo o código AMC de 2000-2010, tendo sido utilizadas todas as 5.356 AMCs vistas nas análises principais.
3. Os erros-padrões robustos estão entre parênteses.
4. Significância: *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,1.

Esse resultado reforça a literatura que documenta desigualdades raciais e de gênero nos retornos da educação e na exposição à violência (Krueger e Lindahl, 2001; Curi e Menezes-Filho, 2009). Ao mostrar que os efeitos do IJDS são heterogêneos, os achados sugerem que políticas universais de melhoria educacional podem ter impactos distributivos relevantes, reduzindo desigualdades sociais históricas.

4 CONCLUSÕES

Foi possível analisarmos como variações na qualidade de ensino do município, representadas pelo IJDS, causaram, após um intervalo de cinco anos, diferentes efeitos sobre indicadores de emprego e violência, utilizando dados municipais para todo o

país. Para o indicador de emprego, foi utilizado o saldo entre admissões e demissões no mercado de trabalho formal, e para o de violência, foram utilizadas variações na quantidade de homicídios, ambos para jovens entre 22 e 23 anos de idade.

Foi constatado que tais relações no médio prazo para o IJDS possuem efeitos estatisticamente significantes para os indicadores de interesse. A interpretação dos resultados segue o esperado: como consequências de uma melhora nos índices, é possível ser observado, além do crescimento no saldo entre admissões e demissões, reduções de homicídios, com simulações das elasticidades apontando para grandes benefícios sociais no caso de o índice aumentar em 0,1. Tais resultados são robustos ao controlarmos pelas estimativas populacionais e utilizarmos as transformações logarítmicas dos indicadores. Além disso, foi possível observarmos que os efeitos dessas melhorias educacionais variam dependendo da nota utilizada como parâmetro.

Entretanto, tais efeitos variaram não somente entre as regiões do Brasil, como também para tipo de cor de pele e sexo, com jovens PPI se beneficiando mais no âmbito da violência, enquanto para jovens BA, o efeito sobre o emprego é mais pronunciado. No tocante ao sexo, apenas homens se beneficiam com a redução da violência. Dito isso, os resultados escancaram o racismo ainda presente na sociedade brasileira.

Ao testar a robustez das melhorias educacionais por meio de um painel de primeiras diferenças, observam-se impactos imediatos na direção esperada para choques de curto prazo, sem influência de tendências anteriores nos municípios. O procedimento de Arellano e Bond (1991) foi utilizado para controlar a endogeneidade das variáveis, confirmando a presença de efeitos dinâmicos nos indicadores analisados e a direção dos choques de curto prazo do IJDS. Além disso, os modelos de contagem reforçam a robustez dos efeitos sobre homicídios, indicando uma redução de até 7% na taxa de homicídios para um aumento de 0,1 no IJDS de um período para o outro.

Os resultados obtidos dialogam com a importância da qualidade do município na formação dos alunos, contribuindo para o debate na literatura sobre os efeitos da educação em indicadores sociais. Esses efeitos são visíveis tanto no curto prazo (um ano) quanto no médio prazo (cinco anos), incentivando políticas públicas de melhoras educacionais: não só devemos nos importar com as notas nos principais exames, mas também com o percentual dos alunos que almejam o ensino superior, dando-se uma maior ênfase na qualidade do ensino. Assim sendo, podemos concluir, indubitavelmente, que tais efeitos são profundos na sociedade, impactando tanto a saúde pública quanto a economia dos municípios.

Recomenda-se, para futuras pesquisas, o acompanhamento longitudinal da trajetória escolar dos estudantes em nível individual, de modo a conferir maior robustez à análise do índice proposto. Ademais, o IJDS pode ser aplicado em

diferentes unidades de observação, como turmas escolares ou redes de ensino, desempenhando o papel de um indicador de qualidade educacional e possibilitando, ainda, análises de variações temporais.

REFERÊNCIAS

ANGRIST, N. Measuring human capital using global learning data. **Nature**, v. 592, n. 7854, p. 403-408, 2021.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **The Review of Economic Studies**, v. 58, n. 2, p. 277-297, abr. 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2297968>.

BECKER, G. S. Investment in human capital: a theoretical analysis. **Journal of Political Economy**, v. 70, n. 5, p. 9-49, oct. 1962. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1829103>.

BELFIELD, C. R. *et al.* The High/Scope Perry Preschool Program: cost-benefit analysis using data from the age-40 followup. **Journal of Human Resources**, v. 41, n. 1, p. 162-190, 2006.

BENHABIB, J.; SPIEGEL, M. M. The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. **Journal of Monetary Economics**, v. 34, n. 2, p. 143-173, oct. 1994.

CERQUEIRA, D. *et al.* (coord.). **Atlas da violência**. Brasília: Ipea; FBSP, 2019.

CHIODA, Laura; DE MELLO, João M. P.; SOARES, Rodrigo. Education, earnings and crime: evidence from Brazil. Washington, DC: The World Bank, 2016. (Policy Research Working Paper, 7394).

CORSEUIL, C. H.; FOGUEL, M. N. Uma sugestão de deflatores para rendas obtidas a partir de algumas pesquisas domiciliares do IBGE. **Mercado de Trabalho: conjuntura e análise**, Brasília, n. 19, p. 57-63, jun. 2002.

CURI, A. P. S.; MENEZES-FILHO, N. A. A relação entre educação de melhor qualidade e os retornos no mercado de trabalho brasileiro. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 63, n. 3, p. 297-326, jul.-set. 2009.

DEMING, D. J. **The growing importance of social skills in the labor market**. Cambridge, Estados Unidos: NBER, ago. 2015. (NBER Working Paper, n. 21473). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3386/w21473>.

DEMING, D. J. Four facts about human capital. **Journal of Economic Perspectives**, v. 36, n. 3, p. 75-102, ago. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1257/jep.36.3.75>.

EASTERLY, W. **The elusive quest for growth**: economists' adventures and misadventures in the tropics. Cambridge, Estados Unidos: MIT Press, 2001.

FERNANDES, R.; NARITA, R. Desigualdade educacional no Brasil: evolução e determinantes. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 2, p. 277-305, abr.-jun. 2001.

GUIMARÃES, P. The fixed effects negative binomial model revisited. **Economics Letters**, v. 99, n. 1, p. 63-66, abr. 2008. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165176507002029>.

HADDAD, M. A.; FREGUGLIA, R.; GOMES, C. Public Spending and quality of education in Brazil. **The Journal of Development Studies**, v. 53, n. 10, p. 1679-1696, out. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00220388.2016.1241387>.

HANUSHEK, E. A.; KIMKO, D. D. Schooling, labor-force quality, and the growth of nations. **American Economic Review**, v. 90, n. 5, p. 1184-1208, dez. 2000.

HANUSHEK, E. A.; SHULTZ, G. P. Education is the key to a healthy economy. **The Wall Street Journal**, 25 abr. 2012.

HANUSHEK, E. A.; WOESSMANN, L. Education, knowledge capital, and economic growth. In: BRADLEY, S.; GREEN, C. (ed.). **The economics of education**. 2. ed. [S. l.]: Elsevier, 2020. p. 171-182.

HELLER, S. B. *et al.* Thinking, fast and slow? Some field experiments to reduce crime and dropout in Chicago. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 132, n. 1, p. 1-54, fev. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/qje/qjw033>.

INEP – INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Escalas de proficiência do Saeb**. Brasília: INEP, 2020.

KRUEGER, A. B.; LINDAHL, M. Education for growth: why and for whom? **Journal of Economic Literature**, v. 39, n. 4, p. 1101-1136, 2001.

LANCE, J. E. Conditional cash transfers and the effect on recent murder rates in Brazil and Mexico. **Latin American Politics and Society**, v. 56, n. 1, p. 55-72, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1548-2456.2014.00221.x>.

LOCHNER, L.; MORETTI, E. The effect of education on crime: evidence from prison inmates, arrests, and self-reports. **The American Economic Review**, v. 94, n. 1, p. 35, mar. 2004.

MACHIN, S.; MARIE, O.; VUJIC, S. The crime reducing effect of education. **The Economic Journal**, v. 121, n. 552, p. 463-484, maio 2011.

MANKIW, N. G.; ROMER, D.; WEIL, D. N. A contribution to the empirics of economic growth. **Quarterly Journal of Economics**, v. 107, n. 2, p. 407-437, maio 1992.

MINCER, J. (ed.). **Schooling, experience, and earnings**. Nova York: NBER, 1974. Disponível em: <https://www.nber.org/books-and-chapters/schooling-experience-and-earnings>.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **PISA 2012 results**: what students know and can do – student performance in Mathematics, Reading and Science. Paris: OECD Publishing, 2014. v. 1. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264208780-en>.

PELINESCU, E. The impact of human capital on economic growth. **Procedia Economics and Finance**, v. 22, p. 184-190, 2015.

RIDDELL, W. C.; SONG, X. The impact of education on unemployment incidence and reemployment success: evidence from the U.S. labour market. **Labour Economics**, v. 18, n. 4, p. 453-463, ago. 2011.

ROMER, P. M. Endogenous technological change. **Journal of Political Economy**, v. 98, n. 5, p. 71-102, out. 1990.

TAUCHEN, H.; WITTE, A. D.; GRIESINGER, H. Criminal deterrence: revisiting the issue with a birth cohort. **The Review of Economics and Statistics**, v. 76, n. 3, p. 399-412, ago. 1994.

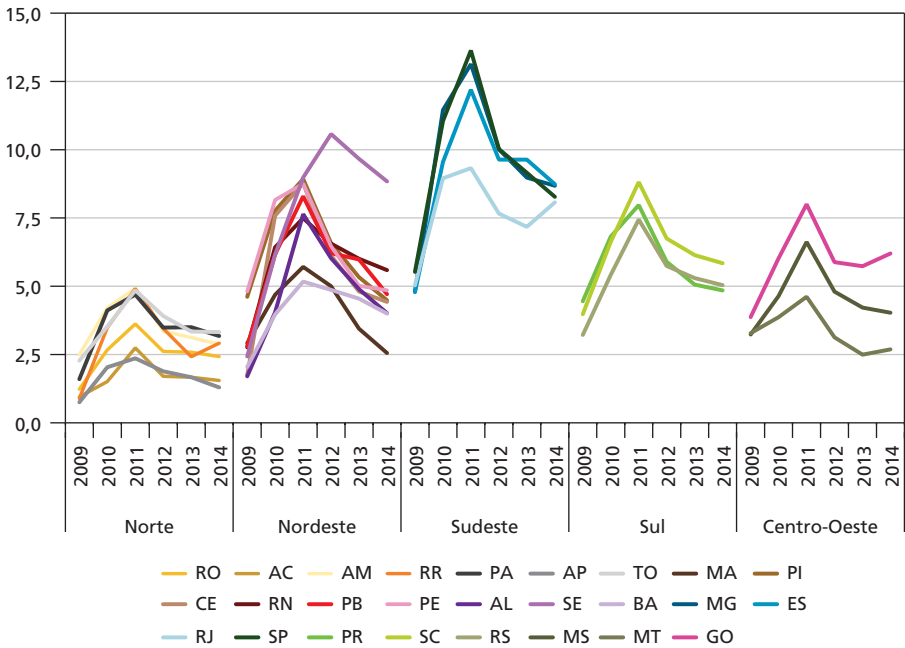
WOOLDRIDGE, J. M. Distribution-free estimation of some nonlinear panel data models. **Journal of Econometrics**, v. 90, n. 1, p. 77-97, maio 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00033-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00033-5).

ZIMMERMAN, S. D. The returns to college admission for academically marginal students. **Journal of Labor Economics**, v. 32, n. 4, p. 711-754, out. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/676661>.

APÊNDICE A

GRÁFICO COMPLEMENTAR

GRÁFICO A.1
IJDs ao longo do tempo – unidades da Federação (2009-2014)
(Em %)



Fonte: Microdados do CE e Enem.
Observação: IJDs – Índice de Jovens com Desempenho Suficiente.
Elaboração dos autores.

APÊNDICE B

ANÁLISES DE ROBUSTEZ

TABELA B.1
Efeitos do Prouni sobre indicadores de emprego e violência

Variáveis dependentes	Δ Emprego	Δ Homicídios
Δ IProuni (2014-2009)	57,33*** (27,32)	-1,765*** (0,567)
Constante	48,23*** (9,514)	0,279** (0,139)
Número de agregações	4.991	4.991
R-squared	0,022	0,011

Fonte: Censo Escolar, Enem, SIM-SUS, Censo do Ensino Superior, Caged e IBGE.
Elaboração dos autores.
Obs.: 1. Os coeficientes da diferença do logaritmo natural do prosuto interno bruto deflacionado *per capita* e das *dummies* de unidade da Federação foram omitidos da tabela.
2. Todas as informações foram agregadas seguindo o código AMC de 2000-2010.
3. Os erros-padrões robustos estão entre parênteses.
4. Significância: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

Originais submetidos em: mar. 2025.
Última versão recebida em: set. 2025.
Aprovada em: set. 2025.

THE OPERATION OF THE EXPORT QUALIFICATION PROGRAM IN FACTORS PROMOTING EXPORTATION: AN ANALYSIS OF THE 'PEIEX-FRANCA'¹

Pedro Luiz Messana Niero Rocha²

Daniela Schettini³

By means of the 'APEX Brasil' program, the Brazilian Federal Government has developed the Export Qualification Program (Projeto de Extensão Industrial Exportador – Peiex), with the aim of preparing firms for export activities. Following academic research of the internal and external factors affecting firms that both boost and hinder exports, this article aims to analyze whether the PEIEX program has been operating precisely in those areas that the literature highlights as important for firms working with exports. Using data from Peiex-Franca (São Paulo), relating to the period from between 2016 and 2018, involving 190 firms based in 16 municipalities and working in different business sectors, an interview with Apex, and a survey conducted with firms participating in the project in question, the article concludes that there is a convergence between the export factors outlined in the literature and the characteristics of the firms participating in the project. Furthermore, despite Peiex working with these factors, it can be noted that the improvements are concentrated in a few specific internal factors, meaning others are possible within the scope considered in the literature and offered by Peiex.

Keywords: exportation; Peiex; companies; export support programs.

A ATUAÇÃO DO PROJETO DE EXTENSÃO INDUSTRIAL EXPORTADOR NOS FATORES DE FOMENTO ÀS EXPORTAÇÕES: UMA ANÁLISE DO PEIEX-FRANCA

Por meio do programa APEX Brasil, o Governo Federal desenvolveu o Programa de Qualificação para Exportação (Projeto de Extensão Industrial Exportador – Peiex), com o objetivo de preparar empresas para atividades de exportação. Com base em pesquisas acadêmicas sobre os fatores internos e externos que influenciam as empresas, tanto aqueles que impulsionam quanto os que dificultam as exportações, este artigo tem como propósito analisar se o programa Peiex tem atuado exatamente nas áreas destacadas pela literatura como relevantes para as empresas que buscam exportar. Utilizando dados do Peiex-Franca (São Paulo), referentes ao período de 2016 a 2018, envolvendo 190 empresas localizadas em 16 municípios e atuantes em diferentes setores econômicos, além de uma entrevista com a Apex e de um questionário aplicado às empresas participantes, o artigo conclui que há convergência entre os fatores de exportação identificados na literatura e as características das empresas atendidas pelo projeto. Além disso, embora o Peiex atue sobre esses fatores, observa-se que as melhorias concentram-se em alguns fatores internos específicos, indicando que outros aspectos ainda podem ser explorados, dentro do escopo apontado pela literatura e das ações oferecidas pelo programa.

Palavras-chave: exportação; Peiex; empresas; programas de apoio à exportação.

JEL: F14; L25; O24.

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ppe55n3art3>.

2. PhD candidate in Administration at the School of Economics, Business and Accounting of Ribeirão Preto, University of São Paulo (FEA-RP/USP). E-mail: p.rocha@usp.br.

3. Associate professor at Institute of International Relations (IRI) of USP. E-mail: danischettini@usp.br.

1 INTRODUCTION

Overseas trade has the potential to influence the development and growth of a country by creating jobs, stimulating innovation and cooperation between States, and balancing economic factors. In micro-economic terms, companies tend to be more productive, pay higher salaries and apply innovation to their processes and products more frequently (Arbache and de Negri, 2002). Over recent years, Brazil has adopted incentive policies as a means of encouraging its government agencies, such as the Brazilian Agency for the Promotion of Foreign Trade and Investment (Apex Brasil), with the aim of disseminating a culture of exportation amongst firms. The agency conducts various different trade development activities designed to encourage exports and promote Brazilian products and services, such as, for example, trade missions, business rounds, support for Brazilian firms to be able to participate in large international trade fairs, as well as market studies and analyses, that aim to guide firms and their partners with regard to the best opportunities for their international business ventures⁴ (Apex Brasil, 2015).

Apex has also developed the Export Qualification Program (Projeto de Extensão Industrial Exportador – Peiex), a Brazilian Federal Government program which, since 2004, has assisted more than 30,000 firms with the aim of preparing them for exportation activities.⁵ Free of charge and offered through certified responsible agencies,⁶ Peiex provides services to Brazilian firms located throughout the country, offering expert consultations on their export capacities, their performance in different areas, especially management, and recommendations and advice on technical, management and technological improvements. After developing a diagnosis based upon technical visits and the study of data together with the firm, the program offers suggestions for specific actions and improvements.

In a study of 180 clothing firms from Ceará, which received support between 2011 and 2012, Santos (2014) analyzed the performance of the Peiex methodology in encouraging the companies to move into the international market and incorporate innovation, as well as the importance of innovation for the firms' success overseas. Dornelas (2016) sets out to identify the benefits and weaknesses of Peiex, through an analysis of seven firms from different sectors in the states of Rio de Janeiro, São Paulo and Bahia between 2015 and 2016. Focusing on 41 firms in the state of Rio Grande do Sul, Rochineski (2016) noted the contribution of the project to regional development. The importance of the Peiex project is not only highlighted by academic literature. In 2010, given the distinction and importance

4. Available at: <https://portal.apexbrasil.com.br/noticia/PEQUENAS-E-MEDIAS-EMPRESAS-INTEGRAM-SUA-1-MISSAO-COMERCIAL/>. Accessed on: 15 May 2024.

5. Available at: <https://apexbrasil.com.br/br/pt/conteudo/noticias/ApexBrasil-celebra-20-anos-do-Programa-de-Qualificacao-para-Exportacao-que-ja-capacitou-mais-de-30-mil-empresas-de-Norte-a-Sul-do-pais.html>. Accessed on: Apr. 2025.

6. In general, universities, technology parks, Research Support Foundations, or Industry Federations. The selection of the executing entity is carried out by Apex-Brasil technicians. According to Apex Brasil (2015), the project team comprises the Coordinator of the Operational Center, Extension Monitors, Extension Technicians, and interns.

of the project, Apex Brasil was named the world's best trade promotion agency, a distinction awarded by the International Trade Centre (ITC), a body connected to the United Nations Organization (UN).

However, despite the high level of participation of firms in the program, the percentage that actually start exporting following the project is relatively low, at least according to a short-term analysis. In 2018, for example, of a total of 15,737 firms supported by the agency, only 2.2% started export operations. The figures are better amongst those firms that were already exporting (around 30%), since 64.6% of them started operating in new markets and 60.6% started exporting new products. Even so, almost 70% of the firms failed to start exporting having spent two years pursuing the federal program. It is important to mention, however, that the program's success rate is calculated using data noted immediately after the end of the program. Or in other words, these percentages could have been higher if the firms involved in the program had started maturing in terms of what was learned during the project and started exporting sometime immediately following the conclusion of the project.

As such, be it because Peiex is a government project that uses public resources to encourage overseas trade, or because it has the opportunity to work directly with different departments within the firms, with the aim of encouraging its exports, or even due to the economic and productive results that insertion into the international market can produce, it is essential that the effectiveness of the program in stimulating exports should increase, thereby allowing both the country and the firms to enjoy the benefits generated by overseas trade. In general, the academic research focused on Peiex addresses the need for new studies on the project and the importance of performing analyses involving more companies, from different sectors, and comparing them to previous studies. Furthermore, no studies have yet been performed with the aim of simultaneously analyzing all the firms with which Peiex has worked, a study that would cover a large group of different-sized firms from different sectors.

This article intends to contribute to the discussion under way within the relevant literature concerning the factors that encourage and discourage exports, above all amongst micro, small and medium-sized firms. Specifically, it seeks to analyze whether the work of Peiex is aligned with the factors outlined in the literature. Put another way, has the Peiex been working precisely with the factors that the literature sets out as being relevant for firms to be able to export? Has it been working to alleviate the factors that hinder exportation? Are there systemic factors that the Peiex sees as important, but which the literature has not addressed? To answer these questions, the study will be using Peiex-Franca (São Paulo) data developed, between 2016 and 2018, from work involving 190 firms from 16

municipalities and numerous different sectors of business activity. The analyses will be complemented by information from the interview⁷ performed with APEX (2021) and a survey sent out to the active firms participating in the project (2021).

The second section investigates the literature relating to the internal and external factors that affect the exports by Brazil's micro, small and medium-sized firms. The third section presents the Peiex-Franca project and empirically analyzes the presence/absence of the factors investigated by the literature and which influence the exports of the firms participating in the project. The fourth section, meanwhile, explores the work of Peiex in relation to these factors, by looking at the improvement options offered and implemented by the program. Finally, the fifth section concludes the article.

2 LITERATURE RELATING TO FACTORS INFLUENCING EXPORTATIONS

In general, the classical theories concerning overseas trade, such as the models presented by Ricardo (1817), Heckscher (1949), Olhin (1933), and the Chamberlianos (Krugman, 1979; 1981; Lancaster, 1980; Helpman, 1981; Ethier, 1982), emerged with the aim of explaining the complex relationship governing the exchange of products and services between countries and their distribution effects. On the other hand, in the literature addressing International Business, we find studies that seek to identify factors that influence exportation and the internationalization of firms, outlining a series of suggested models. The Uppsala school (Johanson and Vahlne, 1977) considers behavioral as well as economic factors in the decision-making and presents the idea that a firm's successful internationalization is the result of gradually obtaining more knowledge about new overseas markets (starting with exportation) and commitment of the company's resources. The Eclectic Paradigm developed by Dunning (1988) is a model that discusses the reasons why firms make direct investments overseas, explaining that the phenomenon occurs when this process provides three advantages: i) ownership; ii) location; and iii) internalization.

Cavusgil and Kilpalani (1993) conducted an exploratory study with the final objective of developing hypotheses on the key factors for exportation, through an exploratory analysis of the most important publications of the preceding years and the experiences of internationalization found in the cases of 130 firms located in the United States, Western Europe, Japan and Canada. Katsikeas, Shengliang and Wortzel (1997) identified the key factors for successful exportation by monitoring small and medium-sized manufacturing firms in Canada. They noted that two major streams of research have been pursued in this area, which

7. The interview with APEX Brasil was performed in the form of questions sent out by e-mail to the APEX training coordination department and distributed amongst the members of the Overseas Trade Education team (ECEx), and others, as a means of broadening the range of responses. Obtained in 2021.

the authors refer to as the “critical elements” necessary for companies to achieve success. One of the streams identifies the differences between exporting and non-exporting firms; the other explores the internal and external forces that influence a firm’s export performance.

One of the objects of study of the microeconomic literature specializing in studies focused on the dynamics of firms entering and exiting foreign trade is analysis of the factors that may support or hinder the internationalization of firms. Over recent years, there has been noted a greater participation of micro, small and medium-sized firms in this dynamic, with these types of firms seeking internationalization strategies focused on growth over time (Dornelas, 2016; Cislighi, Fernandes and Wegner, 2017).

Despite the different lines of research, our interest lies in bringing together the various points put forth – both in the literature dedicated to the study of overseas trade, and in that focused on international negotiations – to understand the internal and external factors that could possibly lead firms to export and, based upon this, analyze what our data could reveal, whilst avoiding adapting Peix to a specific theoretical context.

2.1 What do firms export? Internal factors

Despite certain sample differences between the international studies conducted by different authors, there does exist a certain convergence on the identification of the internal factors that influence firms’ exports. Amongst the principal variants are, most importantly, the commitment shown by the management and the quality of the export team within the firm, requiring it to act strategically and incisively, as well as its intensity and technological orientation. The authors also highlight the type of product being offered and its ability to adapt to the overseas market. Table 1 sets out the internal factors that influence firms’ exports that have been noted in numerous studies.

Whilst Cavusgil and Kilpalani (1993) divide the factors into three groups, calling them “descriptive variables”, “strategic variables” and “marketing mix variables”, Katsikeas, Shengliang and Wortzel (1997) categorize them as “marketing policy elements” and “specific factors of the firms”. Cavusgil and Nevin (1981) analyzed more than 400 manufacturers located in a single state in the United States. Andersson, Gabrielsson and Wictor (2004) also present variables that led small firms in Sweden to move into the overseas market, whilst Tsiotsou and Hajidimitriou (2017) highlight the participation of small and medium-sized Greek firms at international trade fairs.

In Brazil, Carvalho, Gomes and Lima (2012) concluded that those micro, small and medium-sized firms operating in sectors with a tradition in exportation are more articulate and possess greater bargaining power, meaning they are likely to be more frequently considered in public and private programs. Andersson, Gabrielsson and Wictor (2004) also find evidence that factors relating specifically to the firm, such as size (with all the advantages associated with economies of scale), time in existence, training of personnel, and technological capacity (that aim to identify the intensity of the adoption of technological innovation of processes and organizational), are all factors that influence firms' export possibilities.

Arbache and Negri (2002) suggest that education, technology and the scale of production are fundamental variables in explaining the likelihood of these companies exporting, and they should receive special attention in the creation of public policies focused on overseas trade. They further maintain that exports depend more on the characteristics of the companies than on the sector in which they operate.

However, many of these factors require the companies to make investments in time and financial resources, as well as in the innovation or adaptation of their products or processes, in the maintaining or hiring of a team specialized in overseas trade operations, professional training, and participation in trade fairs and business rounds. If they are not properly managed and understood, these costs can limit the company's possibilities for either starting export operations or remaining in the overseas market.

In relation to commercial costs, part of the existing literature focuses on an analysis of the financial restrictions that exist in different countries (Bellone et al. 2010), relating to what are called "sunk costs" (investments that cannot be recuperated), which lead many companies to desist from even starting their export operations. Das, Roberts and Tybout (2007) have clarified that these 'sunk costs' are expenses involved in opening distribution channels, going further than adapting the products and packaging, and further than learning and understanding the bureaucratic procedures of both the country of origin and destination. They also include the fixed costs that may involve investments to maintain a presence in the foreign market, as well as costs necessary for insurance, the monitoring of customs procedures and standard requirements of the product. Kim, Reimer and Gopinath (2007) obtained similar results when studying the Korean manufacturing sector between 1992 and 2002, and have argued that sunk costs can be tackled through government export incentive policies, as Jacks, Meissner and Novy (2011) have also since suggested.

For Copeland (2007), the costs related to exportation arise from market shortcomings due to a failure to appropriate positive external factors generated by funds invested by the firm itself in studying new entry markets, regardless of whether it actually enters them or not, by the received knowledge of experiences of other companies that have opened new international markets, or by the dissemination of information concerning problems relating to the demand for a product or service of a certain firm and how this affects the other companies working with similar or different products, their sector or production chain. To minimize the market shortcomings, Copeland (2007) identifies that some costs can be resolved through government interventions, such as in the “infrastructure” or “communication” sectors, that are essential not only to the country’s domestic development, but also to enable overseas trade, in so far as they tend to bring trade costs down.

The responses provided in the interview with Apex Brasil (2021) align with these results, by affirming that exportation can be performed “without any big obstacles, either for micro and small firms or for large firms”, although the dynamic of moving into new markets occurs differently, since “larger firms have a more robust structure for the identification of commercial opportunities and regulatory support for exportation, meaning they suffer these types of difficulties a bit less”. Amongst firms’ principal exportation costs, the agency also highlights those related to expanding production capacity or alterations to the manufacturing process, which can vary enormously in terms of funds invested. Furthermore, it is very often necessary to train the workforce and implement an export culture in the firm, given the low level of understanding of the domestic exportation processes of both the country and other States, the need to create a specialist exports department within the firm to research and prospect for new markets, the need to structure trade promotion actions specifically designed for the target market, and the need to verify the nature of the exported product or service, when special transportation needs can affect the costs and distance between the seller and the client and the terms of the purchase agreement (and the Incoterm⁸ used) (Apex Brasil, 2021).

The choice of the exportation processes also generates different costs for different firms. According to Gao, He and Yin (2017) choices are made between “processing exports” (one-off exports) and “ordinary exports” (recurring exports). The authors conclude that “processing exports” have lower fixed costs than “ordinary exports”, thus compensating for their lower productivity.

8. *Incoterms* or international trade terms are contractual clauses included in international purchase and sale agreements, defining the duties and obligations of the exporter and importer.

TABLE 1
Internal factors that influence firms' exports

Internal factors	Do not agree	Partially agree	Fully agree
Size of the firm	—	Cavusgil and Kilpalani (1993); Andersson et al. (2004)	Katsikeas et al. (1996); Dornelas (2016); Cislighi et al. (2017); Tsiotsou and Hajidimitriou (2017); Carvalho et al. (2012)
Age of the company	—	Andersson et al. (2004)	Tsiotsou and Hajidimitriou (2017); Carvalho et al. (2012)
International involvement, with targets for growth, profit, and market development; Level of management commitment, training of the workforce and implementation of an export culture in the firm	—	—	Cavusgil and Kilpalani (1993); Tsiotsou and Hajidimitriou (2017); Carvalho et al. (2012); Cavusgil and Nevin (1981); Katsikeas et al. (1996); Das et al. (2007); Kim et al. (2011); Apex Brasil (2011); Dornellas (2016); Santos (2014)
Creation of a specific export department within the firm (employees, infrastructure); Expansion of the manufacturing capacity	—	—	Apex Brasil (2021); Lopez and Gama (2011); Apex Brasil (2011); Jingtao and Chengqi (2012)
Study for identification of new markets; Product positioning strategy; ¹ Promotion efforts	—	—	Copeland (2007); Das et al. (2007); Kim et al. (2011); Jingtao and Chengqi (2012); Lopez and Gama (2011); Apex Brasil (2011); Cavusgil and Kilpalani (1993); Katsikeas et al. (1996); Andersson et al. (2004)
Type of product, firm's sector of activity, adaptations of the services, products and packaging; learning the right marketing strategy for the overseas market	—	Anderson and Wincoop (2004)	Cavusgil and Kilpalani (1993); Katsikeas et al. (1996); Cavusgil and Nevin (1981); Dornelas (2016); Tsiotsou and Hajidimitriou (2017); Carvalho et al. (2012); Copeland (2007); Das et al. (2007); Lopez and Gama (2011); Apex Brasil (2011); Kim et al. (2011); Jingtao and Chengqi (2012)
Product quality control	—	—	Katsikeas et al. (1996)
Technological level and orientation of the business	Andersson et al. (2004)	—	Cavusgil and Kilpalani (1993); Katsikeas et al. (1996); Cavusgil and Nevin (1981); Santos (2014); Arbache and Negri (2002); Carvalho et al. (2012); Cislighi et al. (2017)
Experience in the domestic market	—	—	Cavusgil and Kilpalani (1993); Katsikeas et al. (1996); Cislighi et al. (2017)
Sale price/competition	—	—	Cavusgil and Kilpalani (1993); Katsikeas et al. (1996); Copeland (2007); Das et al. (2007); Kim et al. (2011); Apex Brasil (2011); Jingtao and Chengqi (2012)
Developing distribution channels and transportation	—	—	Copeland (2007); Jingtao and Chengqi (2012)
Payment conditions and post-sales ²	—	Cavusgil and Kilpalani (1993)	Katsikeas et al. (1996)
Financial resilience	—	—	Katsikeas et al. (1996); Cavusgil and Nevin (1981); Bellone et al. (2010)
Fixed costs/investments to maintain the firm's presence in the overseas market	—	—	Anderson and Wincoop (2004); Jingtao and Chengqi (2012)
Asymmetric information on the quality of both the firm's proprietary products and those used in the overseas market.	—	—	Copeland (2007); Jingtao and Chengqi (2012)

(Continues)

(Continued)

Internal factors	Do not agree	Partially agree	Fully agree
Prior experience with a consultancy or international training and experience of the firms' managers	–	–	Dornelas (2016); Katsikeas et al. (2017); Tsotsou and Hajidimitriou (2017)
International experience (international trade fairs), formal education and general business experience	–	–	Tsotsou and Hajidimitriou (2017); Arbache and Negri (2002); Dornelas (2016)

Authors' elaboration.

Notes: ¹ The 'product positioning strategy' refers to the research and marketing efforts made to identify the target public and market with the greatest openings.² Post-sales is the process that starts following the sale of a product or service, in which the company aims to provide all the support necessary to understand the client's satisfaction and control possible risks of dissatisfaction.

2.2 Why do firms export? External factors

The external factors, despite, in some cases, having close connections to the internal factors, tend to consider more macro-economic aspects or the relations that exist between countries. Katsikeas et al. (1997) conclude, in general terms, that the external factors refer to those elements associated with the diplomatic relations that exist between States, multilateral and bilateral trade agreements, contractual agreements, export subsidies and import tariffs, national credibility on the international market, stability, profitability, and accessibility of the foreign economy, as well as the risk involved in the export market operations. Tsotsou and Hajidimitriou (2017) cite the economic climate and the political environment as being the most influential external factors.

Numerous studies address the influence of commercial policies, such as trade barriers, tariffs and subsidies, since both the incentives and the restrictions influence the possibility of a country being able to export (Anderson and Wincoop, 2004; Arvis et al., 2016). In a study focused on bilateral agreements, with a sample of trade flows of 130 States from the Americas, Asia, Europe and Oceania between 1870 and 2000, Jacks et al. explained that the consequences of the commercial costs and their determining factors go beyond the tariffs, transportation costs and economic risks, such as exchange rate systems, meaning cultural barriers, such as language, should also be taken into account.

For managers at small Brazilian firms who have experience in exporting their products, the exchange rate is the most important factor in external competitive standing, as can be seen in Carvalho, Gomes and Lima (2012). Furthermore, the authors highlight that the trade barriers – imposed on some products on the market – the interest rate and cultural differences all constitute obstacles to entry and permanence in the area of exportation. Lopez and Gama (2011) call attention to the role that the exporting country's tax incentives can play in eliminating the taxes falling on regular market operations, whilst they also note the costs involved in licensing, documents and formalities, transportation of the merchandise within terminals, and international transportation and insurance (Lopez and Gama, 2011).

In addition to this, firms have to spend time and resources finding quality and trustworthy partners, distribution companies and suppliers with whom to establish their network of operations and contacts.

With more countries becoming involved in overseas trade, the activities of the State become that much more important on the different fronts that influence international commerce (Nakano, 1994). Apex stresses that a lack of economic agreements, be they bilateral or multilateral, reduces the possibilities of access to certain markets, with a reduction of costs associated with tariff, non-tariff, protection and technical barriers, as well as certifications required by the target markets. The agency also stresses the importance of access to lines of financing for low-value exportations, especially for small and medium companies, which perform their initial operations in sums that are lower than those offered on the market. Furthermore, the firms encounter difficulties and high costs involving the “logistics infrastructure” for the merchandise to arrive at Brazil’s ports and airports, which are very often associated with the “Brazil cost” due to the lack of effective public policies aimed at improving the infrastructure (Apex Brasil, 2021).

Within this context, government projects designed to promote exportation constitute an extremely important external factor, especially for small and medium-sized firms, which very often need support and do not have sufficient resources to begin the internationalization process. Table 2 sets out the external factors that influence firms’ exports.

TABLE 2
External factors that influence firms’ exports

External factors	Do not agree	Partially agree	Fully agree
Knowledge of instruments of support for innovation and interaction networks.	–	–	Deng and Wortzel (1995); Cavusgil and Nevin (1981); Santos (2014); Cislacghi et al. (2017)
Access to lines of credit	–	–	Das et al. (2007); Kim et al. (2011); Apex Brasil (2011);
Exchange rate	–	–	Jacks et al. (2011)
Diplomatic relations that exist between States, national or foreign credibility in the international market, low risk in export market operations, and cultural and language differences.	–	–	Katsikeas et al. (1996); Carvalho et al. (2012); Jacks et al. (2011)
Logistics infrastructure and quality of suppliers	–	–	Copeland (2007); Lopez and Gama (2011)
Learning gained from bureaucratic procedures of the exporting country and the importing country	–	–	Copeland (2007); Jingtao and Chengqi (2012)
Monitoring of customs procedures and standard requirements of the product	–	–	Das et al. (2007); Kim et al. (2011)
Distance	–	–	Das et al. (2007); Kim et al. (2011)
Technical/tariff barriers, subsidies, tax incentives, taxes and rates, and trade and economic agreements; Local regulations; Insurance costs	–	–	Anderson and Wincoop (2004); Copeland (2007); Das et al. (2007); Kim et al. (2011); Jacks et al. (2011)
Export agent’s commission	–	–	Das et al. (2007); Kim et al. (2011)

Authors’ elaboration.

3 AN EMPIRICAL ANALYSIS OF THE FACTORS PERTAINING TO THE PEIEX FRANCA

The empirical analysis of this article is based on data obtained from the responses to a questionnaire containing 295 questions in different departments including Strategic Administration, Human Resources, Finances and Costs, Sales and Marketing, Overseas Trade, and Products and Manufacturing applied by Peiex to the companies prior to their implementation of the project and from the Secretariat of Foreign Trade (Secex), which records the companies that exported and did not export, and was used to divide the companies into groups for analysis.⁹ The Peiex-Franca was developed between September 2016 and September 2018 in the region of Franca, located in the north of the State of São Paulo.

Apex Brasil, together with the Peiex executing institution (the Fundação Educacional de Ituverava), selected 16 municipalities to be included in the project, aiming to provide services to 190 companies (almost 60% of which were located in the municipality of Franca) over a period of two years. The region is largely based on agriculture, with the main crops including sugarcane, soybean, corn and sorghum, along with forest and coffee plantations. Of the activities performed in the manufacturing sector, the most important are shoe, sugar and alcohol, metal-mechanical, furniture, food, electrical goods and fertilizer manufacturers. Amongst the companies provided with services, 21% form part of the shoe manufacturing sector, followed by the food (16%), clothing (12%) and metallurgy sectors. With respect to the size of the companies, measured by the number of employees, 71.6% were micro, 23.2%, small, and 5.3% medium-sized businesses.

For this analysis, the firms participating in Peiex-Franca were divided into four groups.

- 1) Group 1: 18 companies that were already exporting before the start of Peiex activities and continued to export after Peiex.
- 2) Group 2: 9 companies that exported only during or after receiving Peiex support.
- 3) Group 3: 7 companies that were exporting prior to receiving Peiex support but did not export during or after the completion of the project.
- 4) Group 4: 156 companies that were not exporting before and did not export after Peiex.

Table 3 summarizes the classification of companies before and after Peiex. Shaded cells indicate the presence of export activities.¹⁰

9. For confidentiality reasons, the Secex data is no longer publicly available. For this article, we had the complete dataset from 2000 to 2021 previously retrieved from the Secex website.

10. With the available data, it was not possible to determine whether the companies that were exporting managed to increase the quantity exported after Peiex, which may diminish the indication of the program's success.

TABLE 3
Classification of companies: export timing

	Before Peiex	During/after Peiex
Group 1		
Group 2		
Group 3		
Group 4		

Authors' elaboration.

The data presented in this section were obtained from the responses to the questionnaire that Peiex administers to companies before beginning its consultancy, indicating, therefore, the characteristics of the companies and their prior preparation for the international market, as well as data from the Foreign Trade Secretariat (Secex) which records the companies that exported and did not export. For the Secex data, the period from 2006 to 2021 was observed, i.e., 10 years before the start of Peiex-Franca and the last available year. Therefore, the analyses of the results presented in the tables refer to the conditions that the companies exhibited in September 2016, before the start of Peiex in Franca.

As observed in table 4,¹¹ the companies that started exporting or were already exporting (groups 1, 2, and 3) are larger in size, having, on average, more employees, and have also been in the market longer than group 4, which aligns with the literature discussion. The companies in groups 1 and 2 were those that remained linked to the project the longest (on average, approximately eight and nine months, respectively), followed by the companies in groups 3 and 4 (approximately six and five months, respectively). It is assumed that the shorter period of linkage for group 3 compared to groups 1 and 2 is due to their already possessing some knowledge of export practices or seeking specific improvements.

11. Table 4 reports the mean of each variable by group. The coefficient of variation (in percentage) is shown in parentheses.

TABLE 4
Characteristics of the firms according to group

	Group 1 – exported before Peiex	Group 2 – did not export and started exporting during or after Peiex	Group 3 – exported only before Peiex	Group 4 – did not export
Number of companies	18	9	7	156
Average number of employees (size)	79 (88.5%)	40 (135.3%)	46 (100.4%)	12 (134.3%)
Average time participating in Peiex (months)	7.56 (5.7%)	8,89 (0.0%)	5,86 (9.1%)	4.76 (10.5%)
% of firms which are highly committed	78% (3.8%)	100% (3.6%)	43% (4.9%)	54% (4.9%)
Age of the firm (average, years)	21.7 (44.5%)	17.11 (96.5%)	23.29 (49.0%)	10.81 (76.3%)

Source: Peiex-Franca data.
 Authors' elaboration.

The firm's level of commitment to the project was gauged by its participation in workshops, business rounds, engagement with the information requested by the project technicians, operationalization of the improvement proposals, dedication and attendance at meetings. This variable represents the percentage of firms that were highly committed to the project, with a big difference being noted between groups 1 and 2 in relation to 3 and 4: whilst in the former more than 75% of the firms were highly committed to the project, in the latter a high level of commitment was only evident in around half the firms, results which align with those found by Tsiotsou and Hajidimitrou (2017), Carvalho, Gomes and Lima (2012), and Cavusgil and Nevin (1981).

Significance tests between group means and medians were conducted and are available upon request.¹² The smaller sample sizes of groups 2 and 3 make it challenging to obtain significant results and compare them to each other. Nevertheless, some interesting findings are observed. group 1 (always exports), as well as group 2 (exports after Peiex), exhibit means and medians that are statistically different from group 4 across all variables in the full sample. group 3 (does not export after Peiex) differs from group 4 (never exported) in structural terms (age and size), but not in terms of commitment to Peiex and time participating in Peiex. Additionally, the graphical analysis of the variables by group reveals some outliers, particularly regarding the size of the companies in groups 2 and 4, as evidenced by the high coefficients of variation.¹³ However, excluding the outliers in the size variable does not alter the results for the difference in means

12. Please contact the authors at danischetti@usp.br. To test for differences in medians across groups, we conducted the Kruskal-Wallis test.

13. If the outlier company in group 2 is excluded, the average firm size would become 24 employees, whereas for group 3, it would be 30 employees, values still higher than group 4's average of 10 employees, even when excluding its outlier observations. Regarding the variable age, with the coefficient of variation also being high for group 2, excluding its outlier observation, the mean is 12.9 months.

tests, compared to the full sample, but there is no longer a difference between the medians of groups 2 and 4 for this variable.

Table 5 illustrates proxies for the firms’ international involvement, positioning strategy and sales policies. The international involvement can be seen in the percentage of firms that use a catalog of products and services listing prices in other currencies. The other variables, meanwhile, can be seen in the percentage of firms that monitor their domestic market share and the percentage that develop sales policies.¹⁴

TABLE 5
Knowledge of the domestic market and prices in foreign currencies
(In %)

	Firms with knowledge of their domestic market share	Firms that list the price of the product in other currencies (USD/EUR)	Firms that monitor the prices of their competitors’ prices in the domestic market
Group 1	83	44	89
Group 2	44	22	100
Group 3	43	43	100
Group 4	14	28	80

Source: Peiex-Franca data.
Authors’ elaboration.

Companies in groups 1 and 3 (always exported and did not export after Peiex, respectively) demonstrated greater knowledge regarding their own market share in the national market. This suggests that companies with prior export experience tend to have a better understanding of their domestic market compared to companies that have not exported, as indicated by the literature. In terms of presenting products in foreign currencies, the highest percentage is again concentrated in groups 1 and 3, with 44% and 43% of the companies pricing their products in other currencies, respectively. This suggests a strong presence or interest in foreign markets and greater preparedness to handle transactions in other currencies. Since group 3 already exported before Peiex, it is also natural for them to have their products or part of their catalog priced in international currencies.

For groups 2 and 4 (exported only after Peiex and never exported), less than 30% of the companies have their prices in foreign currencies. This suggests a lack of preparedness, knowledge, or interest in the foreign market. Even though they have never exported, 22 companies in the group 4 adopt foreign currency pricing for their products, which may indicate some interest in the foreign market or perhaps a differentiator compared to other companies in the same segment.

14. Sales policies show the strategies adopted by a company concerning how to position the product and/or service in the market, identification of the competitors and the target-public, and marketing.

Regarding sales policy, most of the assisted companies monitor the selling prices of their competitors in the national market. However, the percentage does not reach 100% for groups 1 and 4, which may indicate that some companies, albeit few, have market reservations, weaker rivals or lack the financial, technological, or human capital resources to seek and maintain this information.

Table 6 addresses the knowledge firms have in relation to the overseas market. The results corroborate the literature, suggesting that the international experience of company managers is a crucial factor in winning over new markets. A noticeable disparity exists between groups 1, 2, and 3, composed of companies that have engaged in export activities, compared to group 4. Companies in group 1, which have always exported, exhibit the highest percentages of knowledge about foreign trade, reinforcing the consistency of the data. Although the companies in group 3 had only exported at some point before Peiex, they possess less knowledge about international trade in terms of where and how to export compared to companies in group 2, which began exporting only after Peiex, indicating a potential failure of group 3 and success of group 2 in terms of exportation.

The data also suggest another interesting behavior: 33% of the companies in group 2 had knowledge of where and how to export before participating in Peiex, and 22% were knowledgeable about trade missions and business rounds, despite not having performed any exports, in contrast to just 4% and 12% in group 4, which did not export. This indicates that companies in group 2 already showed some interest in the international market, suggesting that international preparation and experience of the firm can be fundamental for export success, as presented by the literature.

Furthermore, although no company in group 2 had knowledge of export barriers prior to the program, after Peiex, having performed exports, a survey post-Peiex conducted with firms participating in the project reveals that all companies in this group acquired this knowledge, indicating a significant contribution of Peiex.

TABLE 6
General understanding of overseas trade
(In %)

	Firms that know where to export to	Firms that know how to export	Firms that are aware of the export barriers	Firms that know about trade missions and business rounds
Group 1	50	50	39	44
Group 2	33	33	0	22
Group 3	29	29	29	29
Group 4	4	4	4	12

Source: Peiex-Franca data.
Authors' elaboration.

Table 7 indicates the concern of the firm with technological orientation and employee training. It also provides information on the need for investment to maintain the firm’s presence in the overseas market, such as the ‘creation of a specific export department within the firm (employees, infrastructure)’.

Group 1 presents the highest percentage of companies that seek employee development, with 56% adopting education and training policies. This high percentage, especially compared to the other groups, suggests prior experience in training, which can facilitate increasing production capacity or adapting processes for the international market, as the literature indicates is necessary for exportation. It is noted that companies in group 2 (which began exporting after Peiex) had a lower percentage than group 4. Although few companies in group 2 had formal training policies, there were other forms of preparation or strategies that facilitated their entry into the international market, indicating that Peiex may have contributed. Ultimately, success in exportation does not rely solely on education and training policies. Group 2 stands out in other areas such as the use of research data (89%) and the prospecting of new clients/markets (100%), which are essential for operating in international markets. This effort may have compensated for the lesser initial emphasis on formal training and suggests that these companies were already seeking to act proactively in both national and international markets.

Group 3 generally presents the lowest percentages compared to the other groups. Fourteen percent of the companies adopt education and training policies, a value lower than group 4 (27%). Group 3 did not reach 60% of companies dedicating time and effort to understanding new markets. Group 4, which specializes only in the national market, had more companies with these policies and corporate incentives, approaching 70%. The difference in percentages of education and training policies between groups 2 and 4 can be justified by the different emphases and needs of each group, considering the context before Peiex and the maturity of each group. Group 2 may have focused more on other effective strategies for exportation, while group 4 invested more in training to compete in the domestic market.

TABLE 7
Training and the use of studies
(In %)

	Firms that adopt an education and training policy	Firms that perform studies or use research data (clients or market)	Firms that prospect new clients/markets
Group 1	56	83	67
Group 2	11	89	100
Group 3	14	43	57
Group 4	27	71	67

Source: Peiex-Franca data.
Authors’ elaboration.

Investing in “trade promotion actions” and “standard requirements of the product” are also highlighted as successful moves for operating in the export market. Groups 1 and 2 most invested in producing promotional material, with almost 80% of the companies in group 1 and 100% of group 2 doing so (see table 8). On the other hand, the majority of companies in groups 3 and 4 do not produce promotional material and are unaware of the necessary adaptations required to export their products prior to participating in Peiex.

Regarding adaptations, 22% of the companies in group 2 are aware of the necessary adaptations, and although this percentage is lower than that of groups 1 and 3, the fact that group 2 managed to export may indicate the influence of Peiex. For group 1, 72% of the companies are aware of the necessary adaptations. In terms of investment in product design and/or packaging, more than 50% of the companies make such investments, with group 2 leading with all companies, group 1 at 89%, group 4 at 62%, and group 3 at 57%.

TABLE 8
Promotion and sales actions
(In %)

	Firms that produce promotional materials	Firms that invest in the design of the product and/or packaging	Firms that are aware of the adaptations they need to make to their products to be able to export
Group 1	78	89	72
Group 2	100	100	22
Group 3	43	57	29
Group 4	49	62	7

Source: Peiex-Franca data.
Authors' elaboration.

The post-sales practices are internal factors within companies that influence their ability to export. Table 9 presents some variables that can be considered important indicators of post-sales practices, according to the available data from the Peiex database, as well as the payment terms offered by the companies. Concern for client relations is more evident in companies that have exported or continued to export after Peiex (groups 1 and 2, 72% and 89%, respectively), suggesting that these companies seek to understand the ‘quality’ of the product offered or the adaptations that need to be made. The gap between group 3, which stopped exporting (57%), and group 4, which did not export (16%), also highlights the importance of customer relationships, especially in the foreign market.

Regarding payment systems, groups with international experience (groups 1 and 3) have a higher number of companies with established negotiation systems and pricing and payment policies, with group 2 also having a considerable percentage of companies (67%). Only group 1 showed 50% of companies with knowledge of international payment methods, while group 4 had 4%, and groups 2 and 3 had none.

TABLE 9
Post-sales and payment conditions
(In %)

	Firms with a client relations department	Firms with a negotiation system	Firms with a price and term policy	Firms that are aware of the international payment systems
Group 1	72	56	83	50
Group 2	89	78	67	0
Group 3	57	100	100	0
Group 4	16	27	53	4

Source: Peiex-Franca data.
Authors' elaboration.

Amongst the external factors that influence export possibilities, knowledge of government incentive projects is presented in both the existing literature and the responses provided in the interview with Apex Brasil (2021). The data in table 10 reveal that few firms have received export tax incentives, indicating that firms tend to rely on their own resources to mount their export operations, as was corroborated by the interview with Apex Brasil. Furthermore, knowledge of those public organizations that provide incentives for overseas trade is quite low amongst the firms, with only those in group 1, who have already exported in the past, showing any real awareness.

TABLE 10
Knowledge of APEX Brasil and the Ministry of the Economy
(In %)

	Firms that receive government incentives and are aware of entities that promote innovation projects	Firms that are aware of Apex, Ministry of the Economy
Group 1	11	50
Group 2	11	33
Group 3	0	43
Group 4	13	19

Source: Peiex-Franca data.
Authors' elaboration.

Also in terms of awareness, table 11 shows those companies that are familiar with the development of distribution and transportation channels. An international logistics agent is a professional who develops solutions using any mode of transport for the delivery of a product. The majority of the firms that are aware of such professionals are found in the groups that had already performed exports before Peiex (groups 1 and 3). It is interesting to note the distance between the percentages of the firms in group 2 (22%) and those in group 4 (9%). This behavior is also observed regarding knowledge about the necessary documents for

export (11%) and (13%). Regarding the preparation of internal and external export documentation, only group 1 shows that the majority of its companies possess this knowledge (56%). Group 2 has at least 11% of companies with knowledge about these variables, indicating the need for learning and maturation that likely occurred during their participation in Peiex, as these companies became exporters.

TABLE 11
International logistics agent and documents for exportation
(In %)

	Firms that know what an international logistics agent does and how they operate	Firms that know which documents are necessary for exportation	Firms that know how to prepare the exportation documentation (internally/externally)
Group 1	78	67	56
Group 2	22	11	11
Group 3	57	43	14
Group 4	9	13	13

Source: Peiex-Franca data.
Authors' elaboration.

Finally, table 12 addresses issues related to costs resulting from asymmetric information regarding the quality of suppliers. Companies with a more active policy towards their suppliers are found in the groups that appear to be more prepared to participate in foreign trade (groups 1, 2, and 3). The majority of the companies in the sample (group 4) neither adopt selection criteria nor monitor their suppliers' performance. When analyzing the percentage of companies aware of the tax relief on exports, group 1 stands out once again.

TABLE 12
Suppliers and tax exemption
(In %)

	Firms that adopt supplier selection criteria (pricing)	Firms that analyze control of the suppliers' performance	Firms that are aware of tax exemption on exports
Group 1	94	89	33
Group 2	89	78	0
Group 3	86	86	0
Group 4	33	21	2

Source: Peiex-Franca data.
Authors' elaboration.

4 ANALYSIS OF PEIEX IN PRACTICE: IMPROVEMENTS APPLIED

Whilst the previous section noted the characteristics of firms in relation to the factors highlighted in the literature as exerting an influence on exports, this section

analyzes whether the Peiex-Franca project actually addressed these factors. To do so, we will be analyzing the options for improvement on offer and training actions that the experts propose and develop at the firms, from amongst those the program makes available. We will also be presenting the results of the survey performed with a sample group of the companies that received support, together with the responses provided in the interview given by Apex Brasil. The Peiex methodology suggests that, from a total of 272 options, between five and ten improvements should be implemented in the firms, with these being divided between six areas of activity.¹⁵ Of the total number of 272 improvements available, Peiex-Franca used 218. As each one of these improvements can be applied in more than one firm, a total of 772 improvement actions were executed.

However, to analyze whether the Peiex-Franca developed those factors of most importance for exportation, of the 272 improvements available, the ones selected were those that engage with the factors highlighted in the literature discussed and organized in tables 1 and 2. Reordering the improvements according to the indicators noted in the literature, the new classification offers 14 factors, with two being external (EFs) and 12 internal (IFs), as set forth in table 13.

Each cell in table 13 represents the number of improvements applied to a factor for a group divided by the total number of companies in the group. In other words, it is the number of improvements applied per company. The improvements were implemented according to the needs identified by the companies and noted by Peiex. For example, on average, one improvement per company was applied for the internal factor “international experience” for companies in group 1, and 0.44 improvements per company for companies in group 2. Thus, the higher the value, the more that factor is a necessity for the companies in the group.

Companies have different specific priorities, depending on their stage of maturity and the challenges they face. Therefore, although the classification of internal and external factors is related to international trade, the demand for improvements by companies arises from the deficiencies they present, including in domestic market competition.

In table 13, the cells were shaded by groups; that is, the darker the cell shading in the group, the more improvements for that factor were requested by the companies in the group. Additionally, for each factor, the group that utilized it the most is highlighted in bold.

15. Overseas trade (28%), finance and costs (19%), strategic administration (18%), sales and marketing (16%), products and manufacturing (13%) and human resources (6%). The percentages refer to the improvements executed in each area.

There is a predominance of the use of three factors mainly by all groups. The most demanded by companies were improvements related to the 'level of management commitment,' with all groups demanding, on average, at least one improvement per company, being most requested in group 3, with almost 1.5 improvements per company. Next, the internal factor 'financial resilience' was also highly demanded, with groups 2 and 4 averaging more than one improvement per company, while groups 1 and 3 averaged slightly less than one improvement per company. The factor 'international experience, formal education, and general business experience' completes the set of the three most requested factors, especially by companies in groups 1 and 4. Besides these three internal factors, improvements in the 'product positioning strategy/promotions efforts' also gained prominence.

TABLE 13
Improvements applied according to the internal and external factors

Success factors and cost	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Average	Companies that adopted improvements
IF - International experience (example: international trade fairs), formal education and general business experience	1.00	0.44	0.43	0.96	0.71	77%
IF - Financial resilience	0.83	1.22	0.86	1.01	0.98	61%
IF - Level of management commitment	1.00	1.00	1.43	1.04	1.12	70%
IF - International involvement with growth, revenues and market development	0.11	0.11	0.00	0.18	0.10	17%
IF - International involvement with targets	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	3%
IF - Product positioning strategy / promotions efforts	0.56	0.22	0.14	0.28	0.30	27%
IF - Type of product, firm's sector of activity, adaptations of the product	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1%
IF - Sale price/competition	0.17	0.22	0.00	0.10	0.12	15%
IF - Payment Conditions	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	2%
FI - Product quality control	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	5%
IF - Post sales	0.00	0.11	0.14	0.08	0.08	6%
FI - Technological level and orientation of the business	0.11	0.11	0.00	0.21	0.11	18%
EF - Knowledge of innovation support instruments	0.17	0.00	0.00	0.06	0.06	8%
EF - Interaction networks	0.06	0.00	0.00	0.02	0.02	2%
Average improvements per factor	0.29	0.25	0.21	0.29	0.26	
Total improvements applied to the group	73	31	21	630	755	
Number of companies	18	9	7	156	190	
Improvements by companies	4.06	3.44	3.00	4.04	3.97	

Source: Peiex-Franca data.
Authors' elaboration.

Observing the usage by factor, groups 1 and 4 presented the highest values for the two external factors *knowledge of innovation support instruments* (0.17 and 0.06, respectively) and *interaction networks* (0.06 and 0.02, respectively), indicating that some companies are interested in innovation and collaboration efforts, which could help sustain or expand their operation in the domestic market (group 4) and in exports (group 1). However, these values are below the average of improvements per factor of 0.29 for both groups, meaning that the external factors experienced lower demand than the average. group 2 (exported after Peiex) also showed some prominence in the use of improvements in *sale price/competition*, with a demand of 0.22 improvements per company, suggesting that they also sought to adjust their pricing strategies. For group 3 (exported only before Peiex), there was some emphasis on *post-sales* improvements, indicating a need to maintain relationships with already conquered markets and strengthen them. In group 4, besides the three main internal factors, which were widely demanded by all companies, the firms also stood out in the factor *technological level and orientation of the business*, with 0.21 improvements applied. Composed of companies that did not export, the improvements suggest that these companies are seeking to develop solid product positioning strategies and advance in the use of technology.

Based on the data collected, it was calculated that group 1 (always exported) applied, on average, four improvements per company (4.06), a magnitude similar to group 4 (4.04, never exported). Companies in group 2, which started exporting after Peiex, applied, on average, 3.44 improvements per company, while those in group 3 (stopped exporting after Peiex) applied 3.00 improvements per company.

Interestingly, for several factors, it is noted that group 4 had a greater demand for improvements compared to group 2 (both did not export, but group 2 started exporting). With only nine companies in group 2, considered a success group for creating new exporters, the improvements identified by Peiex technicians are more specific to the needs of these firms, perhaps aiming to resolve specific issues. Group 4, with 156 firms, being more comprehensive, naturally would demand a greater diversity of factors. Another explanation, perhaps more interesting, lies in the fact that companies in group 2 already showed, before Peiex, greater preparedness than those in group 4 in terms of market operation, therefore demanding fewer improvements compared to this group; without detracting from the relevance of the improvements applied in group 2, which had an effect in terms of exportation.

More importantly, however, for the evaluation of Peiex, table 13 shows that several factors pointed out by the literature as relevant for the development of exports, both internal and external, were not addressed by Peiex in the companies. For example, there were 0.3 improvements in the 'international involvement with targets' factor, all only for Group 4, which did not export at any time during the

analyzed period. Besides this, the ‘type of product, firm’s sector of activity, adaptation of the product,’ ‘product quality control,’ and ‘international involvement with targets’ are factors little explored by the Peiex Franca Program.

Although many improvements may require a chronological order for their application, that is, the program would not suggest more sophisticated improvements to certain firms or groups if more basic developments are necessary first, table 13 reveals many options where Peiex could expand its activities. Maintaining the total number of relevant factors cited by the literature (14) and, therefore, considering the average of the improvements applied in the companies for this set of factors, we observe a very low number of improvements applied, 3.97 improvements per company, without much dispersion among the groups.

The last column of table 13 shows the percentage of companies that adopted at least one improvement from each factor highlighted as relevant by the literature. The average of this column, 22%, indicates that the intensity of improvements implemented in companies through Peiex remained low, suggesting that there is room for Peiex to further explore the factors that showed lower adoption rates.

Along these lines, the table also clarifies which factors deserve more attention in terms of reflection by the agency on the possibility of expanding its operations, given that there is a high concentration of improvements in just four factors, all of which are internal. Despite our having identified only two external factors among the available data, since Apex is a government agency, it would be possible to explore greater synergy with the instruments designed to support innovation by the public sector, as well as to encourage the construction of networks and interaction channels between companies and suppliers.

5 CONCLUSION

Overseas trade is vital for the development of a State, allowing for the creation of jobs, strengthening of the image of the country, stimulation of innovation, the balancing of environmental, social and economic factors, and cooperation between States, amongst other benefits. This article has explored Peiex, specifically using data drawn from the Peiex-Franca project, which took place between 2016 and 2018, and involved 190 firms from different sectors. Information obtained from an interview conducted with Apex in 2021 was also considered, along with the responses provided in a survey performed in 2021 with those firms still active that took part in this specific project. The article presented factors that operate within and outside a firm and which influence the exports of micro, small and medium-sized firms, according to specialist literature, with the aim of comparing them with the data drawn from the project in Franca. With regard to the literature, there is a

certain convergence of the listed factors, even though they refer to firms operating in different locations and sectors.

When analyzing each group of firms, divided up by whether or not they have exported following the project, it can be seen that those firms in group 2 (exported only after Peiex) were, in some way, previously prepared to enter in the international market, in accordance with the factors found in the literature. This group alternates with group 3 (exported only before Peiex) regarding the performance of the factors. However, for some reason companies of group 3 did not perform any exports following the project, with this perhaps being caused by the operations conducted by the firms in this group being frustrated somehow or their not having received the return expected considering the investments made. Contrasting groups 2 and 3, we can note that only having an understanding of Comex is not enough to be able to export, and other variables such as pro-activity and, maybe most importantly, an understanding of the overseas environment is necessary.

Compared to group 4 (never exported), those from group 2 appear to have been more prepared prior to the support received from Peiex. This shows that Peiex managed to achieve success amongst some firms that were in the process of maturing. On the other hand, comparing groups 1 (always exported) and 2 (which continued to export or intensified their exports and started exporting following the project, respectively), it can be seen that many factors that the firms possessed prior to working with Peiex could have contributed to the positive results, confirming the theory that the project is effective only partially in relation to the internal and external factors cited in the literature. It can also be noted that those firms that are developing in relation to overseas trade (group 2) can benefit from the program.

Finally, the reordering of the improvements applied by Peiex in the firms has shown that the project has partially operated within those factors raised by the literature. Indeed, more actions are possible within the scope considered in the literature and offered by Peiex. Maybe the firms are not prepared to receive certain improvements, which could suggest a need for more effort from the Apex partners in advance activities together with the firms, or perhaps the program should be split into two stages, with a total operating period and involvement together with bigger firms. It is worth highlighting that the results refer to firms which, despite operating in different sectors, are geographically concentrated in upstate São Paulo and, as such, other regions of the country could present different improvement needs, thus making more studies of a specific nature necessary to be able to draw more thorough conclusions.

REFERENCES

- ANDERSON, J. E.; VAN WINCOOP, E. Trade costs. **Journal of Economic Literature**, v. 42, n. 3, p. 691-751, 2004.
- ANDERSSON, S.; GABRIELSSON, J.; WICTOR, I. International activities in small firms: examining factors influencing the internationalization and export growth of small firms. **Canadian Journal of Administrative**, v. 21, n. 1, p. 22-34, Mar. 2004.
- APEX BRASIL. **Metodologia do Programa de Qualificação para Exportação (Peiex)**. Brasília: Apex Brasil, 2015. Retrieved from: <https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/AP/Anexos/METODOLOGIA%20PEIEX%20-%20V.%202024.pdf>.
- ARBACHE, J. S.; DE NEGRI, J. A. Determinantes das exportações brasileiras: novas evidências. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 30., 2002, Nova Friburgo, Rio de Janeiro. **Anais [...]** Nova Friburgo: Anpec, 2002.
- ARVIS, J.-F. et al. Trade costs in the developing world: 1996-2010. **World Trade Review**, v. 15, n. 3, p. 451-474, 2016.
- BELLONE, F. et al. Financial constraints and firm export behaviour. **The World Economy**, v. 33, n. 3, p. 347-373, Mar. 2010.
- CARVALHO, H. R.; GOMES, M. F. M.; LIMA, J. E. de. Pequenas e médias empresas exportadoras: fatores discriminantes e condicionantes de permanência na atividade. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 22, n. 2, p. 379-404, May-Aug. 2012.
- CAVUSGIL, S. T.; KILPALANI, V. H. Introducing products into export markets: success factors. **Journal of Business Research**, v. 27, n. 1, p. 1-15, May 1993.
- CAVUSGIL, S. T.; NEVIN, J. R. Internal determinants of export marketing behavior: an empirical investigation. **Journal of Marketing Research**, v. 18, n. 1, p. 116-119, Feb. 1981.
- CISLAGHI, T. P.; FERNANDES, E. B.; WEGNER, D. O processo de internacionalização na transformação das capacidades dinâmicas de pequenas empresas. **Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas**, v. 6, n. 3, p. 584-615, Sept.-Dec. 2017.
- COPELAND, B. R. **Is there a case for trade and investment promotion policy?** Ottawa: Department of Foreign Affairs and International Trade, 2007.
- DAS, M.; ROBERTS, J.; TYBOUT, J. R. Market entry costs, producer heterogeneity, and export dynamics. **Econometrica**, v. 75, n. 3, p. 837-873, May 2007.

DENG, S.; WORTZEL, L. H. Importer purchase behaviour: guidelines for Asian exporters. **Journal of Business Research**, v. 32, n. 1, p. 41-47, Jan. 1995.

DORNELAS, B. F. **Impactos de programas de promoção à exportação: o caso do projeto PEIEX da APEX-BRASIL**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

DUNNING, J. H. The eclectic paradigm of international production: a restatement and some possible extensions. **Journal of International Business Studies**, v. 19, n. 1, p. 1-31, 1988.

ETHIER, W. National and international returns to scale in the modern theory of international trade. **American Economic Review**, v. 72, n. 3, p. 389-405, Jun. 1982.

GAO, Y.; HE, Y.; YIN, X. Fixed export costs and trade patterns: the case of China. **The World Economy**, v. 40, n. 8, p. 1614-1623, Ago. 2017.

HECKSCHER, E. The effect of foreign trade on the distribution of income. **Ekonomisk Tidskrift**, v. 21, p. 497-521, 1949.

HELPMAN, E. International trade in the presence of product differentiation, economies of scale and monopolistic competition: a Chamberlin-Heckscher-Ohlin approach. **Journal of International Economics**, v. 11, n. 3, p. 305-340, ago. 1981.

JACKS, D. S.; MEISSNER, C. M.; NOVY, D. Trade booms, trade busts, and trade costs. **Journal of International Economics**, v. 83, n. 2, p. 185-201, Ago. 2011.

JINGTAO, Y.; CHENGQI, W. The decision to export: firm heterogeneity, sunk costs, and spatial concentration. **International Business Review**, v. 21, n. 5, p. 766-781, Oct. 2012

JOHANSON, J.; VAHLNE, J. E. The internationalization process of the firm – a model of knowledge development and increasing foreign market commitments. **Journal of International Business Studies**, v. 8, n. 1, p. 23-32, 1977.

KATSIKEAS, C. S.; SHENGLIANG L. D.; WORTZEL, L. H. Perceived export success factors of small and medium-sized Canadian firms. **Journal of International Marketing**, v. 5, n. 4, p. 53-72, Dec. 1997.

KIM, S.; REIMER, J. J.; GOPINATH, M. Impact of trade costs on firm entry, exporting and survival in Korea. **Economic Inquiry**, v. 49, n. 2, p. 434-446, Apr. 2011.

KRUGMAN, P. A model of balance-of-payments crises. **Journal of Money, Credit and Banking**, v. 11, n. 3, p. 311-325, Aug. 1979.

KRUGMAN, P. Intraindustry specialization and the gains from trade. **Journal of Political Economy**, v. 89, n. 5, p. 959-973, Oct. 1981.

LANCASTER, K. Intra-industry trade under perfect monopolistic competition. **Journal of International Economics**, v. 10, n. 2, p. 151-175, May 1980.

LOPEZ, J. M. C.; GAMA, M. **Comércio exterior competitivo**. São Paulo: Editora Aduaneiras, 2011.

NAKANO, Y. Globalização, competitividade e novas regras de comércio mundial. **Revista de Economia Política**, v. 14, n. 4, p. 511-536, Oct.-Dec. 1994.

OLHIN, B. **Interregional and international trade**. Cambridge, United States: Harvard University Press, 1933.

RICARDO, D. **On the principles of political economy and taxation**. London: John Murray; Albemarle-Street, 1817.

ROCHINHESKI, D. F. **O projeto de extensão industrial exportadora (Peiex) e sua contribuição ao desenvolvimento regional**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2016.

SANTOS, E. O. **Inovação e internacionalização em empresas de confecção do estado do Ceará**: análise do desempenho da metodologia do Projeto de Extensão Industrial. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

TSIOTSOU, R. H.; HAJIDIMITRIOU, Y. Key factors for successful export performance of small and medium-sized Greek firms in the turmoil. **Korean Economic Inquiry**, v. 49, n. 2, p. 434-446, 2017.

Originais submetidos em: jul. 2022.

Última versão recebida em: abr. 2025.

Aprovada em: abr. 2025.

EMPREENDEDORISMO E CONDIÇÕES URBANAS: UMA ANÁLISE PARA OS MUNICÍPIOS BRASILEIROS (2010)¹

Natália Gabriela da Silva Cruz²

Patrícia Alves Rosado Pereira³

Admir Antônio Betarelli Junior⁴

O trabalho busca analisar e comparar as múltiplas relações entre empreendedorismo e condições urbanas, evidenciando os principais padrões e diversidades dos municípios brasileiros em 2010, com dados do Censo Demográfico (2010). As técnicas de análise empregadas foram análise fatorial (AF) e análise comparativa qualitativa (*qualitative comparative analysis* – QCA). Da AF foram extraídos quatro fatores que resumem as condições urbanas dos municípios: condição socioeconômica, de infraestrutura domiciliar, de urbanização e habitacional. Os fatores, aplicados na QCA juntamente com a variável de empreendedorismo, apontam as condições socioeconômicas e de infraestrutura domiciliar como mais importantes para obtenção de elevadas taxas de empreendedorismo nos municípios. Os resultados destacam a importância das condições sociais, econômicas e de infraestrutura como favoráveis ao aumento das atividades empreendedoras e a necessidade de políticas voltadas para a ampliação dessas condições em alguns municípios brasileiros.

Palavras-chave: desenvolvimento urbano; empreendedorismo; análise multivariada; QCA.

ENTREPRENEURSHIP AND URBAN CONDITIONS: AN ANALYSIS FOR BRAZILIAN MUNICIPALITIES, 2010

This study aims to analyze and compare the multiple relationships between entrepreneurship and urban conditions, highlighting the main patterns and diversities of Brazilian municipalities in 2010, using data from the Demographic Census (2010). The analysis techniques used were factor analysis (FA) and qualitative comparative analysis (QCA). Four factors were extracted from the FA that summarize the urban conditions of the municipalities: socioeconomic conditions, home infrastructure, urbanization and housing. The factors, applied in the QCA together with the entrepreneurship variable, indicate that socioeconomic conditions and home infrastructure as the most important for obtaining high rates of entrepreneurship in the municipalities. The results highlight the importance of social, economic and infrastructure conditions as favorable to the increase in entrepreneurial activities and the need for policies aimed at expanding these conditions in some Brazilian municipalities.

Keywords: urban development; entrepreneurship; multivariate analysis; QCA.

JEL: R10; C38; L26.

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ppe55n3art4>.

2. Mestre em desenvolvimento, planejamento e território pela Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ). E-mail: nat.gsilva@hotmail.com.

3. Professora do Departamento de Ciências Econômicas da UFSJ. E-mail: patyrosado@ufsj.edu.br.

4. Professor do Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). E-mail: admir.betarelli@ufjf.br.

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização brasileiro se tornou bastante intenso a partir de meados do século XX (entre as décadas de 1940 e 1970), em parte por consequência do processo de industrialização ocorrido no país (Diniz e Crocco, 2006; Oliveira, 2006). Os dados do Censo Demográfico de 2010⁵ apontam que cerca de 85% da população brasileira vive em áreas urbanas.

O desenvolvimento urbano, associado à diversidade econômica e à especialização produtiva, desempenha papéis diferentes em uma economia de mercado. Para Jacobs (1969), a expansão das cidades está condicionada à diversidade das atividades econômicas, e quanto maior a economia urbana, maior seria o potencial para empreender. Nesse contexto, centros urbanos com maior heterogeneidade econômica transformam-se em ambientes propícios à inovação e ao empreendedorismo (Fischer e Nijkamp, 2009; Bosma e Sternberg, 2014).

No Brasil, a atividade empreendedora é, por vezes, medida em termos de trabalho por conta própria.⁶ Segundo autores como Barros e Pereira (2008), Almeida, Valadares e Sedyama (2017) e Oliveira (2018), é possível identificar uma relação intrínseca entre o mercado de trabalho e o empreendedorismo. Cenários de desemprego elevado levam os desempregados a abrir seus próprios negócios como forma de subsistência, o que sugere uma associação entre empreendedorismo e desemprego.

Um exemplo desse fenômeno pôde ser observado durante a pandemia de covid-19, que impactou significativamente as economias urbanas em escala mundial. Nas cidades brasileiras, por exemplo, 40% das empresas faliram e 3,4 milhões de trabalhadores deixaram de possuir carteira assinada, segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) – IBGE (2020). Diante disso, os brasileiros precisaram se reinventar, criar meios de manter o próprio sustento e de seus familiares, ou seja, tiveram que se tornar empreendedores por necessidade.

A relação entre empreendedorismo e crescimento econômico foi examinada por diversos autores, entre eles Acs (2006), Carree *et al.* (2007), Carree e Thurik (2010) e Nogami (2012), mas em nível nacional. Contudo, essa perspectiva macro não permite identificar os padrões específicos da associação entre o desenvolvimento regional e os efeitos diretos das atividades empreendedoras. O impacto proveniente da atividade de empreendedorismo, embora seja significativo, varia conforme o tipo de região e a natureza das atividades empreendedoras predominantes (Audretsch, Belitski e Desai, 2015; Bosma e Sternberg, 2014). Precisamente, cria-se uma relação mútua.

5. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/A/20/S/CD>.

6. Os estudos aplicados de Fontenele, Moura e Leocádio (2011) e Barros e Pereira (2008) utilizaram o trabalho por conta própria como referência ao empreendedorismo. Barros e Pereira (2008) constataram uma associação entre empreendedorismo e desemprego, a saber, quanto maior a atividade empreendedora do município, menor a taxa de desemprego.

Se a diversidade e a extensão da base econômica local influenciam o surgimento de novos negócios, o desenvolvimento desses empreendimentos, por sua vez, molda o tamanho da centralidade urbana e gera efeitos socioeconômicos específicos. Essas dinâmicas regionais demandam maior investigação, particularmente quanto aos impactos da expansão de novas atividades empreendedoras no desenvolvimento local.

Dessa maneira, o objetivo desse artigo é analisar e comparar as múltiplas relações entre o empreendedorismo e os indicadores de condições urbanas, a fim de evidenciar os principais padrões e diversidades dos municípios brasileiros em 2010 com base nos dados do censo daquele ano. Especificamente, o objetivo é identificar as dimensões que influenciam as condições urbanas dos municípios brasileiros e avaliar se essas condições favorecem o empreendedorismo. O conceito de empreendedorismo utilizado neste estudo representa o trabalho por conta própria e é medido pela proporção dos trabalhadores por conta própria que contribuem com a previdência social,⁷ em relação à população economicamente ativa.

Para atender o problema de pesquisa, a estratégia empírica consiste na articulação de duas técnicas. Em uma primeira etapa, adotou-se a técnica de análise fatorial (AF) em que são extraídos fatores comuns da base de dados. Em seguida, os fatores extraídos da AF formam as condições que constituirão as configurações suficientes para o empreendedor utilizando a análise comparativa qualitativa de conjunto *fuzzy* (*fuzzy-set qualitative comparative analysis – fsQCA*).

Este trabalho contribui para identificar o papel da atividade empreendedora frente às condições urbanas dos municípios brasileiros, uma preocupação recorrente entre formuladores de políticas regionais e urbanas voltadas a incentivo e crédito para ampliação de novas atividades. Até o momento desta pesquisa, não se têm evidências de estudos empíricos que avaliaram por essa ótica o empreendedorismo relacionado ao desenvolvimento urbano. Dessa forma, pretende-se preencher essa lacuna.

Além dessa seção introdutória, esse artigo apresenta outras quatro seções. A segunda seção aborda as evidências empíricas da relação entre o empreendedorismo e desenvolvimento urbano. A terceira descreve o modelo metodológico e as variáveis utilizadas. Na quarta seção, são apresentados os resultados dos modelos metodológicos e, por fim, na quinta são tecidas as considerações finais.

7. O uso da variável de trabalho por conta própria com contribuição para a previdência social é uma tentativa de captar o empreendedorismo formal, ao diferenciar os contribuintes daqueles que não contribuem com a previdência e podem ser considerados totalmente como trabalho autônomo informal.

2 TEORIAS E CONCEITOS DA DINÂMICA URBANA E EMPREENDEDORISMO NAS CIDADES

O processo de urbanização dos últimos anos tem acarretado uma forte e constante pressão de demanda por espaço nas cidades. Segundo Stough, Karlsson e Johannson (2014), a crescente aglomeração em áreas urbanas vem ocorrendo devido à existência de um processo de reforço positivo, no qual pessoas se aglomeram em busca de oportunidades de trabalho e pela maior variedade de bens e serviços especializados disponíveis.

O conceito de aglomeração é definido como o estado de concentração de atributos em um sistema – por exemplo, o grau em que pessoas, casas ou infraestruturas estão concentradas em uma região (Stough, Karlsson e Johannson, 2014). Na literatura, são tratados dois tipos de economias de aglomeração – de localização e de urbanização –, os quais desempenham papéis relevantes e diferenciados nas cidades e no bem-estar da população (Galinari e Lemos, 2007).

As economias de aglomeração, que se referem à concentração geográfica de atividades econômicas, resultam em benefícios positivos para o ambiente urbano. Estas economias, combinadas com economias de escala, são as principais forças que impulsionam a concentração de empresas em áreas específicas – conhecida como economia de localização. As economias de localização explicam a distribuição espacial das atividades econômicas em regiões específicas. Quando as economias de aglomeração se estendem para além dos limites da indústria, são chamadas de economias de urbanização e proporcionam o crescimento e a variedade econômica das cidades (O’Sullivan, 2011). As economias de urbanização permitem que as empresas, de diversos setores, se estabeleçam próximas umas das outras, trazendo não apenas benefícios próprios, mas também para os trabalhadores e a população (Pires *et al.*, 2018).

Assim, à medida que as aglomerações se expandem, forças centrípetas⁸ agem a fim de promover um espalhamento das atividades econômicas. Os serviços considerados de alto nível e centralizados estendem-se para zonas periféricas das cidades. Esse movimento de interiorização dos centros urbanos favorece a criação de centros urbanos intermediários, fenômeno que pode ser explicado à luz da teoria do lugar central de Christaller (1966) e Losch (1940). O lugar central seria aquele caracterizado como o centro de uma região em que a densidade de localização da população e, especialmente, das atividades econômicas, seria superior à da região complementar. As áreas centrais seriam moldadas para se transformar nos centros de maior influência, denominadas metrópoles ou cidades centrais devido à diversificação, mas com presença de atividades específicas (Galinari e Lemos, 2007).

8. As forças centrípetas são forças aglomerativas que levam a economias de escala da produção (Pereira e Lemos, 2003).

Marshall (1996) procurou explicar o crescimento das cidades por meio dos processos de especialização produtiva. A concentração de indústrias especializadas em uma determinada região impulsiona o seu crescimento, fato verificado também por Acs (2004) e Dallabrida *et al.* (2011). A localização de uma indústria, além de proporcionar um mercado constante para a mão de obra especializada, estimula o aumento de empresas subsidiárias destinadas a suprir as necessidades da própria indústria ou de seu núcleo trabalhador.

No entanto, as externalidades de conhecimento geradas nesse processo ocorrem apenas entre empresas do mesmo setor ou de similares e, portanto, só podem ser sustentadas por concentrações regionais de indústrias semelhantes (Beaudry e Schiffauerova, 2009). Além disso, a teoria marshalliana também não considerava a existência de fatores inerentes à diversidade urbana.

Assim, as teorias de Jacobs (1969), sobre diversificação produtiva, buscam preencher uma importante lacuna para o desenvolvimento dos centros urbanos. A diversidade de atividades econômicas, interligada a processos inovadores, seria a causa principal das externalidades positivas que conduzem as cidades ao crescimento. Além disso, o processo de diversificação experimentado pelas cidades as tornaria menos dependentes, economicamente, de apenas um conjunto específico de atividades, ou seja, das atividades de especialização (Veríssimo e Saiani, 2019).

Nesse sentido, as atividades de empreendedorismo e inovação, tanto de produtos como de mercados, possuem significativo potencial para diversificar a estrutura urbana e, por consequência, impulsionar o crescimento econômico (Stough e Kulkarni, 2004). Assim, a atividade empreendedora passou a ser considerada um dos processos responsáveis por mudanças econômicas regionais e urbanas (Fischer e Nijkamp, 2009).

Contudo, conforme Bosma e Sternberg (2014), a análise da dimensão urbana requer a compreensão da existência de diferenças regionais e de como elas afetam o empreendedorismo. Os processos de empreendedorismo são, até certo ponto, específicos de cada região. Da mesma forma, diferentes tipos de regiões podem ser afetados por diferentes tipos de atividades empreendedoras.

Dessa forma, os modelos de especialização de Marshall (1996) e de diversificação e urbanização de Jacobs (1969) se complementam. A interação entre as duas escalas permite uma sinergia entre os mecanismos de especialização de Marshall e de diversificação de Jacobs, fortalecendo a redução dos custos de transação para uma ampla variedade de produtos. Essa dinâmica é particularmente evidente em cidades diversificadas, onde a especialização das atividades produtivas é acentuada (Adler *et al.*, 2019).

A percepção dos indivíduos sobre o ambiente local também é um fator influente na decisão de iniciar uma atividade empreendedora, pois está diretamente ligada aos aspectos econômicos e de infraestrutura interna presentes no meio urbano (Audretsch e Belitski, 2017). Nas regiões nas quais as economias de urbanização (dependentes do tamanho urbano) são predominantes, há o favorecimento do empreendedorismo do tipo oportunidade. Em contrapartida, as economias de localização – que ocorrem tanto em grandes áreas urbanas quanto em pequenas cidades ou áreas rurais – tendem a favorecer o empreendedorismo de necessidade (Beaudry e Schiffauerova, 2009; Bosma e Sternberg, 2014).

Além disso, a própria e eventual dicotomia urbana-rural é considerada um fator importante para as atividades empreendedoras. As evidências de que o meio rural exerce influência nas taxas de empreendedorismo foram poucas vezes verificadas. O tamanho do mercado urbano o coloca como uma vantagem comparativa substancial em relação às áreas rurais no mesmo país (Bosma e Sternberg, 2014). Segundo Valliere e Peterson (2009), países subdesenvolvidos e emergentes apresentam um tipo específico de empreendedorismo que não absorve as vantagens do conhecimento e, portanto, são conhecidos como empreendedores de necessidade. Esse tipo de empreendedorismo busca garantir a subsistência ou reduzir o desemprego, e isso pode limitar sua contribuição para o crescimento das regiões.

Segundo Bosma e Sternberg (2014) e Beaudry e Schiffauerova (2009), o empreendedorismo de oportunidade seria vinculado a regiões diversificadas, enquanto o empreendedorismo de necessidade surgiria em função do baixo dinamismo provocado pela especialização produtiva ou pela menor flexibilidade das regiões especializadas. A pobreza e o subdesenvolvimento também podem dificultar a disseminação de atividades empreendedoras. Bruton, Ketchen Jr. e Ireland (2013) destacaram o número reduzido ou insignificante de estudos que relacionam empreendedorismo e taxas de pobreza.

Nessa variante, o trabalho por conta própria pode ser avaliado como uma referência para a atividade empreendedora. A utilização do trabalho por conta própria como *proxy* para mensurar a atividade empreendedora apresenta algumas limitações. Os trabalhadores por conta própria compreendem uma categoria muito heterogênea da força de trabalho e apresentam diferentes níveis de produtividade (Stel e Vries, 2015). Profissionais liberais somam-se aos camelôs e artesãos, e aos donos de empresas (Barros, Pereira, 2008).

Todavia, por mais que a variável apresente limitações, o uso desse conceito se justifica pela disponibilidade de dados (Blanchflower, 2000). Essa variável foi utilizada em trabalhos como os de Carree *et al.* (2002) e Stel, Wennekeers e Scholman (2014). Portanto, este artigo, a exemplo de Almeida, Valadares e Sediya (2017), Barros e Pereira (2008) e Oliveira (2018), também utiliza o trabalho por conta própria como variável de referência para a atividade empreendedora, uma vez que existem dados disponíveis para essa variável nas bases do Censo Demográfico.

3 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

A estratégia empírica foi composta de duas etapas sucessivas. Na primeira etapa, foi aplicada a AF exploratória de Spearman (1904). A AF visa sintetizar as variáveis e identificar fatores que representem os atributos comuns da base dados, selecionados para este estudo, referentes às características habitacionais, de infraestrutura e socioeconômicas dos municípios brasileiros para o ano de 2010. De posse dessas características urbanas é possível verificar, por meio da análise comparativa qualitativa (QCA), como ocorre a relação entre o empreendedorismo e desenvolvimento regional e urbano.

A AF viabiliza a criação de indicadores sintéticos de condições urbanas, que permite verificar como as variáveis estão associadas na caracterização dos municípios. O resumo das características urbanas depende das cargas fatoriais encontradas na AF, ou seja, a contribuição das variáveis para cada fator selecionado (Johnson e Wichern, 2007). A equação $X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{ik}F_k + e_i$ representa o modelo da análise fatorial em que X_i é um vetor aleatório (variáveis de dimensões urbanas), a_i são as cargas fatoriais, F são os fatores comuns não correlacionados (condições habitacionais, de infraestrutura e socioeconômicos dos municípios brasileiros) e e_i é um fator de erro ou fator específico.

A escolha dos m fatores com raiz latente ou autovalores maiores que um é considerada de acordo com o critério de Kaiser. A estimação das cargas dos fatores ocorreu por meio dos métodos de componentes principais. Após a estimação, foi feita a rotação dos fatores pelo método de rotação varimax. Os testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de esfericidade de Bartlett (*Bartlett's test of sphericity*) foram feitos para identificar a adequação da matriz de variáveis ao modelo de análise fatorial (Johnson e Wichern, 2007). O critério de KMO deve possuir nível de explicação superior a 0,5, sendo mais indicado um modelo com explicação acima de 0,8. O teste de esfericidade de Bartlett testa a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz de identidade.

Em seguida, foram estimados os escores fatoriais para verificar a presença de padrões significativos nos fatores estimados, que representam diferentes dimensões do grau de desenvolvimento dos municípios brasileiros. A estimação ocorreu pelo método de mínimos quadrados ponderados (MQP) proposto por Bartlett, sendo recomendado por Johnson e Wichern (2007). Uma vez que a variância específica, $\text{Var}(\epsilon_i) = \Psi_i$, pode diferir entre as variáveis, Bartlett (1937) propôs o uso do método de MQP, adotando a recíproca da matriz Ψ como matriz de pesos.

A segunda etapa, por sua vez, envolve a aplicação da análise comparativa qualitativa (QCA), desenvolvida por Ragin (1987) e baseada na teoria de conjuntos e na lógica formal da álgebra booleana. A técnica QCA foi empregada para identificar padrões de associação espacial das condições urbanas, formados a partir da análise fatorial, e relacioná-las à variável de interesse, o empreendedorismo por

conta própria. Por meio da QCA é possível encontrar padrões de similaridade entre os municípios que podem levar ao alto empreendedorismo.

A vantagem da QCA em relação aos modelos de regressão tradicionais é a possibilidade de caminhos distintos levarem ao mesmo resultado e ao mesmo tempo. Um modelo de regressão tradicional apresentaria apenas um caminho teórico, ignorando padrões específicos e distintos das condições urbanas (Ragin, 1987). Os resultados revelam padrões de associações entre os conjuntos que proporcionam suporte à existência de causalidade (Ragin, 2009; Schneider e Wagemann, 2010). Por exemplo, uma solução como “ $AB \rightarrow Y$ ” denota que a combinação lógica entre os conjuntos A e B (condições) causa provavelmente o resultado do conjunto Y (Schneider e Wagemann, 2012).

No modelo, é levado em consideração, tanto a ocorrência do fenômeno quanto sua ausência e isso pode gerar variações no resultado (Schneider e Wagemann, 2012; Ferreira, 2017). Se o conjunto A (condição urbana) for um subconjunto de Y (empreendedorismo), $A \subset Y$, então A causa Y estabelecendo uma relação de suficiência entre os conjuntos. Por outro lado, se Y for um subconjunto de A, $Y \subset A$, estabelece-se uma relação de necessidade entre os conjuntos (Schneider e Wagemann, 2012).

As terminologias, na QCA, são diferenciadas: o termo “conjunto” é usado em vez de “variável” para destacar que cada variável foi transformada em um conjunto para representar o nível de associação do indivíduo em uma determinada condição (Longest e Vaisey, 2008). As variáveis explicativas são tratadas como condições causais. A variável dependente é denominada resultado, os municípios brasileiros são caracterizados como casos e as equações resultantes da análise são denominadas soluções.

Os conjuntos *fuzzy* (fsQCA) permitem que os pesquisadores calibrem a associação parcial em conjuntos usando valores no intervalo entre [0] (não associação) e [1] (associação completa) sem abandonar os princípios teóricos do conjunto principal (Ragin, 2009; Schneider e Wagemann, 2010, 2012). A calibragem foi definida por meio do método direto de calibragem e concentrou-se nas três âncoras qualitativas que estruturam os conjuntos difusos: o limite para associação plena (1), inexistência de associação (0) e o ponto de cruzamento (0,5).

A adequabilidade dos conjuntos e suas relações é obtida por meio da análise das medidas descritivas de consistência e cobertura. A medida de consistência indica a proximidade da relação do subconjunto. Os escores de consistência devem ser o mais próximo possível de 1,0 (consistência perfeita) para que haja uma relação de subconjunto entre X e Y (Ragin, 2006). A cobertura, por sua vez, avalia o grau em que uma combinação causal se associa às instâncias de um resultado (Schneider e Wagemann,

2010; Ragin, 2006). A medida de cobertura total ou cobertura de solução avalia as possíveis combinações ou soluções finais que são suficientes para levar ao resultado.

Os dados utilizados no presente estudo são do Censo Demográfico 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A unidade de análise abrange as características dos 5.565 municípios brasileiros no ano de 2010. A desagregação por municípios permite identificar padrões de associação das cidades brasileiras e como se comporta o empreendedorismo frente a esses padrões. As variáveis descritas nessa seção serão aplicadas na análise fatorial para extração dos fatores que caracterizam os municípios e, posteriormente, esses fatores serão utilizados na QCA.⁹

No que concerne às condições habitacionais, foram selecionados indicadores de urbanização, de densidade habitacional e tipo de domicílios, os quais pretendem captar as condições em que vive a população dos municípios. As variáveis de densidade e urbanização visam captar condições necessárias para o empreendedorismo em áreas urbanas. Segundo Beaudry e Schifffauerova (2009), o tamanho populacional urbano é uma medida das externalidades de Jacobs.

A dimensão referente à estrutura urbana é composta pelas variáveis de atendimento adequado de abastecimento de água, esgoto, energia elétrica, coleta do lixo, iluminação pública e pavimentação das ruas. A existência de características físicas que propiciam melhor deslocamento e acesso às vias urbanas desempenha um papel importante no desenvolvimento da infraestrutura dos municípios (Moraes, Sobreira e Lima, 2018).

Por fim, a dimensão socioeconômica abrange variáveis relativas às condições sociais e econômicas da população dos municípios brasileiros. As variáveis de densidade populacional e taxa de fecundidade permitem avaliar grandes cidades em termos populacionais. Altas taxas de fecundidade se relacionam ao alto crescimento demográfico (Brito e Souza, 2005). A inclusão de variáveis capazes de mensurar a dimensão da pobreza e vulnerabilidade social da população é de extrema importância. Segundo Medeiros, Ribeiro e Amaral (2020), existe uma relação intrínseca e positiva entre melhorias na infraestrutura urbana e redução da pobreza.

Por sua vez, as variáveis de produto interno bruto (PIB) municipal e corrente de comércio, ambas calculadas com base no valor adicionado (VA) dos setores industrial, de serviços e agropecuário, visam identificar os setores econômicos que apresentam maior correlação com o crescimento e o desenvolvimento dos municípios brasileiros (Veríssimo e Saiani, 2019) e avaliar sua base econômica. Essas variáveis foram intensificadas pelo número de habitantes e transformadas em logaritmo natural (LN). A participação no comércio internacional (medido pela corrente de comércio)

9. As variáveis consideradas no estudo para a formulação dos fatores latentes, e mencionadas nesta seção, estão descritas na tabela 1 da seção de resultados.

pode promover maior desenvolvimento para os municípios ao ampliar mercados, diversificar produtos e elevar a qualidade de vida da população (Gomes *et al.*, 2019). De acordo com Beaudry e Schiffauerova (2009), o valor adicionado da indústria é uma boa *proxy* das externalidades marshallianas, além de permitir a identificação de padrões de especialização produtiva.

No que concerne à variável taxa de empreendedorismo, ela é empregada como variável resultado na QCA. No presente trabalho, essa variável é a proporção dos trabalhadores por conta própria em relação à população economicamente ativa. Para captar a formalidade dos empreendedores, é utilizado o percentual dos conta própria que contribuem com algum sistema de previdência. Essa medida pode não capturar adequadamente o dinamismo da economia local, pois esses trabalhadores consistem majoritariamente em indivíduos de baixa produtividade e renda, que buscam ocupações alternativa ao desemprego. Mas, apesar dessas limitações, os resultados do estudo podem corroborar os achados de outras pesquisas, que relacionam o tipo de empreendedorismo ao estágio de desenvolvimento da região (Fontenele, Moura e Leocádio, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fatores comuns das condições urbanas

Esta seção fornece os resultados da análise fatorial exploratória, e se busca encontrar as dimensões que explicam as condições urbanas dos municípios brasileiros. Os fatores extraídos por meio da técnica desempenham um papel importante na elaboração de indicadores de condições urbanas. Por meio deles é possível identificar as diferentes realidades dos municípios brasileiros em relação às dimensões sociais, econômicas, de infraestrutura e habitacionais.

Os testes – critério de Kaiser- Meyer-Olkin (KMO), teste de esfericidade de Bartlett e teste de alfa de Cronbach – se apresentaram adequados. Já os testes de Mardia *skewness*, Mardia *kurtosis*, Henze-Zirkler e Doornik-Hansen aplicados testam a normalidade da base de dados, um critério para a estimação da AF por meio do método de máxima verossimilhança. Os testes apontaram que a normalidade multivariada não foi alcançada e por isso o método de componentes principais foi utilizado para a extração dos fatores.¹⁰

A tabela 1 reporta os resultados da análise fatorial. Os quatro fatores encontrados e selecionados, aleatoriamente, compreendem indicadores ou dimensões de condições de desenvolvimento urbano. Esses quatro fatores resumem as características comuns

10. A estimação das cargas dos fatores pode ser feita por meio dos métodos de componentes principais, fator principal ou máxima verossimilhança (Johnson e Wichern, 2007). A aplicação do teste estatístico Doornik-Hansen de normalidade multivariada não foi significativa, indicando a não normalidade dos dados. Portanto, conforme Johnson e Wichern (2007), a análise por máxima verossimilhança não foi possível, já que exige como critério essa normalidade da base de dados.

das variáveis que foram selecionadas para caracterizar o meio urbano. Eles atendem aos critérios de raiz unitária – critério de Kaiser, cujos autovalores são maiores que um, e ao critério de Pearson, já que os autovalores acumulados captam 77,02% da variabilidade total dos dados. Os fatores representam, respectivamente, 31,10%, 27,23%, 11% e 7,68% da variância dos dados. As variâncias específicas das variáveis são inferiores a 0,42, exceto para a variável logaritmo do valor agrícola adicionado *per capita*, cuja variância foi de 0,51, mas ela não foi retirada do modelo. As cargas fatoriais foram rotacionadas pelo método varimax de Kaiser (1958) de modo a facilitar a interpretação dos fatores.

TABELA 1
Resultados da análise fatorial

Variáveis	Fatores				Comunidades
	1	2	3	4	
Pobreza	-0,80	-0,51	-0,03	-0,14	0,92
Alfabetização	0,85	0,23	0,06	-0,08	0,78
Esperança de vida	0,81	0,39	0,04	0,01	0,81
Mortalidade infantil	-0,80	-0,41	-0,02	0,07	0,81
Fecundidade	-0,39	-0,63	-0,13	-0,15	0,59
Razão de dependência	-0,66	-0,57	-0,10	-0,16	0,79
Urbanização	0,52	-0,04	0,15	0,61	0,68
Densidade demográfica	0,10	0,01	0,97	0,01	0,95
Vulnerabilidade social	-0,82	-0,48	-0,04	-0,11	0,92
LN corrente de comércio	0,68	-0,16	0,11	0,30	0,59
LN VA agropecuária <i>per capita</i>	0,14	0,16	-0,58	-0,32	0,49
LN VA indústria <i>per capita</i>	0,82	0,07	0,05	0,23	0,74
LN VA serviços <i>per capita</i>	0,85	0,26	0,10	0,22	0,86
Densidade habitacional	0,10	0,02	0,97	0,02	0,95
Tipo de domicílio	0,31	0,90	-0,02	-0,05	0,91
Água encanada	0,16	0,77	-0,02	0,16	0,64
Rede de esgoto	0,18	0,30	0,05	0,73	0,66
Energia elétrica	0,34	0,89	-0,01	-0,04	0,91
Coleta de lixo	0,39	0,82	0,01	0,06	0,82
Iluminação	0,15	0,80	-0,04	0,19	0,70
Pavimentação	0,08	0,65	-0,01	0,49	0,67
Autovalores	6,53	5,72	2,31	1,61	-
% da variância acumulada	0,31	0,58	0,69	0,77	-

Fonte: *Software Stata/MP 16.0*.

Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Teste de Cronbach: 0,93; KMO: 0,89; teste de Bartlett (p -valor = 0,00).

2. Os valores sublinhados indicam as cargas fatoriais mais elevadas de cada variável latente.

O primeiro fator descreve as características comuns das variáveis tanto de cunho econômico quanto das variáveis de ordem social, e pode ser denominado

condição socioeconômica dos municípios. Os municípios com melhores resultados em termos de corrente de comércio (soma de exportações e importações), valor adicionado industrial *per capita*, valor adicionado no setor de serviços, alfabetização e esperança de vida apresentaram escores fatoriais positivos. De modo contrário, os municípios que são mais pobres e socialmente vulneráveis, que também apresentam altas taxas de mortalidade infantil e maior dependência familiar, possuem escores negativos, indicando baixo nível de desenvolvimento.

Já o segundo fator representa as condições de infraestrutura domiciliar dos municípios brasileiros. A partir dos sinais das cargas fatoriais, é possível observar que as taxas de fecundidade estão negativamente associadas a este fator. Municípios com residências adequadas, especificamente casas e apartamentos, com presença de água encanada adequada, energia elétrica, coleta de lixo, pavimentação e iluminação pública apresentam escores fatoriais positivos.

Silva, Betarelli Jr. e Perobelli (2019) apontam que a presença de energia elétrica estaria diretamente associada ao maior acesso a informações por parte das famílias. Em geral, melhores condições de infraestrutura possibilitam o crescimento regional e diminuição do tamanho das famílias (Minerva e Ottaviano, 2009). Com exceção de algumas cidades de Rondônia e Tocantins, todos os municípios da região Norte do Brasil apresentaram escores negativos para o fator de infraestrutura domiciliar (fator 2).

O terceiro fator reporta, por sua vez, um padrão de municípios com alta densidade demográfica e de domicílios por área. Esse fator é composto pelas variáveis de densidade demográfica, densidade habitacional e LN VA agropecuária *per capita*, e poderia ser denominado condição de urbanização. Os municípios menos densos, ou seja, com menor proporção de domicílios e população por área territorial – sugerindo um padrão de área rural –, apresentam correlação com altas taxas de valor agregado agropecuário. Veríssimo e Saiani (2019) verificaram que a participação do setor agropecuário nos países em desenvolvimento é parcialmente superior à sua participação em países desenvolvidos, mas tende a declinar com o tempo. Essa tendência de declínio estaria relacionada à expulsão do homem do campo, ampliando a densidade demográfica nos centros urbanos e, consequentemente, o aumento da atividade informal como alternativa ao desemprego (Bêrni, 2006).

Por fim, o último fator está relacionado aos municípios intensamente urbanizados. Esses municípios são caracterizados por grande parte da população vivendo em áreas urbanas com presença de rede de esgoto adequada (escores positivos). Uma denominação sugerida para o fator seria condição habitacional. Os maiores escores para esse fator se concentram em cidades do Sudeste e litoral nordeste do país. Esse fator contraria argumentos de que a urbanização intensa de municípios está relacionada a deseconomias urbanas, como apontam alguns autores.

Após a identificação dos indicadores de condições urbanas dos municípios brasileiros, é possível avaliar as relações entre essas condições e o empreendedorismo urbano. Para tanto fez-se uso da técnica QCA, cujos resultados são apresentados na subseção a seguir.

4.2 Empreendedorismo e condições causais

Nesta subseção, os quatro fatores extraídos da base de dados são empregados como condições que podem viabilizar o aumento das taxas de empreendedorismo formal nos municípios brasileiros. Esses fatores são transformados em conjuntos *fuzzy* para mostrar possíveis relações de suficiência com a variável resultado. A técnica QCA permite, por meio dos conjuntos *fuzzy*, encontrar graus de pertencimento dos municípios. Os conjuntos são representados por letras maiúsculas que indicam alto grau de pertencimento e letras minúsculas indicando baixo grau de pertencimento. A letra (E) representa o conjunto resultado da taxa de empreendedorismo formal. Os conjuntos condições são representados por (S) socioeconômico, (D) infraestrutura domiciliar, (U) urbanização e (H) habitacional.

A tabela 2 exhibe as combinações lógicas dos conjuntos fsQCA. Segundo a teoria de conjuntos, dado que há k elementos, que nesse caso são quatro, então 2^k combinações são possíveis, totalizando dezesseis possíveis resultados. Do total de combinações, sete conduzem ao alto empreendedorismo nos municípios e sete combinações estão associadas ao baixo empreendedorismo. As combinações lógicas apresentadas são estatisticamente significativas a 1% com consistência superior a 0,80 (Ragin, 2006), verificadas pelo teste F e p -valor significativo, e não surgiram casos de remanescentes lógicos.

As sete configurações que levam a altas taxas de empreendedorismo representam 41% do total de municípios brasileiros, aproximadamente. Desses, 701 municípios, o equivalente a 12,61% dos casos, apresentam a combinação SDuh. Municípios com alta condição socioeconômica, alta infraestrutura domiciliar e baixas condições habitacionais e de urbanização têm uma relação suficiente com altas taxas de empreendedorismo formal. Essa configuração revela um padrão caracterizado por municípios menores e mais desenvolvidos, com baixas taxas de pobreza e vulnerabilidade social, além de um alto padrão econômico (S). Estes municípios apresentam também taxas reduzidas de fecundidade, o que está associado à presença de infraestrutura adequada (D), menor densidade populacional (u) e baixo nível de urbanização (h). A título de exemplo, destacam-se nessa configuração os municípios de Colorado do Oeste-RO, Cariri do Tocantins-TO e 2,34% dos municípios mineiros (Aiuruoca, Belo Vale, Cabeceira Grande, Centralina, Felixlândia, Itumirim, Itutinga, Lagoa Grande, Martinho Campos, Morada Nova de Minas, Nova Resende, Quartel Geral, Resende Costa, Ressaquinha, Rio Manso, Santana do Riacho, Santa Rosa da Serra, São Brás do Suaçuí, São José da Varginha e Taquaraçu de Minas).

Em oposição, 12,46% dos municípios apresentam a configuração sdUh, que leva ao baixo empreendedorismo. Ou seja, municípios com baixa condição socioeconômica, baixa infraestrutura domiciliar, alta condição de urbanização e baixa condição habitacional têm relação de insuficiência com alto empreendedorismo. Nessa configuração estão inseridas as cidades do Norte do Brasil, sendo treze delas do estado do Amazonas.

TABELA 2
Combinações lógicas suficientes

Classificação	Combinações lógicas	Consistência			<i>p</i> -valor	Número de municípios	Frequência	
		E	1-E	F			Relativa	Acumulada
Alta	sDuh	0,87	0,82	34,25	0,000	197	3,54	3,54
	sDuH	0,881	0,858	10,13	0,001	197	3,54	7,08
	SduH	0,865	0,833	18,07	0,000	417	7,5	14,58
	SDuh	0,906	0,688	529,06	0,000	701	12,61	27,19
	SDuH	0,916	0,753	475,36	0,000	583	10,48	37,67
	SDUh	0,918	0,804	211,58	0,000	55	0,99	38,66
	SDUH	0,934	0,818	258,76	0,000	146	2,63	41,29
	sduh	0,788	0,922	312,56	0,000	142	2,55	43,84
Baixa	sduH	0,827	0,934	267,77	0,000	53	0,95	44,79
	sdUh	0,669	0,92	788,75	0,000	693	12,46	57,25
	sdUH	0,688	0,938	987,61	0,000	598	10,75	68
	sDUh	0,79	0,847	37,21	0,000	413	7,43	75,43
	sDUH	0,769	0,883	168,94	0,000	488	8,78	84,21
	SdUh	0,843	0,89	38,31	0,000	91	1,64	85,85

Fonte: *Software Stata/MP 16.0.*

Elaboração dos autores.

Obs.: A coluna "E" avalia a consistência da combinação com E alto; "1-E" avalia os casos com baixo ou sem E.

Já a configuração SdUh, apesar de refletir uma alta condição socioeconômica (S), está associada a baixas taxas de empreendedorismo e ocorre em 91 municípios brasileiros. Essa condição implica que as condições socioeconômicas não são suficientes para levar ao alto empreendedorismo quando são associadas à baixa infraestrutura domiciliar, alta condição de urbanização e baixa condição habitacional. O resultado parece condizente com os estudos que demonstram a necessidade de uma boa infraestrutura urbana para aumentar a oportunidade de os indivíduos empreenderem, como por exemplo os estudos de Acs (2004) e Audretsch e Belitski (2017).

Dos resultados encontrados, a baixa condição socioeconômica combinada com baixa infraestrutura domiciliar e urbanização, e alta condição habitacional

(sduH), que levam ao baixo empreendedorismo, seguida pela combinação oposta, de alta condição socioeconômica, de infraestrutura domiciliar e de urbanização, combinadas com baixa condição habitacional (SDUh), são as combinações menos representativas. A combinação SDUh leva ao alto empreendedorismo em 55 municípios. Grandes cidades como Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro apresentam essa configuração, além de algumas cidades do Sul do Brasil. Höher, Lima e Fochezatto (2018) encontraram algumas evidências de que cidades da serra gaúcha com alto nível de urbanização e de elevadas taxas de variáveis socioeconômicas como renda e educação possuíam um alto perfil empreendedor.

Portanto, a expressão (1) indica os sete caminhos que levam ao alto empreendedorismo em 2.296 municípios brasileiros.

$$sDuh+ sDuH+ SduH+ SDuh+ SDuH+ SDUh+ SDUH \rightarrow E \quad (1)$$

Por outro lado, os sete caminhos, expressão (2), levam ao baixo empreendedorismo e abrangem um total de 2.478 municípios do Brasil. Ou seja, são combinações de condições urbanas que não favorecem o empreendedorismo.

$$sduh+ sduH+ sdUh+ sdUH+ sDUh+ sDUH+ SdUh \rightarrow e \quad (2)$$

Posteriormente, as configurações foram reduzidas em uma solução mais parcimoniosa. Essa redução foi feita por meio do algoritmo de Quine-McCluskey.¹¹ O processo de minimização permite reduzir um amplo conjunto de combinações de condições em menores conjuntos que levam a um resultado.

A tabela 3 apresenta as configurações finais obtidas após o processo de minimização, cujas combinações de condições são consistentes com o resultado. Observa-se que cidades que possuem uma infraestrutura domiciliar de alta qualidade (D), juntamente com um padrão socioeconômico elevado (S), ou um baixo nível de urbanização (u), e cidades com um padrão socioeconômico alto (S) em conjunto com uma baixa urbanização (u) e uma alta qualidade habitacional (H), levam a um resultado de suficiência com o alto empreendedorismo formal.

Nota-se, portanto, que o desenvolvimento socioeconômico (S) e a infraestrutura domiciliar (D) são necessárias, mas não são condições suficientes para conduzir a altas taxas de empreendedorismo nas cidades brasileiras. Em outras palavras, as condições S e D são relevantes para elevar as taxas de empreendedorismo, mas apenas quando estiverem combinadas com outras condições. Por exemplo, os municípios que apresentam alto padrão socioeconômico possuem elevadas taxas de empreendedorismo, mas somente quando apresentam, também, alta condição habitacional e baixa condição de urbanização (SuH).

11. O algoritmo de Quine-McCluskey aplica as regras da lógica booleana para minimizar logicamente as possíveis relações de suficiência entre os conjuntos e subconjuntos fuzzy (Longest e Vaisey, 2008).

TABELA 3
Minimização dos conjuntos (solução final) e medidas de ajuste

Classificação	Combinações lógicas	Cobertura		Consistência
		Bruta	Única	
Alta	S*u*H	0,474	0,073	0,853
	D*u	0,597	0,059	0,850
	S*D	0,601	0,062	0,905
	Cobertura total		0,732	
	Consistência de solução		0,827	-
Baixa	s*d*U*h	0,314	0,314	0,669
	Cobertura total		0,314	
	Consistência de solução		0,669	-

Fonte: *Software Stata/MP 16.0.*
Elaboração dos autores.

Ao observar as medidas de ajustamento, consistência e cobertura apresentadas na tabela 3, evidencia-se que as três combinações lógicas resultam em altas taxas de empreendedorismo. As medidas de consistência, que medem o grau da relação de necessidade ou suficiência entre uma condição causal e um resultado, foram todas superiores ao ponto de corte de 0,75 (Ragin, 2006). A configuração SD apresentou consistência de 0,905. As outras duas configurações, SuH e Du, apresentaram consistência de 0,85, indicando que ambas as soluções são fortemente combinadas. Já a cobertura indica quanto de Y é coberto por X (Longest e Vaisey, 2008).

A combinação SuD apresentou uma cobertura bruta de 47,4%, Du, de 59,7% e SD uma cobertura de 60%. Essa última foi a solução de maior representatividade e indica que 60% dos municípios com alto padrão de desenvolvimento socioeconômico e elevada infraestrutura domiciliar possibilitam altas taxas de empreendedorismo formal. Contudo, apenas 6,2% dos municípios brasileiros são cobertos por essa configuração (cobertura única).

Por outro lado, a combinação sdUh, encontrada como solução final para o baixo empreendedorismo, apresentou uma consistência de 0,669, abaixo do ponto de corte. O baixo padrão de desenvolvimento socioeconômico, de infraestrutura domiciliar e de condições habitacionais, combinado com alta urbanização, não fornece fundamentação empírica que atenda a uma relação de suficiência com o resultado. Em outras palavras, não é possível inferir que essa combinação configure um possível caminho para o baixo empreendedorismo em municípios brasileiros (Ferreira, 2017).

Por fim, a solução final SuH+Du+SD apresentou uma consistência de solução de 0,827, indicando que 82% dos casos estabelecem uma relação de suficiência com o alto empreendedorismo. A cobertura total (0,732) indica um grau de pertencimento

de 73,2% do resultado explicado pela solução mencionada. A solução final indica que, para as atividades empreendedoras nos municípios brasileiros alcançarem taxas significativas, é necessário um elevado nível de desenvolvimento socioeconômico, além de uma infraestrutura domiciliar e habitacional de qualidade. Além disso, o baixo nível de urbanização está presente nessa configuração.

Esse cenário sugere que o Brasil se enquadra como um caso típico de economia subdesenvolvida, com regiões de baixo dinamismo, onde o empreendedorismo tende a ser mais uma resposta à necessidade de indivíduos que não têm outra opção além de iniciar um negócio próprio. Essa observação ecoa descobertas semelhantes feitas por autores como Barros e Pereira (2008), Valliere e Peterson (2009) e Fontenelle (2010).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo oferece contribuições acerca da relação entre o empreendedorismo e as condições urbanas a fim de evidenciar os principais padrões e diversidades dos municípios brasileiros em 2010. Para tanto, foram utilizadas variáveis de dimensões socioeconômicas, de infraestrutura urbana e habitacionais dos municípios para aquele ano com dados do Censo de 2010.

A literatura teórica evidenciou a importância do nível urbano para processos aglomerativos por meio de economias de urbanização e diversidade econômica. Essa mesma literatura aponta a importância do empreendedorismo como responsável pelo crescimento e desenvolvimento de regiões. Todavia, há pouca literatura que associe o empreendedorismo ao crescimento urbano, especialmente estudos que considerem as condições urbanas como fator determinante para o aumento das taxas de empreendedorismo. Esse estudo, portanto, apresenta uma perspectiva distinta da literatura convencional, que normalmente explica as taxas de empreendedorismo com base em fatores econômicos.

Os resultados extraídos e combinados entre as técnicas apontaram um panorama das configurações específicas das centralidades urbanas que mais exibem relação de suficiência com o alto ou baixo grau de empreendedorismo no território brasileiro. Os principais resultados da análise fatorial indicaram o fator de condição socioeconômica como o principal para o conjunto de dados, representando a característica de maior relevância dos municípios brasileiros, seguido da condição de infraestrutura domiciliar.

Por outro lado, destaca-se que os municípios com carências sociais e econômicas oferecem condições adversas à população brasileira, o que influencia suas escolhas ocupacionais. As análises finais da QCA revelaram três caminhos associados a maiores taxas de empreendedorismo. Em outras palavras, alta infraestrutura domiciliar (D) combinada com alto padrão socioeconômico (S) ou com baixos

níveis de urbanização (u) seriam combinações lógicas que levam ao alto empreendedorismo nos municípios brasileiros, bem como alto nível socioeconômico (S) e habitacional (H) combinado com baixa taxa de urbanização (u). Os conjuntos S e D foram os mais suficientes para elevar o alto empreendedorismo, porém apenas 6,2% dos municípios brasileiros são cobertos por essa configuração.

Desse modo, os resultados confirmam que o contexto é importante para o aumento do empreendedorismo nas cidades brasileiras. Nesse sentido, é crucial adotar políticas de empreendedorismo mais específicas para áreas urbanas, levando em consideração as particularidades de cada região e município em termos de atividades e mentalidade empreendedora. Além disso, é necessário ampliar as políticas direcionadas a melhorias na infraestrutura urbana, redução da burocratização (minimização das barreiras de saída e entrada de novos empreendedores) e promoção da cultura e educação empreendedora. Essas políticas seriam fundamentais para que o empreendedorismo fosse visto como opção de carreira por um maior número de pessoas.

As limitações deste estudo se relacionam à impossibilidade de analisar dados mais recentes e fazer um comparativo das mudanças ocorridas nos padrões de condições urbanas ao longo do tempo, assim como verificar como essas mudanças poderiam impactar as taxas de atividade empreendedora dos municípios brasileiros ao longo do período. Pesquisas futuras poderiam se concentrar na análise de grandes municípios (em termos populacionais) e comparar com municípios pequenos, possibilitando uma visão do comportamento do empreendedorismo nessas condições.

REFERÊNCIAS

- ACS, Z. J. Innovation and the growth of cities. *In*: CAPELLO, R.; NIJKAMP, P. (ed.). **Urban dynamics and growth: advances in urban economics**. Amsterdam: Elsevier, 2004. v. 266.
- ACS, Z. J. How is entrepreneurship good for economic growth? **Innovations, Technology, Governance, Globalization**, v.1, n. 1, p. 97-107, 2006.
- ADLER, P. *et al.* The city and high-tech startups: the spatial organization of Schumpeterian entrepreneurship. **Cities**, v. 87, abr. 2019.
- ALMEIDA, F. M. de; VALADARES, J. L.; SEDIYAMA, G. A. S. A contribuição do empreendedorismo para o crescimento econômico dos estados brasileiros. **Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas**, v. 6, n. 3, p. 466-494, dez. 2017.
- AUDRETSCH, D. B.; BELITSKI, M. Entrepreneurial ecosystems in cities: establishing the framework conditions. **Journal of Technology Transfer**, v. 42, p. 1030-1051, 2017.

AUDRETSCH, D. B.; BELITSKI, M.; DESAI, S. Entrepreneurship and economic development in cities. **Annals of Regional Science**, v. 55, número especial, p. 33-60, ago. 2015.

BARROS, A. A. de; PEREIRA, C. M. M. de A. Empreendedorismo e crescimento econômico: uma análise empírica. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 12, n. 4, p. 975-993, out.-dez. 2008.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**, v. 160, n. 901, p. 268-282, 1937. (Series A-Mathematical and Physical Sciences).

BEAUDRY, C.; SCHIFFAUEROVA, A. Who's right, Marshall or Jacobs? The localization versus urbanization debate. **Research Policy**, v. 38, n. 2, p. 318-337, 2009.

BÊRNI, D. de A. Mudanças no padrão de uso da mão de obra no Brasil entre 1949 e 2010. **Revista Nova Economia**, v. 16, n. 1, p. 139-172, jan.-abr. 2006.

BLANCHFLOWER, D. G. Self-employment in OECD countries. **Labour Economics**, v. 7, n. 5, p. 471-505, 2000.

BOSMA, N; STERNBERG, R. Entrepreneurship as an urban event? Empirical evidence from European cities. **Regional Studies**, v. 48, n. 6, p. 1016-1033, 2014.

BRITO, F.; SOUZA, J. de. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 4, p. 48-63, out.-dez. 2005.

BRUTON, G. D.; KETCHEN JR., D. J.; IRELAND, R. D. Entrepreneurship as a solution to poverty. **Journal of Business Venturing**, v. 28, n. 6, p. 683-689, 2013.

CARREE, M. *et al.* Economic development and business ownership: an analysis using data of 23 OECD countries in the period 1976-1996. **Small Business Economics**, v. 19, p. 271-290, 2002.

CARREE, M. *et al.* The relationship between economic development and business ownership revisited. **Entrepreneurship and Regional Development**, v. 19, n. 3, p. 281-291, 2007.

CARREE, M.; THURIK, R. The impact of entrepreneurship on economic growth. *In*: ASC, Z. J.; AUDRETSCH, D. B. (ed.). **Handbook of entrepreneurship research**. Nova York: Springer, jun. 2010. p. 557-594.

CHRISTALLER, W. **Central places in Southern Germany**. Londres: Prentice-Hall, 1966.

DALLABRIDA, V. R. *et al.* Aportes teórico-metodológicos sobre a dimensão espacial do desenvolvimento: uma contribuição. **DRd – Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 1, n. 1, p. 188-207, 2011.

DINIZ, C. C.; CROCCO, M. Bases teóricas e instrumentais da economia regional e urbana e sua aplicabilidade ao Brasil: uma breve reflexão. *In*: DINIZ, C. C.; CROCCO, M. (org.). **Economia regional e urbana: contribuições teóricas recentes**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. p. 9-31.

FERREIRA, S. de F. **Transgressão, norma social e crime: o papel da dissuasão social nas áreas mínimas comparáveis (1991-2010)**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia, 2017. 320f.

FISCHER, M. M.; NIJKAMP, P. The nexus of entrepreneurship and regional development. *In*: CAPELLO, R.; NIJKAMP, P. (ed.). **Handbook of regional growth and development theories**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2009. p. 182-198.

FONTENELE, R. E. S.; MOURA, H. J. de; LEOCADIO, A. L. Capital humano, empreendedorismo e desenvolvimento: evidências empíricas nos municípios do Ceará. **RAM – Revista de Administração Mackenzie**, v. 12, n. 5, p. 182-208, 2011.

GALINARI, R.; LEMOS, M.B. Economias de aglomeração no Brasil: evidências a partir da concentração industrial paulista. *In*: Encontro Nacional de Economia, XXXV, Recife, 2007. **Anais [...]**. Recife: Anpec, 2011. p. 1-20.

GOMES, C. E. *et al.* Comércio internacional e PIB *per capita*: uma análise utilizando a abordagem espacial. **Revista de Economia**, v. 40, n. 71, p. 1-27, 2019.

HÖHER, R.; DE LIMA, M. J. G.; FOCHEZATTO, A. Determinantes do empreendedorismo no Rio Grande do Sul: uma análise espacial. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, Blumenau, v. 5, n. 3, p. 189-208, ago. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pandemia foi responsável pelo fechamento de 4 em cada 10 empresas com atividades encerradas. **Agência de Notícias IBGE**, 16 jul. 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/28295-pandemia-foi-responsavel-pelo-fechamento-de-4-em-cada-10-empresas-com-atividades-encerradas>. Acesso em: 18 jul. 2020.

JACOBS, J. **The economy of cities**. Nova York: Vintage, 1969. 251 p.

JOHNSON, R.; WICHERN, D. **Applied multivariate statistical analysis**. 6. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2007.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.

LONGEST, K. C.; VAISEY, S. Fuzzy: a program for performing qualitative comparative analyses (QCA) in Stata. **The Stata Journal**, v. 8, n. 1, p. 79-104, 2008.

LÖSCH, A. **The economics of location**. New Haven: Yale University, 1940.

MARSHALL, A. **Princípios de economia**: tratado introdutório. Tradução de Rômulo Almeida e Ottolmy Strauch. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1996. v. 1 (Os economistas).

MEDEIROS, V.; RIBEIRO, R. S. M.; AMARAL, P. V. M. do. Infrastructure and household poverty in Brazil: a regional approach using multilevel models. **World Development**, v. 137, 105118, 2021.

MINERVA, G. A.; OTTAVIANO, G. I. P. Teorias de crescimento endógeno: benefícios de aglomeração e custos de transporte. In: CAPELLO, R.; NIJKAMP, P. (ed.). **Handbook of regional growth and development theories**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2009. p. 86-97.

MORAIS, G. A. de S.; SOBREIRA, D. B.; LIMA, J. E. de. Padrão e determinantes da infraestrutura urbana das microrregiões brasileiras. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 66, p. 262-291, jan.-abr. 2018.

NOGAMI, V. K. C. Análise da evolução da atividade empreendedora no Brasil de acordo com o Global Entrepreneurship Monitor (GEM) entre os anos de 2000 e 2010. In: EGEPE – ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE EMPREENDEDORISMO E GESTÃO DE PEQUENAS EMPRESAS, 7., 2012, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ANEPEPE, 2012.

O'SULLIVAN, A. **Urban economics**. 8. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2011.

OLIVEIRA, F. As contradições do ao: globalização, nação, região, metropolização. In: DINIZ, C. C.; CROCCO, M. (org.). **Economia regional e urbana**: contribuições teóricas recentes. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. p. 33-60.

OLIVEIRA, V. R. Empreendedorismo de necessidade, empreendedorismo de oportunidade e ciclo econômico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 47., 2018, Rio de Janeiro-RJ. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Anpec, 2018.

PEREIRA, F. M.; LEMOS, M. B. Cidades médias brasileiras: características e dinâmicas urbano-industriais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 33, n. 1, p. 127-166, 2003.

PIRES, M. M. *et al.* **Economia urbana e regional**: território, cidade e desenvolvimento. São Paulo: SciELO, Editus, Editora da UESC, 2018. 356 p.

RAGIN, C. C. Qualitative comparative analysis using fuzzy sets (fsQCA). In: RIHOUX, B.; RAGIN, C. C. (ed.). **Configurational comparative methods: qualitative comparative analysis (QCA) and related techniques**. Califórnia: Sage Publications, 2009. v. 51. p. 87-122.

RAGIN, C. C. **The comparative method**: moving beyond qualitative and quantitative strategies. Berkeley: University of California Press, 1987.

RAGIN, C. C. Set relations in social research: evaluating their consistency and coverage. **Political Analysis**, v. 14, n. 3, p. 291-310, 2006.

SCHNEIDER, C. Q.; WAGEMANN, C. Standards of good practice in qualitative comparative analysis (QCA) and fuzzy sets. **Comparative Sociology**, v. 9, n. 3, p. 397-418, 2010.

SCHNEIDER, C. Q.; WAGEMANN, C. **Set-theoretic methods for the social sciences**: a guide to qualitative comparative analysis. Nova York: Cambridge University Press, 2012.

SILVA, M. V. A.; BETARELLI JR., A. A.; PEROBELLI, F. S. Socioeconomic factors, income transfer program, and the presidential election of 2014: regional voting patterns in Brazil. **Latin American Business Review**, v. 20, n. 4, p. 341-366, 2019.

SPEARMAN, C. "General intelligence": objectively determined and measured. **The American Journal of Psychology**, v. 15, n. 2, p. 201-292, 1904.

STEL, A. van; VRIES, N. de. The economic value of different types of solo self-employed: a review. In: BURKE, A. **The handbook of research on freelancing and self-employment**. Dublin: Senate Hall Academic Publishing, 2015. p. 77-8.

STEL, A. van; WENNEKERS, S.; SCHOLMAN, G. Solo self-employed versus employer entrepreneurs: determinants and macro-economic effects in OECD countries. **Eurasian Business Review**, v. 4, n. 1, p. 107-136, 2014. Disponível em: <https://doi.org.ez25.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s40821-014-0003-z>.

STOUGH, R. R.; KARLSSON, C.; JOHANSSON, B. Endogenous regional growth and development: clusters, agglomeration and entrepreneurship. In: KARLSSON, C.; JOHANSSON, B.; ROGER, R.; STOUGH, R. R. (ed.). **Agglomeration, clusters and entrepreneurship**: studies in regional economic development. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2014. p. 3-15.

STOUGH, R. R.; KULKARNI, R. Cities and business. In: CAPELLO R., NIJKAMP P. (ed.). **Urban dynamics and growth**: advances in urban economics. Amsterdam: Elsevier, 2004. v. 266.

VALLIERE, D.; PETERSON, R. Entrepreneurship and economic growth: evidence from emerging and developed countries. **Entrepreneurship & Regional Development**, v. 21, n. 5, p. 459-480, 2009.

VERÍSSIMO, M. P.; SAIANI, C. C. S. Evidências da importância da indústria e dos serviços para o crescimento econômico dos municípios brasileiros. **Economia e Sociedade**, v. 28, n. 3, p. 905-935, set.-dez., 2019.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ARROYO, M. R.; FUENTES, M. del M. F.; JIMENEZ, J. M. R. Um estudo internacional sobre os fatores que explicam a expectativa de alto crescimento em novos empreendimentos: uma perspectiva de gênero. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo, v. 18, n. 60, p. 171-190, abr.-jun. 2016.

BETARELLI JUNIOR, A. A. *et al.* Transporte público, sistema produtivo e as repercussões econômicas do Programa Refrota 2017. **Revista Econômica**, v. 21, n. 2, 2019.

BETARELLI JUNIOR, A. A.; FERREIRA, S. de F. **Introdução à análise qualitativa comparativa e aos conjuntos fuzzy (fsQCA)**. Brasília: Enap, 2018.

DOMINGUES, E. P.; BETARELLI JR. A. A.; MAGALHÃES, A. S. Quanto vale o *show*? Impactos econômicos dos investimentos da Copa do Mundo 2014 no Brasil. **Revista Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 409-439, abr.-jun. 2011.

FONTENELE, R. E. S. Empreendedorismo, competitividade e crescimento econômico: evidências empíricas. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 14, n. 6, p. 1094-1112, nov.-dez., 2010.

FONTENELE, R. E. S.; SOUSA, P. F. B.; LIMA, A. O. Empreendedorismo, crescimento econômico e competitividade dos BRICS: uma análise empírica a partir dos dados do GEM e GCI. *In*: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 35., 2011, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Anpad, 2011.

FRITSCH, M. Methods of analyzing the relationship between new business formation and regional development. *In*: KARLSSON, C.; ANDERSSON, M.; NORMAN, T. **Handbook of research methods and applications in economic geography**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2015. p. 303-320.

GALINARI, R. **Retornos crescentes urbano-industriais e *spillovers* espaciais: evidências a partir da taxa salarial no estado de São Paulo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2006.

GLOBAL ENTREPRENEURSHIP MONITOR. **Empreendedorismo no Brasil: relatório executivo**. [S. L.]: GEM, 2019.

HAIR, J. F. *et al.* **Multivariate data analysis**. 7. ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2014.

KIRZNER, I. M. **Competição e atividade empresarial**. Tradução de Ana Maria Sarda. Rio de Janeiro: Instituto Liberal, 1986.

KOSTER, S.; KAPITSINIS, N. Analyzing the geography of high-impact entrepreneurship. *In*: KARLSSON, C.; ANDERSSON, M.; NORMAN, T. **Handbook of research methods and applications in economic geography**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2015. p. 597-613.

MANLY, B. F. J. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MARTINS, M. de F.; CÂNDIDO, G. A. Análise da sustentabilidade urbana no contexto das cidades: proposição de critérios e indicadores. *In*: ENCONTRO DA ANPAD, 37., set. 2013, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Anpad, 2013.

MELLO, C. M.; MACHADO, H. V.; JESUS, M. J. F. Considerações sobre a inovação em PMEs: o papel das redes e do empreendedor. **Revista de Administração da UFSM**, v. 3, n. 1, p. 41-57, 2010.

MELO, C. Índice relativo de desenvolvimento econômico e social dos municípios da região sudoeste paranaense. **Revista Análise Econômica**, v. 25, n. 47, p. 149-164, set. 2007.

MENEZES, D. B.; POSSAMAI, A. J. Desenvolvimento humano e bem-estar urbano nas regiões metropolitanas brasileiras. *In*: PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO; IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Prêmio atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2015. p. 137-154.

NOGAMI, V. K. C.; MACHADO, H. V. Atividade empreendedora nos países do BRIC: uma análise a partir dos relatórios do GEM no período de 2000 a 2010. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 5, n. 3, p. 114-128, 2011.

NOGAMI, V. K. C.; MEDEIROS, J.; FAIA, V. S. Análise da evolução da atividade empreendedora no Brasil de acordo com o Global Entrepreneurship Monitor (GEM) entre os anos de 2000 e 2013. **Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas**, v. 3, n. 3, p. 31-76, 2014.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO; IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br>.

RAGIN, C. C. Measurement versus calibration: a set-theoretic approach. *In*: BOX-STEFFENSMEIER, J. M.; BRADY, H. E.; COLLIER, D. (ed.). **The Oxford handbook of political methodology**. Oxford: Oxford University Press, 2008.

RIHOUX, B. Qualitative comparative analysis (QCA) and related systematic comparative methods: recent advances and remaining challenges for social science research. **International Sociology**, v. 21, n. 5, p. 679-706, 2006.

RODRIGUES, C. G.; SIMÕES, R. Aglomerados industriais e desenvolvimento socioeconômico: uma análise multivariada para Minas Gerais. **Ensaio FEE**, v. 25, n. 1, p. 203-232, abr. 2004.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**. Tradução de Maria Sílvia Possas. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1997.

SMITH, W.; CHIMUCHEKA, T. Entrepreneurship, economic growth and entrepreneurship theories. **Mediterranean Journal of Social Sciences**, v. 5, n. 14, p. 160-168, jul. 2014.

STEL, A. van; CARREE, M.; THURIK, R. The effect of entrepreneurial activity on national economic growth. **Small Business Economics**, v. 24, n. 3, p. 311-321, 2005.

Originais submetidos em: abr. 2022.

Última versão recebida em: abr. 2025.

Aprovada em: abr. 2025.

SUSTENTABILIDADE, CONGESTIONAMENTO E DINÂMICA DA EFICIÊNCIA UNIFICADA DAS NAÇÕES¹

Gabriel Teixeira Ervilha²

Wilson da Cruz Vieira³

Elaine Aparecida Fernandes⁴

O objetivo deste trabalho é avaliar a dinâmica da eficiência unificada (produtiva e ambiental) dos países no período de 2006 a 2014, assim como a ocorrência de congestionamentos na produção mundial. Ao analisar a presença de congestionamentos, observa-se que o congestionamento desejável – priorizado em uma investigação que preza pela sustentabilidade – está presente em pequena parte dos 109 países analisados. Por sua vez, a análise temporal indica que pouco foi alterado na dinâmica da eficiência unificada, mesmo diante dos debates sobre mudanças climáticas. Os resultados indicaram que há espaço para ganhos ambientais consistentes, principalmente por meio do desenvolvimento de ecotecnologias.

Palavras-chave: congestão; disposição gerencial; disposição natural; índice de Malmquist; sustentabilidade.

SUSTAINABILITY, CONGESTION AND THE DYNAMICS OF UNIFIED EFFICIENCY IN NATIONS

The objective of this paper is to assess the dynamics of unified efficiency (both productive and environmental) across countries between 2006 and 2014, as well as the occurrence of congestion in global production. The analysis shows that desirable congestion – prioritized in an investigation that emphasizes sustainability – was found in only a small share of the 109 countries examined. Over time, the dynamics of unified efficiency changed very little, even amid the growing debates on climate change. The findings suggest that there remains considerable room for consistent environmental improvements, particularly through the development of eco-technologies.

Keywords: congestion; natural disposability; managerial disposability; Malmquist index; sustainability.

JEL: C61; Q55; Q56.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável exige que as dimensões econômicas, sociais e ambientais devam ser consideradas simultaneamente em todas as esferas e níveis da sociedade, considerando as tecnologias adotadas, os recursos utilizados, as relações entre os diversos agentes e os possíveis *trade-offs* existentes entre as diferentes dimensões.

Apesar de não existir consenso na literatura sobre a direção da relação entre preservação ambiental e crescimento econômico (Palmer, Oates e Portney, 1995;

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ppe55n3art5>.

2. Técnico do Departamento de Economia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). E-mail: gabriel.ervilha@ufv.br.

3. Professor titular do Departamento de Economia Rural da UFV. E-mail: wvieira@ufv.br.

4. Professora titular do Departamento de Economia da UFV. E-mail: eafernandes@ufv.br.

Simpson e Bradford, 1996; Porter e Linde, 1995), é fato que tal relação existe e demanda estudos e métodos que consigam relacionar os resultados desejáveis (produção de bens e serviços) e indesejáveis (emissão de gases do efeito estufa, por exemplo) dos processos produtivos globais. Diante disso, este estudo se propõe a responder: quais são os determinantes da eficiência unificada das nações e como se manifesta a ocorrência de congestionamentos produtivos e ambientais no contexto global?

Nessa esfera, Ripple *et al.* (2017) apontam que importantes passos devem ser considerados para a garantia da sustentabilidade, destacando entre eles: i) desenvolver e adotar instrumentos políticos adequados para remediar problemas e fatores de degradação ambientais; ii) adotar maciçamente fontes de energia renováveis; iii) manutenção dos serviços ecossistêmicos da natureza; e iv) conceber e promover novas tecnologias ecológicas que reduzam a emissão de poluentes e o consumo de insumos como água, energia e outras matérias-primas. Assim, há a necessidade de as nações articularem, de forma eficiente, um equilíbrio entre o progresso econômico e a redução dos fatores degradantes ao meio ambiente, mais especificamente das emissões de dióxido de carbono (CO₂) equivalente.

Dessa forma, a presente pesquisa busca analisar as questões técnicas relativas ao processo produtivo internacional, através da eficiência produtiva e ambiental das nações, utilizando-se de métodos não paramétricos de fronteira mais adequados à análise ambiental⁵ e ainda pouco difundidos na literatura. Diante disso, considera-se: i) verificar se os países eficientes produtivamente também apresentam ecoeficiência;⁶ ii) analisar a ocorrência e o desenvolvimento de ecotecnologias no processo produtivo dos países; e iii) inferir avanços na ecoeficiência das nações por meio da análise temporal.

Os estudos acerca da ecoeficiência dos países e/ou setores econômicos estão presentes na literatura, em diferentes estruturas e para distintos objetos de estudo.⁷ Os avanços metodológicos e computacionais na avaliação ambiental, por meio da análise envoltória de dados, foram construídos por pesquisas realizadas nos setores de energia do Japão e dos Estados Unidos (Sueyoshi e Goto, 2009, 2010, 2011a, 2011b). Por sua vez, os conceitos de disposição natural e disposição gerencial foram apresentados por Sueyoshi e Goto (2012a), ao diferenciarem o desempenho público e privado de empresas petrolíferas. A partir desses estudos, desenvolveram-se diversos outros (Sueyoshi e Goto, 2012b, 2012c, 2012d, 2012e, 2015a; Goto, Otsuka e Sueyoshi, 2014; Sueyoshi, Li e Gao, 2018), e expandiram-se as análises para a

5. Para um resumo sobre os conceitos de eficiência na área ambiental, consultar Jollands (2006).

6. O conceito de ecoeficiência produtiva surgiu do interesse de buscar uma produção de bens e serviços que atenda ao mercado, causando a menor degradação ambiental possível (Kuosmanen e Kortelainen, 2005).

7. Para revisões detalhadas sobre a literatura que relaciona eficiência e meio ambiente e as aplicações da análise envoltória de dados em meio ambiente, consultar Caiado *et al.* (2017); Mardani *et al.* (2017, 2018); Sueyoshi, Yuan e Goto (2017); Sueyoshi e Goto (2018); Zhou *et al.* (2018).

presença de congestionamento (Sueyoshi e Goto, 2012f, 2016; Sueyoshi e Yuan, 2016a; Sueyoshi e Wang, 2018) e os estudos com análise temporal (Sueyoshi e Goto, 2013a, 2015b; Sueyoshi, Goto e Sugiyama, 2013; Sueyoshi, Goto e Wang, 2017; Sueyoshi e Yuan, 2017, 2018).

Nesse ínterim, observa-se que as pesquisas relacionadas à mensuração da ecoeficiência estão cada vez mais presentes na literatura correlata. Contudo, a análise global da eficiência unificada de países ainda é escassa. Dessa forma, este estudo preenche uma importante lacuna metodológica e empírica ao apresentar importantes contribuições para a literatura ao integrar, pela primeira vez, a análise envoltória de dados (DEA) sob as perspectivas de disposição natural e disposição gerencial com análise global sobre eficiência produtiva e ambiental. Além disso, amplia a literatura existente por meio da análise inédita dos congestionamentos desejáveis e indesejáveis na produção mundial e pelo uso do índice de Malmquist para avaliação temporal da eficiência unificada. Esses elementos fornecem uma nova abordagem para investigar o avanço das ecotecnologias nos processos produtivos e seu impacto sobre a ecoeficiência global.

A relevância aplicada deste trabalho reside na capacidade de fornecer *insights* quantitativos para formuladores de políticas públicas, indicando áreas em que os países podem melhorar sua eficiência produtiva e ambiental simultaneamente. Os achados podem subsidiar a criação de estratégias mais eficazes para o desenvolvimento sustentável e para a mitigação de impactos ambientais negativos, contribuindo para uma tomada de decisão mais informada em nível global e nacional.

Especificamente, pretende-se, através da DEA, investigar a ocorrência de congestionamentos desejáveis e indesejáveis na produção mundial para o ano de 2014 (última base de dados consolidada disponível), bem como analisar a evolução das eficiências ao longo do tempo (2006 a 2014). Particularmente, este estudo dedicará atenção à análise do desempenho do Brasil no contexto da eficiência unificada, visando a identificar sua posição, desafios e oportunidades em relação às demais nações analisadas, oferecendo proposições relevantes para a política ambiental e de desenvolvimento do país.

Os esforços realizados para tratar as relações existentes entre os aspectos institucionais, econômicos, técnicos e inovativos, tanto do ponto de vista teórico quanto empírico, reforçam a relevância da temática e abrem importantes debates com relação ao desenvolvimento sustentável, mais especificamente com a sustentabilidade ambiental. O quantitativo de países (109),⁸ a definição dos insumos e produtos, o período de análise, o tratamento dos dados, a construção dos modelos de programação

8. O número de países analisados refere-se à disponibilidade de dados na base do Banco Mundial (DataBank). Inconsistências identificadas na base de dados também foram consideradas na seleção da amostra.

matemática em linguagem GAMS⁹ e os diferentes cenários metodológicos são, também, pontos de destaque que respaldam a importância e originalidade da pesquisa.

Além desta introdução, o artigo está estruturado em mais quatro seções: na seção 2, são apresentados aspectos teóricos e empíricos da ecoeficiência; em seguida, na seção 3, encontram-se as principais ferramentas metodológicas empregadas na análise, assim como os dados e as variáveis utilizadas. Os resultados e discussão estão na seção 4 e, finalmente, na seção 5, apresentam-se as principais conclusões do trabalho.

2 ASPECTOS TEÓRICOS E EMPÍRICOS DA EFICIÊNCIA E ECOEFICIÊNCIA

Nesta seção, são apresentados, inicialmente, os fundamentos teóricos sobre sustentabilidade, ecoeficiência e ecotecnologia, seguidos pela descrição detalhada da metodologia DEA ambiental utilizada para a mensuração da eficiência unificada.

2.1 Sustentabilidade, ecoeficiência e ecotecnologias

A crescente preocupação com os limites ambientais do desenvolvimento econômico impulsionou o surgimento de abordagens que buscam compatibilizar crescimento, competitividade e preservação dos recursos naturais. Nesse cenário, a literatura acadêmica tem enfatizado a importância de práticas produtivas sustentáveis, com destaque para conceitos como ecoeficiência, ecoinovação e produtividade verde.

A ecoeficiência, a produtividade verde e a ecoinovação são conceitos inter-relacionados que sustentam tanto os objetivos analíticos quanto as escolhas metodológicas deste estudo, sendo fundamentais para reorientar estratégias empresariais, políticas públicas e marcos regulatórios rumo a modelos mais sustentáveis de produção e consumo. A ecoeficiência atua como indicador central de desempenho ambiental e econômico, refletindo a capacidade de produzir mais com menos recursos e poluir menos (Kuosmanen e Kortelainen, 2005). A produtividade verde amplia essa abordagem ao considerar a inserção de ganhos tecnológicos e inovação no processo produtivo (Mohanty e Deshmukh, 1999). Já a ecoinovação representa o mecanismo por meio do qual esses ganhos são viabilizados, seja pela adoção de novas tecnologias, processos ou práticas institucionais (Hojnik e Ruzzier, 2016). Esses três pilares teóricos justificam a opção por uma modelagem DEA que incorpore simultaneamente múltiplos *inputs* e *outputs*, desejáveis e indesejáveis, sob diferentes disposições ambientais.

A sustentabilidade, compreendida como a capacidade de suprir as necessidades presentes sem comprometer as gerações futuras, vem sendo amplamente discutida na literatura em associação à ecoeficiência e à adoção de ecotecnologias. Estas últimas,

9. General Algebraic Modeling System.

também referidas como ecoinovação ou inovação ambiental, englobam práticas, produtos e processos que aliam ganhos econômicos à mitigação de impactos ambientais (Chistov, Aramburu e Carrillo-Hermosilla, 2021; Caiado *et al.*, 2017). A proposta da produtividade verde surge, nesse contexto, como uma resposta integrada à necessidade de compatibilizar crescimento econômico com responsabilidade socioambiental (Fernandes e Freitas, 2014).

A ecoeficiência, segundo a definição do World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), consiste em produzir mais com menos recursos e resíduos, ao passo que a ecoinovação configura-se como um mecanismo central para essa transição. Segundo o documento, o termo ecoeficiência foi introduzido em 1991 pelo Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (Business Council for Sustainable Development – BCSD) e popularizado no livro *Changing Course*, de Stephan Schmidheiny. Desde sua criação, a ecoeficiência se expandiu de um conceito empresarial para uma abordagem política e macroeconômica. Foi adotada por organizações como a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a Comissão Europeia, e passou a ser aplicada em diversos setores e regiões, incluindo países em desenvolvimento (WBCSD, 2000).

No que se refere à ecoinovação, destaca-se a contribuição de Koeller *et al.* (2020), que definiu a ecoinovação como um conceito multifacetado que vai além da tecnologia de fim de tubo, incorporando práticas organizacionais e políticas públicas. A taxonomia de Kemp e Pearson (2007) é útil para classificar essas inovações, que podem ser estratégicas ou passivas, dependendo de sua motivação. A importância de fatores institucionais e do porte das empresas é evidenciada por Miranda, Koeller e Lustosa (2023), que mostraram a influência das regulamentações e da estrutura organizacional sobre a adoção de ecotecnologias.

Porter e Linde (1995) argumentaram que a inovação ambiental, além de mitigar externalidades, pode promover vantagens competitivas. Essa perspectiva é corroborada por M. Santos, E. Santos e Maia (2023), os quais demonstraram, com base em dados da Pesquisa de Inovação (Pintec) e da Pesquisa Industrial Anual (PIA), que inovações ambientais impactam positivamente a produtividade, mesmo em cenários de instabilidade econômica.

A literatura mais recente tem apontado a *Open Eco-Innovation* (OEI) como uma estratégia importante. Definida como o uso intencional de fluxos de conhecimento e recursos, internos e externos, para o desenvolvimento de inovações sustentáveis, a OEI permite superar barreiras financeiras e técnicas, por meio de colaborações com universidades, centros de pesquisa e outras organizações (Chistov, Aramburu e Carrillo-Hermosilla, 2021). Segundo Ghisetti e Pontoni (2015) e Fabrizi, Guarini e Meliciani (2018), a OEI amplia o alcance das inovações sustentáveis, reduz riscos e acelera a transição para economias circulares.

Complementarmente, Janahi, Durugbo e Al-Jayyousi (2021) destacaram cinco linhas temáticas nas estratégias deecoinovação na manufatura: *drivers* e barreiras, capacidades organizacionais, desempenho ambiental, estrutura de governança e redes colaborativas. Os autores propõem um *framework* com oito objetivos estratégicos, entre os quais se destacam a conformidade ambiental, a diferenciação de produtos e a colaboração interorganizacional.

Por fim, estudos como o de Salles *et al.* (2016) apontam que a ecoeficiência no Brasil está associada não apenas à redução de custos, mas também à construção de imagem institucional e à obtenção de vantagens competitivas, evidenciando sua relevância estratégica no planejamento organizacional de longo prazo.

2.2 Eficiência produtiva, meio ambiente e análise envoltória de dados

A análise da eficiência produtiva e ambiental tem avançado com o uso de métodos multicritério, como a DEA, especialmente adaptados para incorporar *outputs* indesejáveis. Modelos como os propostos por Farrell (1957) e estendidos por Kuosmanen e Kortelainen (2005) e Cooper *et al.* (2011) permitem avaliar simultaneamente a geração de produtos e a emissão de resíduos, oferecendo uma visão mais completa do desempenho das unidades produtivas.

A fundamentação metodológica adotada neste artigo está ancorada em Sueyoshi e Goto (2012a), que introduzem os conceitos de disposição natural e disposição gerencial na análise de eficiência unificada.^{10,11} Tais abordagens oferecem suporte direto à modelagem DEA utilizada neste estudo, pois permitem mensurar simultaneamente *outputs* desejáveis e indesejáveis. A escolha pela aplicação desses modelos decorre da sua capacidade de capturar as diferentes estratégias adotadas pelos países – seja priorizando ganhos operacionais (disposição natural) ou investindo em tecnologias limpas (disposição gerencial) –, alinhando-se, portanto, à literatura recente sobre sustentabilidade e produtividade verde. Essa abordagem é expandida por Sueyoshi e Yuan (2017), que discutem a mensuração da eficiência unificada com base em distâncias radiais.

Além disso, a inclusão da análise de congestionamento (Sueyoshi e Goto, 2016) e da avaliação dinâmica via índice de Malmquist (Sueyoshi e Goto, 2013a) permite entender não apenas os níveis de eficiência dos países, mas também sua trajetória ao longo do tempo, o que é central para o objetivo deste trabalho. Para analisar a presença de congestionamentos e a evolução temporal da eficiência unificada dos países, este trabalho utiliza os conceitos de disposição natural e disposição gerencial, propostos por Sueyoshi e Goto (2012a).

10. Conceitos originalmente definidos como *natural disposability* e *managerial disposability*, respectivamente. Na tradução livre, optou-se por utilizar o termo “disposição” (ato ou efeito de dispor). Contudo, é possível encontrar na literatura em português traduções como: descartabilidade e disponibilidade, ou o uso do próprio termo em inglês.

11. Os conceitos de disposição natural e disposição gerencial apresentam semelhanças com os conceitos de disposição fraca (*weak disposability*) e disposição forte (*strong disposability*) – comumente utilizados na análise DEA – em termos de suas perspectivas conceituais e metodológicas. Para detalhes sobre tais relações, consultar Sueyoshi e Goto (2012f). Para outros detalhes sobre os conceitos de disposição fraca e disposição forte, consultar Ray (2004).

Na disposição natural, o desempenho operacional é medido como prioridade e o resultado ambiental, como objetivo secundário. Nessa estratégia, a unidade tomadora de decisão (DMU) tenta diminuir o vetor de insumos (*inputs*) para reduzir o vetor de resultados indesejáveis e, diante da redução no volume de entradas, a DMU tenta aumentar tanto quanto possível o vetor de produtos desejáveis (*outputs*) (Sueyoshi e Goto, 2012a).

Já na disposição gerencial, a prioridade nas medidas de desempenho operacional e ambiental é oposta, indicando uma estratégia na qual o desempenho ambiental dos países é tão importante quanto o seu desempenho operacional. Diferentemente da disposição natural, a DMU amplia o vetor de entradas, mas tenta melhorar seu desempenho unificado utilizando-se de ganhos tecnológicos sustentáveis (Sueyoshi e Goto, 2012a). Assim, o aumento do vetor de insumos gera um aumento no vetor de saídas desejáveis e a diminuição no vetor de resultados indesejáveis, visto um avanço de ecotecnologia.¹²

A literatura sobre DEA aplicada à análise ambiental tem se expandido nos últimos anos, com destaque para os trabalhos de Sueyoshi e Goto (2012a, 2016), que introduziram modelos capazes de incorporar *outputs* indesejáveis e diferentes disposições de orientação (natural e gerencial). Zhou *et al.* (2018) revisaram os avanços metodológicos na área, destacando a importância da DEA como ferramenta para avaliar a ecoeficiência de unidades produtivas e países. A modelagem adotada neste trabalho segue essas diretrizes, permitindo uma análise abrangente que considera os efeitos das tecnologias limpas e das políticas ambientais no desempenho global das nações.

Assim, o uso de modelos DEA voltados à sustentabilidade e fundamentados em disposições ambientais distintas permite uma avaliação abrangente do desempenho das unidades produtivas, ao passo que conceitos como OEI e produtividade verde ampliam o entendimento das estratégias sustentáveis contemporâneas.

2.2.1 Modelos DEA aplicados à análise ambiental

Segundo Cooper *et al.* (2011), o congestionamento ocorre quando o produto que é maximamente possível pode ser observado ao reduzir um ou mais insumos sem alterar qualquer outra entrada ou saída. Alternativamente, pode-se dizer que o congestionamento ocorre quando alguns dos produtos que são maximamente possíveis são reduzidos aumentando uma ou mais entradas sem modificar qualquer outro insumo ou produto.¹³

A abordagem DEA, proposta neste trabalho, incorpora uma possível ocorrência de congestionamentos indesejáveis e de congestionamentos desejáveis na

12. Outras extensões fundamentais relacionadas aos conceitos de disposição natural e disposição gerencial, referindo-se aos efeitos de escala (retornos e danos), por exemplo, podem ser encontradas em Sueyoshi e Goto (2012c, 2018).

13. Para uma conceituação detalhada sobre congestionamento e sua identificação em modelos DEA tradicionais, consultar Cooper *et al.* (2011).

avaliação ambiental. Tal presença de congestionamento pode provir de um limite de capacidade em parte, ou em todo, do sistema de produção, já tradicionalmente debatido na estrutura DEA convencional, e de uma possível ocorrência de “limite econômico”¹⁴ (Sueyoshi e Goto, 2018). Assim, a análise de congestionamento permite identificar tanto limites de capacidade produtiva como possibilidades de inovação ecotecnológica na redução dos impactos ambientais.

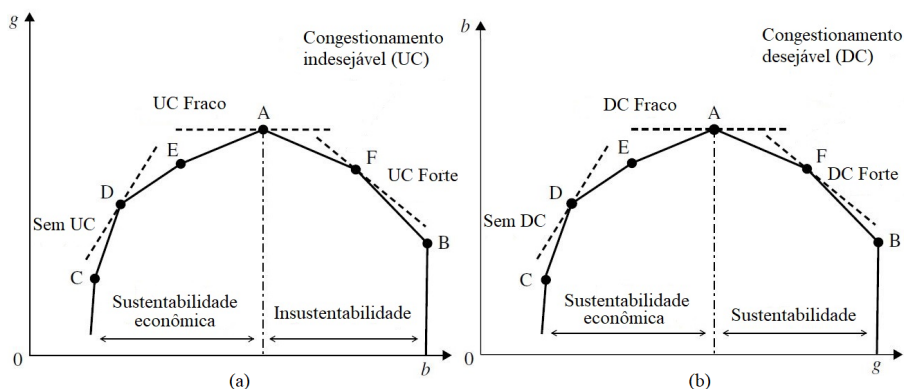
Os conceitos de congestionamento indesejável (UC) e congestionamento desejável (DC) ficam mais compreensíveis a partir do gráfico 1. No gráfico 1A, uma inclinação negativa indica a ocorrência de UC, sendo considerada “UC forte”. A ocorrência implica um caso em que uma DMU aumenta uma quantidade de um insumo (x) e tal alteração aumenta o resultado indesejável (b), mas diminui o vetor de produto desejável (g). Em contraste, uma inclinação positiva implica ausência de congestionamento, sendo assim referido como “sem UC”. Além dos dois casos, há a situação na qual a inclinação da linha é zero, denominado “UC fraco”. A ausência de UC indica “sustentabilidade econômica”, em que um país pode alcançar sucesso econômico, mas sem considerações sobre a questão ambiental; já a presença de UC pode indicar a ocorrência de “insustentabilidade” tanto econômica quanto ambiental.

GRÁFICO 1

Congestionamentos indesejável e desejável

1A – Congestionamento indesejável (UC)

1B – Congestionamento desejável (DC)



Fonte: Sueyoshi e Goto (2016).

Elaboração dos autores.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

14. Um limite econômico é de caráter ambiental, proposto por Georgescu-Roegen (1986). Pela lei da entropia, não é possível obter qualquer atividade produtiva de transformação sem um processo de degradação entrópica irreversível gerador de resíduos (leis da termodinâmica). Dessa forma, é possível reduzir a quantidade de resíduos através do aumento da ecoeficiência, mas há limites entrópicos intransponíveis a partir de determinado limiar (Georgescu-Roegen, 1986).

De forma similar, no gráfico 1B, a inclinação negativa indica a ocorrência de DC. A ocorrência implica que o aumento de um insumo (x) aumenta o produto desejado (g) e diminui o resultado indesejável (b), fazendo com que a nação alcance tanto sucesso econômico quanto ambiental. O congestionamento desejável (DC) também é classificado nas três categorias: ausência, fraca ou forte. Esse tipo de congestionamento ocorre com a inovação em ecotecnologia sobre produtos indesejáveis. A ausência de DC pode garantir ocorrência de “sustentabilidade econômica”, em que uma nação pode alcançar sucesso econômico, mas sem capacidade de proteção ambiental.

Dessa forma, a ocorrência de UC é geralmente devido a um limite de capacidade econômica e em instalações de produção, podendo ocorrer sob disposição natural, enquanto que a de DC pode ser devido a inovação de tecnologia ecológica para mitigação da poluição, podendo estar presente na modelagem sob disposição gerencial (Sueyoshi e Goto, 2016).

A aplicabilidade da DEA na avaliação ambiental, considerando congestionamentos desejáveis e indesejáveis, é documentada em estudos empíricos internacionais, especialmente nos setores industrial e de energia. Por exemplo, Sueyoshi e Yuan (2016b) compararam o desempenho de 25 nações da OCDE entre 2008 e 2012 para medir a taxa marginal de transformação e a taxa de substituição entre fatores de produção, focando o congestionamento desejável. Por sua vez, Sueyoshi e Goto (2016) mensuraram a ocorrência de congestionamento desejável em usinas de energia a carvão nos Estados Unidos e Sueyoshi e Wang (2018) buscaram congestionamentos na indústria petrolífera norte-americana. A China se destaca como principal foco desses estudos: Wu *et al.* (2013), Wu, Zhou e Zhou (2015) e Chen, Wang e Wang (2016) analisaram o setor industrial e seu desenvolvimento energético, enquanto Sueyoshi e Yuan (2016a) focaram o planejamento econômico e energético para a sustentabilidade social no país.

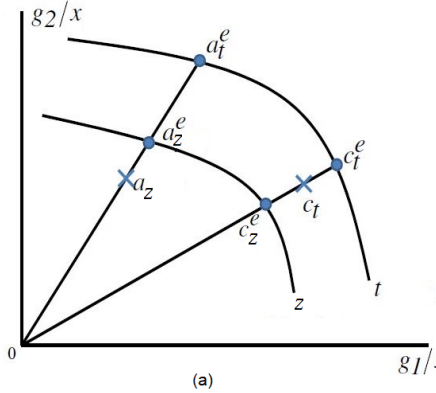
2.2.2 A mudança de fronteira em um horizonte de tempo: o índice de Malmquist

Para compreender a dinâmica de análise temporal aplicada ao DEA, por meio da medida do índice de Malmquist, considere dois períodos distintos (z e t , sendo $z < t$). O gráfico 2, proposto por Sueyoshi e Goto (2013a), representa as mudanças de fronteira do período z para o período t sob disposição natural (gráfico 2A) e sob disposição gerencial (gráfico 2B), supondo a presença de inovação tecnológica entre os dois períodos. No gráfico 2A, considera-se um único insumo (x), dois produtos desejáveis (g_1 e g_2), sendo a quantidade de resultados indesejados igual nos dois períodos. No gráfico 2B, considera-se um único insumo (x), dois produtos indesejáveis (b_1 e b_2) e resultados desejáveis constantes nos dois períodos em questão.

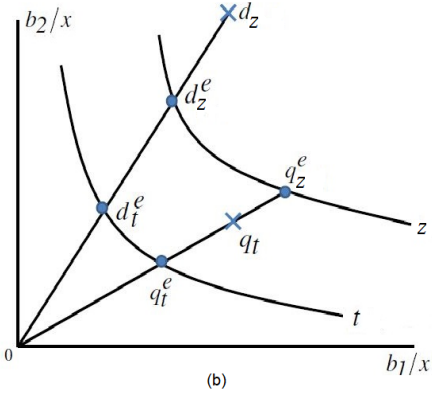
GRÁFICO 2

Mudança de fronteira

2A – Mudança de fronteira sob disposição natural



2B – Mudança de fronteira sob disposição gerencial



Fonte: Sueyoshi e Goto (2013a).

Elaboração dos autores.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

No gráfico 2A, a_z representa o desempenho observado de uma DMU no z -ésimo período e c_t , o desempenho desta DMU no período t . O desempenho da referida DMU em z é projetado para a_z^e e a_t^e , fronteiras de eficiência dos períodos z e t , respectivamente. Sob a mesma hipótese, o desempenho da DMU em c_t é projetado para c_z^e na fronteira de eficiência para o período z e c_t^e na fronteira de eficiência para o período t .

Por meio de uma média geométrica, que é o próprio índice de Malmquist, é possível indicar o grau de desvio de fronteira entre os períodos z e t sob disposição natural (IN_z^t), ou seja:

$$IN_z^t = \sqrt{\frac{0a_t^e}{0a_z^e} \frac{0c_t^e}{0c_z^e}} = \sqrt{\frac{0a_t^e}{0a_z^e} \frac{0c_t^e}{0c_t}} = \sqrt{\frac{0a_z}{0a_z^e} \frac{0c_t}{0c_z^e}} \quad (1)$$

De forma análoga, o gráfico 2B descreve a mudança de fronteira sob disposição gerencial, em que d_z representa o desempenho observado de uma DMU no período z e q_t , o desempenho dessa mesma DMU no período t . O desempenho da DMU em d_z é projetado para d_z^e na fronteira de eficiência para o período z e d_t^e na fronteira de eficiência para o período t . Similarmente, o desempenho da referida DMU em t é projetado para q_z^e e q_t^e , fronteiras de eficiência dos períodos z e t , respectivamente.

Dessa forma, o índice de Malmquist entre os períodos z e t sob disposição gerencial (IM_z^t) é dado por:

$$IM_z^t = \sqrt{\frac{0d_z^e 0q_z^e}{0d_t^e 0q_t^e}} = \sqrt{\frac{\frac{0d_z^e}{0d_t^e} \frac{0q_z^e}{0q_t^e}}{\frac{0d_z^e}{0d_t^e} \frac{0q_z^e}{0q_t^e}}} \quad (2)$$

Assim, a análise temporal permite verificar a dinâmica da eficiência ao longo do tempo, identificando se houve progresso tecnológico, melhoria da eficiência total da DMU, ou ambos, para uma amostra.

A aplicabilidade do índice de Malmquist com foco ambiental já foi evidenciada em diversos estudos internacionais. Zhou, Ang e Han (2010), por exemplo, avaliaram o desempenho de emissões dos dezoito maiores emissores de CO₂ do mundo de 1997 a 2004, e Sueyoshi e Goto (2015b) examinaram se a mudança de fronteira, devido ao progresso tecnológico, ocorreu ou não na indústria do petróleo de 2005 a 2009. Sueyoshi e Goto (2013a), por sua vez, mensuraram o índice de Malmquist na indústria de energia de dez países industrializados. Em análises mais localizadas, Lei *et al.* (2013) utilizaram o índice de produtividade de Malmquist e dados da China de 1997 a 2008 para avaliarem a atratividade do investimento direto estrangeiro para o desenvolvimento sustentável, enquanto Graham (2009) empregou a metodologia para produzir uma medida de desempenho agrícola em fazendas selecionadas no sudeste da Austrália, sob a perspectiva da sociedade. Por fim, Sueyoshi e Goto (2015c) utilizaram a análise temporal da DEA para investigar o plano de energia futura no Japão, e Sueyoshi, Goto e Wang (2017) incorporaram uma estrutura do índice de Malmquist para examinar a mudança de fronteira relacionada ao desenvolvimento regional da China e à prevenção da poluição industrial.

3 METODOLOGIA

3.1 Congestionamentos desejáveis e indesejáveis

Os modelos de eficiência unificada, tanto sob disposição natural quanto sob disposição gerencial, apesar de distinções teóricas, apresentam estruturas matemáticas e computacionais similares.¹⁵ Dessa forma, considere que existam m insumos, s produtos desejáveis e h produtos indesejáveis para cada uma das n DMUs, a j -ésima DMU utiliza um conjunto de insumos (vetor de entrada X_j) para gerar um vetor de saídas desejáveis (G_j) e, indiretamente, um vetor de saídas indesejáveis (B_j).

15. Para apresentação detalhada dos modelos DEA de mensuração da (in)eficiência unificada sob disposições natural e gerencial, sem a ocorrência de congestionamentos, consultar Sueyoshi e Goto (2012a, 2016, 2018).

Para examinar a ocorrência de congestionamento indesejável (UC) sob disposição natural, seguindo a estrutura metodológica proposta por Sueyoshi e Goto (2016, 2018), tem-se:

$$\begin{aligned}
 & \text{Maximize } \xi + \varepsilon_s \left[\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^{x-} + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g \right] \\
 & \text{sujeito a:} \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + d_i^{x-} = x_{ik} \quad (i = 1, \dots, m), \\
 & \sum_{j=1}^n g_{rj} \lambda_j - d_r^g - \xi g_{rk} = g_{rk} \quad (r = 1, \dots, s), \\
 & \sum_{j=1}^n b_{fj} \lambda_j + \xi b_{fk} = b_{fk} \quad (f = 1, \dots, h), \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
 & \lambda_j \geq 0 (j = 1, \dots, n), d_i^{x-} \geq 0 (i = 1, \dots, m), d_r^g \geq 0 (r = 1, \dots, s)
 \end{aligned} \tag{3}$$

Na equação (3), ξ é um *score* de ineficiência desconhecido, indicando a distância entre a fronteira de eficiência e um vetor observado de saídas desejáveis (produção de bens e serviços) e indesejáveis (emissão de gases do efeito estufa); e ε_s é um número muito pequeno, de forma a reduzir a influência de folgas na função objetivo. Os intervalos de dados para ajuste são determinados pelos limites superior e inferior das entradas e dos resultados desejáveis e indesejáveis. Esses limites superior e inferior são especificados por:

$$\begin{aligned}
 R_i^x &= (m + s + h)^{-1} (\max\{x_{ij} | j = 1, \dots, n\} - \min\{x_{ij} | j = 1, \dots, n\})^{-1} \\
 R_r^g &= (m + s + h)^{-1} (\max\{g_{rj} | j = 1, \dots, n\} - \min\{g_{rj} | j = 1, \dots, n\})^{-1} \\
 R_f^b &= (m + s + h)^{-1} (\max\{b_{fj} | j = 1, \dots, n\} - \min\{b_{fj} | j = 1, \dots, n\})^{-1}
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Adicionalmente, d_i^{x-} e d_r^g são variáveis de folga relacionadas a insumos (x) e produtos desejáveis (g), respectivamente. O modelo (3) descarta variáveis de folga relacionadas a resultados indesejáveis (b), de modo que elas são consideradas como restrições de igualdade. As outras restrições, relativas a insumos e produtos desejados, são consideradas como desigualdade. O vetor desconhecido, λ , é denominado como estrutural e é usado para conectar todos os fatores de produção por uma combinação convexa. Como a soma das variáveis estruturais é restrita à unidade

no modelo (3), os conjuntos de possibilidades de produção e poluição são estruturados sob retornos variáveis.¹⁶ O modelo (3) tem a seguinte formulação dual:

$$\begin{aligned}
 & \text{Minimize } \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} - \sum_{r=1}^s u_r g_{rk} + \sum_{f=1}^h w_f b_{fk} + \sigma \\
 & \text{sujeito a:} \\
 & \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r g_{rj} + \sum_{f=1}^h w_f b_{fj} + \sigma \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n), \\
 & \sum_{r=1}^s u_r g_{rk} + \sum_{f=1}^h w_f b_{fk} = 1, \\
 & v_i \geq \varepsilon_S R_i^x \quad (i = 1, \dots, m), u_r \geq \varepsilon_S R_r^b \quad (r = 1, \dots, s), w_f: \text{irrestrito} \quad (f = 1, \dots, h)
 \end{aligned} \tag{4}$$

No modelo (4), v_i , u_r e w_f são variáveis duais relacionadas aos primeiro, segundo e terceiro grupos de restrições do modelo (3). A variável dual (σ) é obtida a partir da quarta equação do modelo (3).

A única diferença entre um modelo sem ocorrência de congestionamento indesejável e o modelo (4) é o fato de as variáveis w_f serem irrestritas no modelo com possibilidade de ocorrência de congestionamento. Um *score* de eficiência unificado (UEN_v^*) da k -ésima DMU sob disposição natural é medido:

$$\begin{aligned}
 UEN_v^* &= 1 - \left[\xi^* + \varepsilon_S \left(\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^{x-*} + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^{g*} \right) \right] \\
 &= 1 - \left[\sum_{i=1}^m v_i^* x_{ik} - \sum_{r=1}^s u_r^* g_{rk} + \sum_{f=1}^h w_f^* b_{fk} + \sigma^* \right]
 \end{aligned} \tag{5}$$

No modelo (5), todas as variáveis são determinadas na otimalidade dos modelos (3) e (4). A eficiência unificada é obtida subtraindo o nível de ineficiência da unidade. Dessa forma, uma possível ocorrência de congestionamento indesejável (UC) é determinada pela seguinte regra: i) se $w_f^* < 0$ para pelo menos um produto indesejável (f), então ocorre UC forte na k -ésima DMU; ii) se $w_f^* > 0$ para todos os produtos indesejáveis (f), então não há ocorrência de UC na k -ésima DMU; e iii) se $w_f^* = 0$ para pelo menos um produto indesejável (f), então ocorre UC fraca na k -ésima DMU.

Já sob disposição gerencial é possível identificar a ocorrência de congestionamento desejável (DC). Para examinar tal ocorrência, descartam-se as variáveis

16. O problema de programação linear com retornos variáveis pode ser modificado para atender à pressuposição de retornos constantes, bastando remover a restrição de convexidade, $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, do modelo (3).

de folga nos produtos desejados (g) e inserem-se as variáveis de folga relacionadas a saídas indesejáveis (d_f^b):

$$\begin{aligned}
 & \text{Maximize } \xi + \varepsilon_s \left[\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^{x+} + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b \right] \\
 & \text{sujeito a:} \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - d_i^{x+} = x_{ik} \quad (i = 1, \dots, m), \\
 & \sum_{j=1}^n g_{rj} \lambda_j - \xi g_{rk} = g_{rk} \quad (r = 1, \dots, s), \\
 & \sum_{j=1}^n b_{fj} \lambda_j + d_f^b + \xi b_{fk} = b_{fk} \quad (f = 1, \dots, h), \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
 & \lambda_j \geq 0 \ (j = 1, \dots, n), d_i^{x+} \geq 0 \ (i = 1, \dots, m), d_f^b \geq 0 \ (f = 1, \dots, h).
 \end{aligned} \tag{6}$$

O modelo (6) elimina as variáveis de folga relacionadas aos resultados desejados, tornando-se, assim, restrições de igualdade. Os outros grupos de restrições em insumos e produtos indesejáveis mantêm as folgas para que possam ser consideradas como restrições de desigualdade. O modelo (6) tem formulação dual similar à equação (4), com possibilidade de ocorrência de congestionamento desejável.

Uma pontuação de eficiência unificada (UEM_v^*) da k -ésima DMU sob disposição gerencial é obtida subtraindo o nível de ineficiência da unidade:

$$\begin{aligned}
 UEM_v^* &= 1 - \left[\xi^* + \varepsilon_s \left(\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^{x+*} + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^{b*} \right) \right] \\
 &= 1 - \left[- \sum_{i=1}^m v_i^* x_{ik} - \sum_{r=1}^s u_r^* g_{rk} + \sum_{f=1}^h w_f^* b_{fk} + \sigma^* \right]
 \end{aligned} \tag{7}$$

No modelo (7), todas as variáveis são determinadas na otimalidade dos modelos (6) e sua formulação dual. Uma possível ocorrência de congestionamento desejável (DC) é determinada pela seguinte regra: i) se $u_r^* < 0$ para pelo menos um produto desejável (r), então ocorre DC forte na k -ésima DMU; ii) se $u_r^* > 0$ para todos os produtos desejáveis (r), então não há ocorrência de DC na k -ésima DMU; e iii) se $u_r^* = 0$ para pelo menos um produto desejável (r), então ocorre DC fraca na k -ésima DMU.

3.2 Análise temporal da eficiência unificada

A mensuração comparativa, em um horizonte temporal, dos desempenhos operacional e ambiental, sob disposição natural das n DMUs analisadas neste trabalho, é realizada pelo índice de Malmquist. O índice de Malmquist entre os dois períodos é descrito por um deslocamento de fronteira proveniente de um progresso tecnológico (conforme apresentado no gráfico 2). Dessa forma, o índice de Malmquist, sob disposição natural, entre os períodos z e t pode ser escrito, conforme Sueyoshi e Goto (2013a, 2018) e equação (1):

$$IN_z^t = \sqrt{\frac{UEN_z^R}{IUIN_{z \rightarrow t}^R} \frac{IUIN_{t \rightarrow z}^R}{UEN_t^R}} \quad (8)$$

No modelo (8), UEN_z^R e UEN_t^R são duas medidas de eficiência que pertencem a um intervalo entre zero (ineficiência total) e um (eficiência total); e $IUIN_{t \rightarrow z}^R$ e $IUIN_{z \rightarrow t}^R$ são medidas de eficiência intertemporais que podem se tornar maiores ou menores que a unidade, dependendo da ocorrência de um cruzamento de fronteira entre os dois períodos.

Os valores de UEN_z^R , UEN_t^R , $IUIN_{z \rightarrow t}^R$ e $IUIN_{t \rightarrow z}^R$ são formulados por meio de modelos DEA. O cálculo de UEN_t^R na k -ésima DMU para o período t , sob disposição natural e retornos constantes é iniciado pelo modelo:

$$\begin{aligned} & \text{Maximize } \xi + \varepsilon_s \left[\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^{x-} + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b \right] \\ & \text{sujeito a:} \\ & \sum_{j \in J_t} x_{ijt} \lambda_{jt} + d_i^{x-} = x_{ikt} \quad (k \in J_t; i = 1, \dots, m), \\ & \sum_{j \in J_t} g_{rjt} \lambda_{jt} - d_r^g - \xi g_{rkt} = g_{rkt} \quad (k \in J_t; r = 1, \dots, s), \\ & \sum_{j \in J_t} b_{fjt} \lambda_{jt} + d_f^b + \xi b_{fkt} = b_{fkt} \quad (k \in J_t; f = 1, \dots, h), \\ & \lambda_{jt} \geq 0 (j = 1, \dots, n), d_i^{x-} \geq 0 (i = 1, \dots, m), d_r^g \geq 0 (r = 1, \dots, s), d_f^b \geq 0 (f = 1, \dots, h) \end{aligned} \quad (9)$$

No modelo (9), d_i^{x-} , d_r^g e d_f^b são as variáveis de folga relacionadas a entradas, saídas desejáveis e saídas indesejáveis, respectivamente; λ_{jt} é um vetor de coluna de variáveis “estruturais”, usadas para conectar fatores de produção; ξ representa a medida de ineficiência; ε_s representa um número muito pequeno para indicar a importância relativa entre a pontuação de ineficiência e a quantidade total de folgas. Os intervalos de dados para ajuste são determinados pelos limites superior e inferior das entradas e dos resultados desejáveis e indesejáveis. Esses limites superior e inferior são especificados por:

$$\begin{aligned}
R_i^x &= (m + s + h)^{-1} \left(\max\{x_{ij} | j \in J_z \cup J_t \cup \dots J_T\} \right. \\
&\quad \left. - \min\{x_{ij} | j \in J_z \cup J_t \cup \dots J_T\} \right)^{-1} \\
R_r^g &= (m + s + h)^{-1} \left(\max\{g_{rj} | j \in J_z \cup J_t \cup \dots J_T\} \right. \\
&\quad \left. - \min\{g_{rj} | j \in J_z \cup J_t \cup \dots J_T\} \right)^{-1} \\
R_f^b &= (m + s + h)^{-1} \left(\max\{b_{fj} | j \in J_z \cup J_t \cup \dots J_T\} \right. \\
&\quad \left. - \min\{b_{fj} | j \in J_z \cup J_t \cup \dots J_T\} \right)^{-1}
\end{aligned} \tag{9.1}$$

No modelo (9.1), $J_z \cup J_t$ representa a união de todas as DMUs nos períodos z e t .

O valor de UEN_t^R , para a k -ésima DMU no período t é determinado por:

$$UEN_t^R = 1 - \left[\xi^* + \varepsilon_s \left(\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^{x-*} + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^{g*} + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^{b*} \right) \right] \tag{10}$$

No modelo (10), os valores entre colchetes são determinados na otimalidade do modelo (9).

A base de cálculo de UEN_z^R na k -ésima DMU para o período z , sob disposição natural e retornos constantes segue a mesma estrutura do modelo (9), substituindo o subscrito t pelo subscrito z . O valor de UEN_z^R , para a k -ésima DMU no período z , é determinado pela equação (10), em que a pontuação ineficiente e as folgas na otimização (entre colchetes) são medidas pelo modelo (9) após a substituição de t por z na formulação.

O cálculo de $IUIN_{z \rightarrow t}^R$ é baseado na otimização da k -ésima DMU do período z para o grupo de DMUs do período t , determinado por:

$$\begin{aligned}
&\text{Maximize } \xi + \varepsilon_s \left[\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^{x-} + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b \right] \\
&\text{sujeito a:} \\
&\sum_{j \in J_t} x_{ijt} \lambda_{jt} + d_i^{x-} = x_{ikz} \quad (k \in J_z; i = 1, \dots, m), \\
&\sum_{j \in J_t} g_{rjt} \lambda_{jt} - d_r^g - \xi g_{rkz} = g_{rkz} \quad (k \in J_z; r = 1, \dots, s), \\
&\sum_{j \in J_t} b_{fjt} \lambda_{jt} + d_f^b + \xi b_{fkz} = b_{fkz} \quad (k \in J_z; f = 1, \dots, h), \\
&\lambda_{jt} \geq 0 \ (j = 1, \dots, n), d_i^{x-} \geq 0 \ (i = 1, \dots, m), d_r^g \geq 0 \ (r = 1, \dots, s), d_f^b \geq 0 \ (f = 1, \dots, h)
\end{aligned} \tag{11}$$

O valor do $IUIN_{z \rightarrow t}^R$ é medido pela equação (10), em que a medida de ineficiência e todas as variáveis de folga são determinadas na otimalidade do modelo (11).

Já o cálculo de $IUIN_{t \rightarrow z}^R$ é baseado na otimização da k -ésima DMU do período t para o grupo de DMUs do período z , determinado por:

$$\begin{aligned}
& \text{Maximize } \xi + \varepsilon_s \left[\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^{x-} + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b \right] \\
& \text{sujeito a:} \\
& \sum_{j \in J_t} x_{ijz} \lambda_{jz} + d_i^{x-} = x_{ikt} \quad (k \in J_t; i = 1, \dots, m), \\
& \sum_{j \in J_t} g_{rjz} \lambda_{jz} - d_r^g - \xi g_{rkt} = g_{rkt} \quad (k \in J_t; r = 1, \dots, s), \\
& \sum_{j \in J_t} b_{fjz} \lambda_{jz} + d_f^b + \xi b_{fkt} = b_{fkt} \quad (k \in J_t; f = 1, \dots, h), \\
& \lambda_{jz} \geq 0 (j = 1, \dots, n), d_i^{x-} \geq 0 (i = 1, \dots, m), d_r^g \geq 0 (r = 1, \dots, s), d_f^b \geq 0 (f = 1, \dots, h).
\end{aligned} \tag{12}$$

Assim como nas análises anteriores, o valor do $IUIN_{t \rightarrow z}^R$ é medido pela equação (10), em que a medida de ineficiência e todas as variáveis de folga são determinadas na otimalidade do modelo (12).

O índice de Malmquist sob disposição gerencial entre os períodos z e t (IM_z^t) tem estrutura similar ao sob disposição natural e, conforme Sueyoshi e Goto (2013a, 2018) e equação (2), é dado por:

$$IM_z^t = \sqrt{\frac{UEM_z^R}{IUIM_{z \rightarrow t}^R} \frac{IUIM_{t \rightarrow z}^R}{UEM_t^R}} \tag{13}$$

No modelo (13), UEM_z^R , UEM_t^R , $IUIM_{z \rightarrow t}^R$ e $IUIM_{t \rightarrow z}^R$ são subcomponentes mensurados por meio de modelos DEA sob retornos constantes. O modelo DEA para mensurar o valor de UEM_z^R é dado por:

$$\begin{aligned}
& \text{Maximize } \xi + \varepsilon_s \left[\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^{x+} + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b \right] \\
& \text{sujeito a:} \\
& \sum_{j \in J_t} x_{ijz} \lambda_{jz} + d_i^{x+} = x_{ikz} \quad (k \in J_z; i = 1, \dots, m), \\
& \sum_{j \in J_t} g_{rjz} \lambda_{jz} - d_r^g - \xi g_{rkz} = g_{rkz} \quad (k \in J_z; r = 1, \dots, s), \\
& \sum_{j \in J_t} b_{fjz} \lambda_{jz} + d_f^b + \xi b_{fkz} = b_{fkz} \quad (k \in J_z; f = 1, \dots, h), \\
& \lambda_{jz} \geq 0 (j = 1, \dots, n), d_i^{x+} \geq 0 (i = 1, \dots, m), d_r^g \geq 0 (r = 1, \dots, s), d_f^b \geq 0 (f = 1, \dots, h)
\end{aligned} \tag{14}$$

O valor de UEM_z^R , para a k -ésima DMU no período z , sob disposição gerencial, é determinado por:

$$UEM_z^R = 1 - \left[\xi^* + \varepsilon_S \left(\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^{x^{**}} + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^{g^{**}} + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^{b^{**}} \right) \right] \quad (15)$$

A base de cálculo de UEM_t^R na k -ésima DMU para o período t , sob disposição gerencial e retornos constantes, segue a mesma estrutura do modelo (14), substituindo o subscrito z pelo subscrito t . O valor de UEM_t^R , para a k -ésima DMU no período t é determinado pela equação (15), em que a pontuação ineficiente e as folgas na otimização (entre colchetes) são medidas pelo modelo (14) após a substituição de z por t na formulação.

Os modelos DEA para mensurar as medidas de eficiência intertemporais $IUIM_{z \rightarrow t}^R$ e $IUIM_{t \rightarrow z}^R$, sob disposição gerencial, seguem as mesmas estruturas e orientações dos modelos (11) e (12), respectivamente. Os resultados da otimização são deduzidos da unidade, conforme equações a seguir.

$$IUIM_{z \rightarrow t}^R = 1 - \left[\xi^* + \varepsilon_S \left(\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^{x^{**}} + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^{g^{**}} + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^{b^{**}} \right) \right] \quad (16)$$

$$IUIM_{t \rightarrow z}^R = 1 - \left[\xi^* + \varepsilon_S \left(\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^{x^{**}} + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^{g^{**}} + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^{b^{**}} \right) \right] \quad (17)$$

3.3 Base de dados e variáveis utilizadas

A base de dados do Banco Mundial (DataBank) foi selecionada pela sua reconhecida robustez, confiabilidade e pela abrangência global dos dados disponíveis.¹⁷ O DataBank é uma ferramenta de análise e visualização que contém um conjunto importante de dados de séries temporais em diversos tópicos e de diversas fontes. Sua utilização permite realizar uma análise comparativa consistente da eficiência produtiva e ambiental dos países no período analisado, o que a torna especialmente adequada para estudos empíricos internacionais relacionados à sustentabilidade e ecoeficiência (Sueyoshi e Yuan, 2017).

Os dados utilizados são referentes aos anos de 2006, 2008, 2010, 2012 e 2014. Foram considerados os 109 países que apresentavam disponibilidade de informações nos anos analisados. Os modelos de programação matemática para os diferentes cenários metodológicos foram construídos e estimados usando o *software* GAMS.

Para a obtenção das medidas de eficiência unificada, utilizaram-se as variáveis a seguir, em que X_i representa os insumos, G_i o produto desejável e B_i os produtos indesejáveis:

17. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/>. Acesso em: 9 dez. 2020.

- X_1 : força de trabalho, composta pelo fornecimento de mão de obra, de 15 anos de idade ou mais, para a produção de bens e serviços de uma economia, em milhões de trabalhadores;
- X_2 : formação bruta de capital fixo (FBCF), que consiste no desembolso de adições ao imobilizado mais as mudanças líquidas no nível de estoques de uma economia, em bilhões de dólares internacionais (paridade do poder de compra – PPC);
- X_3 : consumo de energia, referente ao uso de energia primária antes da transformação para outros combustíveis de uso final como insumos, em bilhões de quilogramas de óleo equivalente;
- X_4 : esgotamento de recursos naturais, representado pela soma do esgotamento líquido da floresta, do esgotamento de energia e da extração mineral, em bilhões de dólares internacionais (PPC) – baseado no percentual da renda nacional bruta;
- G_1 : produto interno bruto (PIB), composto pela soma do valor agregado bruto de todos os residentes no ano, em bilhões de dólares internacionais (PPC);
- B_1 : emissão de CO_2 , dióxido de carbono emitido em decorrência da queima de combustíveis fósseis e da fabricação de cimento, em mil quilotoneladas; e
- B_2 : outras emissões totais, emissões de gases de efeito estufa das diversas estruturas produtivas (indústria, serviços, agricultura, pecuária, extração florestal etc.), derivadas de metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), clorofluorcarbonos (CFCs), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6), em mil quilotoneladas de CO_2 equivalente.

3.4 Análise e ajustes nos dados

Como em qualquer técnica empírica, o modelo DEA¹⁸ é baseado em suposições, necessitando serem reconhecidas e avaliadas, como a sensibilidade a erros de medida, a impossibilidade em comparar os escores de eficiência entre diferentes estudos e a sensibilidade à especificação dos fatores e ao tamanho do grupo sob análise. Dessa forma, importantes análises e tratamentos foram considerados neste trabalho, a saber: i) ajuste de dados, dividindo todas as observações do insumo/produto pela

18. Existem vários outros modelos e pressuposições que podem ser incorporados na formulação dos problemas de programação utilizados pela DEA, inclusive em análise ambientais. Para descrições mais detalhadas da metodologia, recomenda-se a consulta de livros e textos como Coelli *et al.* (2005), Cooper, Seiford e Zhu (2011), Sueyoshi e Goto (2018) e Ferreira e Gomes (2020).

média do respectivo insumo/produto, conforme sugerido por Sueyoshi e Goto (2013b); ii) método de detecção e remoção de *outliers*, utilizando a metodologia “*jackstrap*”, desenvolvida por Sousa e Stosic (2003) a partir dos métodos *jackknife* e *bootstrap*;¹⁹ e iii) testes não paramétricos *U* de Mann-Whitney de fronteiras de eficiência (Banker, Zheng e Natarajan, 2010), de forma a verificar se as nações estudadas, mesmo com estratos de produção (e poluição) diferentes, fazem parte de uma mesma fronteira de eficiência ou se cada estrato de produção gera sua própria fronteira.²⁰ Os tratamentos (ii) e (iii) foram realizados apenas para o modelo DEA sob disposição natural, pelo fato de apresentarem características mais próximas aos modelos DEA convencionais (nos quais os métodos citados foram desenvolvidos).

Segundo as análises realizadas, não houve a ocorrência de observações discrepantes em relação à média (*outliers*), fato que seria suficiente para deslocar a fronteira e aumentar o nível médio de eficiência de forma artificial, comprometendo o nível de eficiência das demais DMUs e, consequentemente, a confiabilidade dos resultados. Por sua vez, os resultados do teste de *U* de Mann-Whitney evidenciaram que os grupos considerados na análise pertencem a uma mesma população e, dessa forma, não há diferenças significativas nas fronteiras de eficiência, uma vez que o tamanho da produção não afeta a eficiência calculada.²¹

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises estatísticas preliminares

Antes de analisar os resultados dos modelos, precedeu-se com a análise de correlação entre insumos e produtos utilizados, bem como as estatísticas descritivas dessas variáveis. Os coeficientes de correlação de Pearson são elevados e significativos (a um nível de significância de 1%), indicando a forte interação entre insumos e produtos utilizados nos modelos, fator importante na metodologia DEA.

Já as estatísticas descritivas dos insumos e produtos utilizados nos modelos para os anos de 2006 e 2014 estão apresentadas na tabela 1. É possível observar a alta heterogeneidade dos países quanto aos diferentes insumos e produtos, com destaque para o PIB e as emissões de CO₂.²²

19. Para detalhes sobre a metodologia e os critérios de definição de *outliers*, consultar Sousa e Stosic (2003, 2005).

20. No presente caso, os países foram divididos em três estratos de acordo com o PIB no ano de 2014: um terço dos países com maior PIB; um terço dos países com PIB intermediário; um terço dos países com menor PIB.

21. O teste de *U* de Mann-Whitney também foi realizado para três estratos de países divididos de acordo com os níveis de emissões de CO₂ no ano de 2014. Contudo, os estratos divididos de acordo com as emissões de CO₂ apresentam composições similares aos estratos divididos de acordo com o PIB, garantindo os mesmos resultados no teste.

22. Tais diferenças poderiam sugerir, inicialmente, a presença de mais de uma fronteira de eficiência, visto a possibilidade de diferentes estruturas tecnológicas produtivas. Contudo, o teste não paramétrico *U* de Mann-Whitney, anteriormente apresentado, rechaça a hipótese de existência de distintas fronteiras, inserindo os 109 países estudados em uma mesma população.

TABELA 1
Estatísticas descritivas das variáveis de entrada e de saída dos modelos (2006 e 2014)

<i>Input/output</i>	Média		Máximo		Mínimo		Coeficiente de variação (%)	
	2006	2014	2006	2014	2006	2014	2006	2014
Força de trabalho (1 milhão)	25,56	27,68	770,37	786,57	0,18	0,21	315,08	325,46
FBCF (US\$ 1 bilhão)	107,95	172,35	3.166,02	4.721,38	0,12	1,06	201,05	332,50
Energia total (1 bilhão kg)	98,77	114,09	2.296,82	3.051,50	1,33	1,81	264,97	326,35
Recursos naturais (US\$ 1 bilhão)	17,26	19,15	272,07	357,93	0,01	0,01	212,79	258,68
Emissões de CO ₂ (1 mil kt)	249,63	294,91	6.529,29	10.291,93	0,69	2,13	288,09	382,40
Emissões totais (1 mil kt)	395,17	438,07	8.573,40	12.454,71	8,03	7,43	257,75	319,23
PIB PPP (US\$ 1 bilhão)	618,95	954,31	13.855,89	18.336,44	6,14	10,70	171,10	270,19

Elaboração dos autores.

Observa-se, ainda, que todos os valores máximos de *inputs* e *outputs* em 2014 pertencem à China, indicando as dimensões continentais do país. Em 2006, FBCF, energia e PIB são liderados pelos Estados Unidos e os demais, também pela China. Já os valores mínimos para as diferentes variáveis encontram-se distribuídos entre países africanos (Zimbábue – FBCF₂₀₀₆; Togo – FBCF₂₀₁₄ e PIB; Namíbia – energia; Senegal – recursos naturais₂₀₀₆; Níger – emissões de CO₂), asiático (Brunei – força de trabalho), latino-americano (Panamá – recursos naturais₂₀₁₄) e europeus (Albânia – emissões totais₂₀₀₆; Chipre – emissões totais₂₀₁₄). Os valores dos coeficientes de variação reforçam as diferentes estruturas produtivas nacionais que estão sendo estudadas, além de indicarem possíveis diferenciais na escala de produção e poluição dos países.

4.2 A ocorrência de congestionamentos desejáveis e indesejáveis na economia mundial

Esta subseção considera a análise de eficiência com a possibilidade de congestionamentos na produção. A identificação do congestionamento indesejável (UC) é importante para evitar um aumento nos custos e uma falta de capacidade produtiva no país. Já a identificação do congestionamento desejável (DC) é fundamental em termos de crescimento sustentável, no qual a inovação de ecotecnologia pode efetivamente reduzir a quantidade de vários tipos de poluentes.

A ocorrência de UC é um fenômeno no qual um aumento em alguns insumos diminui alguns produtos desejados, mas mantém, ou mesmo amplia, os resultados indesejados. A expectativa é que um aumento nos insumos leve a um aumento em

alguns componentes de vetores de saída desejáveis e indesejáveis. Tal ocorrência de UC pode ser encontrada nas diversas atividades econômicas de um país (agricultura, indústria e serviços). O quadro A.1 (apêndice A) apresenta a análise dos países considerando a possibilidade de UC, com a classificação desta UC (fraca e forte), quando de sua ocorrência.

Observa-se que a maioria dos países exibem a condição de UC forte (77,1% ou 84 países), indicando que tais nações podem enfrentar a ocorrência de um limite de capacidade na produção. Características geográficas e níveis de desenvolvimento econômico não influenciam o fato de o país apresentar ou não UC; ademais, não há países que apresentam UC fraca. A presença de UC pode tornar-se um sério empecilho à alocação eficiente dos insumos no processo produtivo.

Já a possibilidade de ocorrência de DC se dá quando um aumento em alguns insumos diminui alguns resultados indesejados, sem prejudicar a produção dos bens e serviços desejáveis. A ocorrência de DC somente é possível devido à inovação em ecotecnologia. O quadro A.1 (apêndice A) apresenta a análise dos países considerando a possibilidade de DC, com a classificação desta DC (fraca e forte), quando de sua ocorrência.

A condição de DC é encontrada em um número limitado de países, se comparada à UC: dois países (China e Tanzânia) exibem a possibilidade de DC fraca e vinte países²³ apresentam a condição de DC forte.

Ao analisar os países com possibilidade de congestionamento desejável é possível realizar, de maneira geral, duas constatações. Primeiramente, esses países apresentam baixa produtividade energética ($PIB/energia$) e, conseqüentemente, reduzida razão PIB/CO_2 – visto que o consumo de energia é essencial para o setor produtivo dos países e esse consumo é responsável por parte considerável das emissões de dióxido de carbono (CO_2) e outros gases poluentes –, tal como evidenciado por diversos estudos empíricos, como Quadrelli e Peterson (2007), Halicioglu (2009) e Nejat *et al.* (2015). Observa-se, também, um valor alto na razão entre os insumos consumo de energia e formação bruta de capital fixo ($energia/FBCF$) para as nações pertencentes a esse grupo, indicando que os investimentos produtivos, inclusive em tecnologias poupadoras de energia, podem estar aquém do desejado.

Dessa forma, faz-se plausível indicar que o aumento do insumo FBCF, especialmente em tecnologias limpas para matriz energética, ampliaria a produtividade e a qualidade ambiental da energia. Por conseguinte, reduzir-se-iam as emissões de CO_2 e outros poluentes, tipificando o conceito de congestionamento desejável. Ademais, o acréscimo da FBCF poderia ocasionar a elevação do PIB

23. África do Sul, Austrália, Bahrain, Bósnia e Herzegovina, Canadá, Coreia do Sul, Costa do Marfim, Estônia, Finlândia, Gabão, Gana, Geórgia, Moçambique, Moldávia, Nepal, Omã, Quirguistão, Togo, Ucrânia e Zimbábue.

e seus resultados, fazendo com que os países com DC forte alcançassem tanto a sustentabilidade econômica quanto a ambiental.

Contudo, cabe ressaltar que não é tão simples, principalmente para os países mais pobres, ampliar o estoque de capital. Apesar disso, políticas globais de mitigação dos efeitos danosos ao meio ambiente, através de investimentos globais em matrizes energéticas limpas, podem ser uma alternativa para que os benefícios do congestionamento desejável sejam efetivamente alcançados.

Entre os países com possibilidade de congestionamento desejável, apesar da indicação de DC fraca, destaca-se a China. Mesmo apresentando desafios internos para alcançar a sustentabilidade ambiental, tal como o interesse em manter elevado o crescimento econômico, o governo despende cada vez mais esforços para mitigar as elevadas taxas de emissão de gases do efeito estufa. Nesse sentido, os chineses agem em duas frentes: doméstica e internacional. Na primeira esfera, as estratégias ambientais traçam desde nortes mais gerais, como a adoção do desenvolvimento sustentável como orientação-chave, até objetivos mais específicos, tais como a Campanha Nacional de Arborização e o desenvolvimento de energias renováveis e de baixo carbono (Moreira e Ribeiro, 2016). No plano externo, a participação em encontros e conferências globais e a aderência às metas propostas demonstram a importância atribuída pelos chineses à ordem ambiental internacional para conter as mudanças climáticas (Moreira e Ribeiro, 2016). Além disso, o desenvolvimento do sistema de comércio de emissões de carbono, iniciado em 2011, e de projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) pelas autoridades chinesas podem estar contribuindo para que o país alcance novos patamares de sustentabilidade ambiental (Vital, 2018).

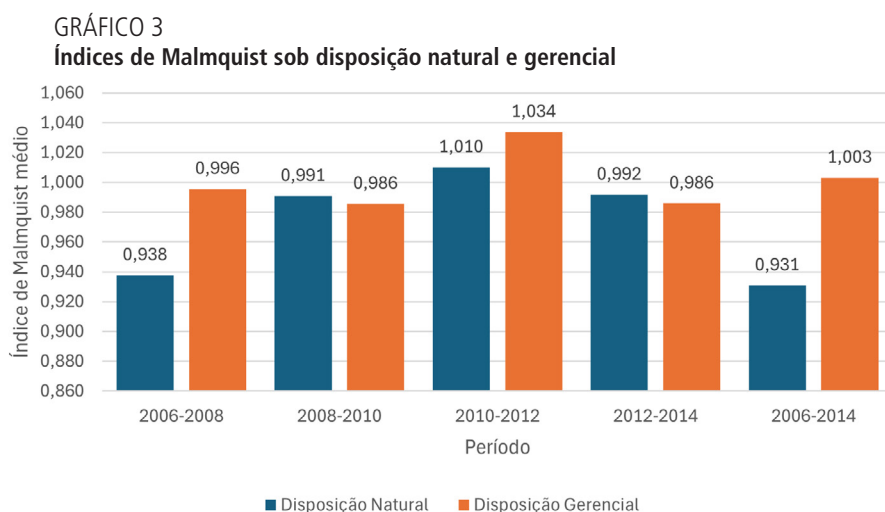
Como resultado desses esforços, em 2014, apesar da alta taxa de poluição, as emissões de CO₂ foram estabilizadas (WEF, 2014), expondo que a China, embora seja um país com desafios internos (grandes dimensões territorial, populacional e econômica), busca a sustentabilidade ambiental, configurando-se como uma nação com potencial de congestionamento desejável.

No que se refere aos efeitos de congestionamento, o Brasil apresentou UC forte, sem indicação de DC. Esse resultado sugere que o país sofre com a má alocação ou uso excessivo de insumos ou fatores associados à produção de desempenhos ambientais indesejados, como as emissões de CO₂. Em outras palavras, a presença de UC forte indica que, dadas as condições tecnológicas, o Brasil poderia produzir os mesmos níveis de produto desejável com menos emissão de poluentes, caso alocasse de forma mais eficiente seus recursos produtivos. Esse tipo de ineficiência tende a refletir falhas em políticas ambientais, incentivos distorcidos ou baixa integração entre crescimento econômico e sustentabilidade.

Ao se comparar com países emergentes que também exibiram UC forte, como Índia, Indonésia e África do Sul, observa-se um padrão de congestionamento ambiental comum entre economias em desenvolvimento que enfrentam pressões simultâneas por crescimento e controle ambiental. A ausência de DC no caso brasileiro, contudo, sugere que não há evidências de uso ineficiente dos fatores no que diz respeito à produção do produto desejável (PIB), o que reforça a interpretação de que a ineficiência observada se concentra sobretudo na dimensão ambiental. Esses resultados trazem implicações importantes para a formulação de políticas públicas, ao apontar que ganhos de eficiência ambiental são possíveis mesmo sem comprometer o desempenho econômico, desde que se reduza o grau de congestionamento indesejável.

4.3 Análise temporal da eficiência unificada

A análise temporal da eficiência unificada, com base no índice de Malmquist, permite investigar a dinâmica do desempenho econômico e ambiental dos países ao longo do tempo. Ao considerar as disposições natural e gerencial, é possível identificar os fatores que impulsionam ganhos ou perdas de eficiência em distintos contextos institucionais e estruturais. Essa abordagem oferece uma perspectiva abrangente sobre a sustentabilidade, ao combinar elementos relacionados à capacidade de crescimento econômico com aqueles voltados à mitigação dos impactos ambientais. O gráfico 3 apresenta os principais resultados obtidos para o período de 2006 a 2014.

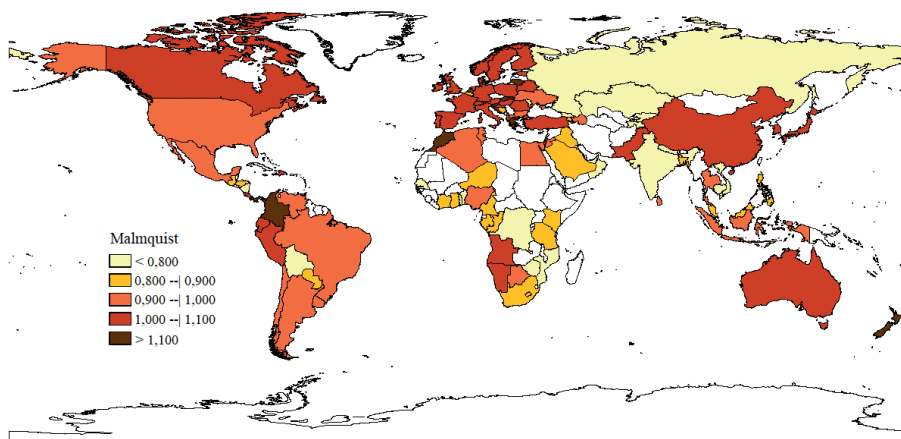


Uma variação positiva do índice de Malmquist, sob disponibilidade natural, indica um potencial de crescimento econômico. Enquanto isso, uma mudança de índice sob disponibilidade gerencial implica um potencial de prevenção nos danos ambientais. Ambas as medidas, combinadas, implicam um potencial total sobre como alcançar o nível mais alto de sustentabilidade.

A tabela A.1 (apêndice A) resume os índices de Malmquist dos 109 países sob disposição natural. Verifica-se que os ganhos de eficiência ($IN_z^t > 1$), sob disposição natural (figura 1), são encontrados em países de todos os continentes, apesar de a maior concentração estar na Europa. Já as perdas de eficiência ($IN_z^t < 1$) estão concentradas nos países asiáticos e africanos.

FIGURA 1

Índices de Malmquist dos 109 países sob disposição natural (2006-2014)



Elaboração dos autores.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

Observa-se, ainda, que os ganhos/perdas de eficiência, mensurados pelo índice de Malmquist, não apresentam relações diretas com o crescimento econômico dos países (variação do PIB) nem com as variações das emissões nos períodos. Contudo, pode-se verificar que os países que apresentaram as maiores perdas de eficiência apresentam, também, baixos indicadores de competitividade global (WEF, 2014), principalmente em subíndices relacionados a fatores de inovação.

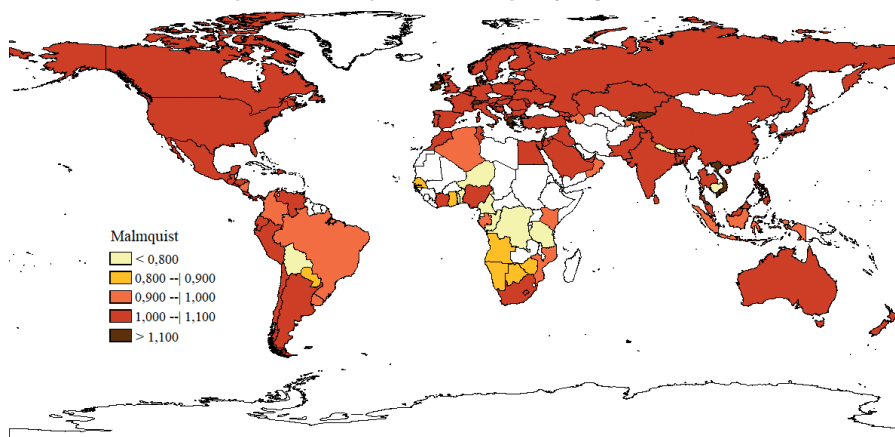
No período pesquisado neste trabalho (2006-2014), o índice de Malmquist médio, sob disposição natural foi de 0,931, indicando perda de eficiência unificada global. Tal redução deve-se, principalmente, ao período 2006-2008, que apresentou indicador médio de 0,938, justificado pelos problemas enfrentados em decorrência da crise econômica mundial, iniciada em 2007 e que se estendeu por todo o ano de 2008. O único período que apresentou ganhos de eficiência foi entre 2010 e

2012 (1,010). Já o país que apresentou maior ganho de eficiência, sob disposição natural, foi o Panamá, com ganho de 21,5% entre 2006 e 2014; enquanto a maior perda foi auferida pelo Cazaquistão (0,621 ou perda de 37,9%).

O Panamá é considerado um dos países mais competitivos da América Latina, possuindo boas infraestruturas de transporte, financeira e tecnológica, especialmente através de investimentos de empresas multinacionais estrangeiras estabelecidas no país (WEF, 2014). Entre 2006 e 2014, o PIB *per capita* panamenho foi superior à média latino-americana e caribenha, o PIB total mais que dobrou e o volume de emissões de CO₂ variou menos que 40% entre os anos analisados, corroborando os ganhos de eficiência auferidos nesse período. Em contrapartida, no Cazaquistão, a razão entre crescimento das emissões e evolução do PIB é muito superior ao caso do Panamá, principalmente pelo fato de a matriz energética do país ser baseada quase totalmente em combustíveis fósseis (carvão, gás natural e petróleo) e apenas 1,1% em energias renováveis. Ademais, o país apresenta baixos indicadores de inovação (WEF, 2014) que, conjugados com as outras características já mencionadas, justificam as consideráveis perdas de eficiência no período de 2006 a 2014.

Ao considerar o índice de Malmquist (2006-2014) dos países sob disposição gerencial (figura 2), observa-se que os ganhos de eficiência ($IM_z^t > 1$), entre 2006 e 2014, são mais presentes nos países estudados, ao comparar com o modelo sob disposição natural. Esses ganhos apresentam-se em um período em que a questão ambiental está em evidência no cenário internacional, com o pleno vigor do Protocolo de Quioto (1997) e o Acordo Climático Global proposto na Conferência de Bali (2007). Tais acordos estabeleciam a implementação de financiamentos e fundos de investimentos em medidas ambientais e transferência de tecnologia entre nações, garantindo ganhos de ecotecnologias que podem ter influenciado os resultados do índice de Malmquist já no curto prazo. Todos os índices de Malmquist dos 109 países calculados sob disposição gerencial encontram-se resumidos na tabela A.2 do apêndice A.

FIGURA 2
Índices de Malmquist dos 109 países sob disposição gerencial (2006-2014)



Elaboração dos autores.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

O índice de Malmquist médio, sob disposição gerencial, indica estabilidade no período 2006-2014 (1,003). Essa ligeira estabilidade pode ser observada em todos os períodos (2006-2008: 0,996; 2008-2010: 0,986; 2012-2014: 0,986), com exceção do período entre 2010 e 2012, que apresentou indicador médio de 1,034.

O país que apresentou maior ganho de eficiência, sob disposição gerencial, entre 2006 e 2014, foi a Suíça (1,206 ou ganho de 20,6%), ao passo que a maior perda foi auferida pelo Congo (0,629 ou perda de 37,1%). A Suíça faz altos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, possui centros de pesquisa conceituados e cooperados com o mercado, tornando-se um dos países que mais inovam no mundo. Tais fatores, aliados a um elevado nível de capital humano, garantem ganhos de produtividade, principalmente em setores de elevado valor agregado, definindo a Suíça como líder no Índice de Competitividade Global (WEF, 2014) durante todo o período compreendido neste estudo. Todas essas características, somadas a instituições sólidas e preocupadas com a sustentabilidade, projetam e justificam os ganhos de eficiência unificada da Suíça mensurados neste trabalho.

Já o Congo, um dos países com mais recursos naturais do continente africano, tem a sua economia baseada na agricultura, no petróleo e nos recursos florestais. Diante de problemas de escassez de água salubre, conflitos internos entre milícias armadas e dos altos índices de desigualdade socioeconômica, é complicada a gestão exploratória dos recursos naturais congolezes, principalmente os florestais. Tais fatores podem não ser observados ao realizar uma análise da eficiência em um dado período, mas refletem consideravelmente na evolução da eficiência do país ao longo dos anos, como pode ser observado nos resultados apresentados neste trabalho.

A análise temporal indica que parte considerável dos países alcançaram ganhos de eficiência em seus desempenhos econômico (45 países) e ambiental (79 países) no período de 2006 a 2014. Contudo, tais ganhos foram baixos, o que, somado às perdas significativas experimentadas pelos demais países, resultaram em perda de eficiência global sob disposição natural e estabilidade da eficiência global sob disposição gerencial. Dessa forma, os países devem analisar a existência de fatores conjunturais que possam estar impedindo ganhos de eficiência ao longo dos anos. Ademais, é papel dos fóruns globais o estabelecimento de estratégias que possam alavancar os ganhos de eficiência global, principalmente de caráter ambiental. A difusão de ecotecnologias para regiões mais pobres, por exemplo, pode ser uma alternativa interessante para o planejamento sustentável global.

De forma geral, os resultados evidenciam que, embora haja iniciativas pontuais voltadas à sustentabilidade produtiva e ambiental, o avanço da eficiência unificada global permanece limitado. A predominância de congestionamentos indesejáveis em contraste com a baixa ocorrência de congestionamentos desejáveis revela gargalos significativos na adoção e difusão de ecotecnologias, especialmente nos países com baixa produtividade energética e limitado investimento em capital fixo. A análise temporal reforça esse diagnóstico ao apontar estabilidade ou retrocesso na eficiência em muitos países, particularmente sob disposição natural.

Ainda que acordos internacionais e políticas de sustentabilidade tenham promovido avanços em determinadas nações, os dados mostram que os ganhos permanecem concentrados em países com maior capacidade de inovação e infraestrutura institucional consolidada. Esses resultados reforçam a necessidade de ações coordenadas – nacionais e globais – que promovam a transferência de tecnologias limpas e o fortalecimento das capacidades produtivas sustentáveis, como estratégia para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos de forma mais equitativa e eficaz.

No caso brasileiro, em específico, os resultados revelam uma trajetória marcada por oscilações na eficiência unificada ao longo dos subperíodos analisados. Entre 2006 e 2008, o país apresentou desempenho superior sob a disposição gerencial (1,0253), contrastando com um índice inferior na disposição natural (0,9531). Esse comportamento sugere uma conjuntura favorável à expansão do vetor de entradas com ganhos simultâneos de desempenho ambiental, o que pode estar associado ao dinamismo econômico do período, à ampliação do investimento público e à atuação de instituições ambientais no controle de externalidades, especialmente no contexto amazônico. Além disso, a valorização internacional de agendas sustentáveis nesse intervalo reforçou incentivos à adoção de práticas produtivas mais limpas.

Essa dinâmica, no entanto, se inverte no biênio seguinte (2008-2010), quando o índice sob disposição natural atinge 1,0364, ao passo que o gerencial recua para

0,9684. Esse padrão sinaliza uma priorização da eficiência técnica em detrimento do desempenho ambiental unificado, possivelmente em resposta às estratégias anticíclicas, adotadas após a crise financeira global, centradas no estímulo à produção e ao consumo. Nos dois biênios seguintes (2010-2012 e 2012-2014), os índices se aproximaram da estagnação, com valores ligeiramente inferiores a 1, embora o resultado do último biênio da disposição gerencial (1,0007) supere marginalmente o da disposição natural (0,9963), sugerindo um pequeno avanço na incorporação de tecnologias com menor impacto ambiental.

No acumulado de 2006 a 2014, o Brasil apresentou desempenho inferior à fronteira de eficiência sob ambas as disposições, com destaque negativo para a gerencial (0,9432). Esses resultados refletem limitações estruturais para a consolidação de um padrão de desenvolvimento produtivo compatível com metas ambientais. A desaceleração econômica após 2011, a fragmentação institucional, o baixo investimento em inovação tecnológica e o aumento das incertezas políticas a partir de 2013 configuram um ambiente adverso à difusão de ecotecnologias e à coordenação intersetorial. Em contraste com países que avançaram na integração entre política industrial e sustentabilidade ambiental, como Alemanha, Coreia do Sul e China, o Brasil manteve uma trajetória marcada por descontinuidade estratégica e baixa articulação institucional, o que comprometeu seu desempenho relativo no período.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo principal avaliar a eficiência unificada de 109 países, considerando simultaneamente o desempenho econômico e ambiental, por meio da aplicação da metodologia DEA com extensões que incorporam *outputs* desejáveis e indesejáveis. A análise incluiu a identificação de possíveis congestionamentos nos processos produtivos sob duas perspectivas distintas – disposição natural e disposição gerencial –, além da avaliação da dinâmica temporal da eficiência no período de 2006 a 2014, com base no índice de Malmquist.

A principal contribuição original do trabalho reside na integração inédita dessas três dimensões – eficiência produtiva, ambiental e dinâmica temporal – em escala global, oferecendo uma estrutura metodológica robusta para mensuração da ecoeficiência nacional sob múltiplas disposições. Ao aplicar simultaneamente modelos DEA adaptados, análise de congestionamentos e o índice de Malmquist, o estudo amplia a fronteira empírica e analítica da literatura sobre sustentabilidade produtiva.

Os resultados indicaram a predominância do congestionamento indesejável na maior parte dos países analisados, sinalizando ineficiências associadas à emissão excessiva de poluentes. Em contrapartida, o congestionamento desejável – que

indica maior ecoeficiência, com redução simultânea de emissões e aumento de produtos – foi identificado em um número restrito de nações. Observou-se, ainda, que fatores como localização geográfica ou nível de desenvolvimento econômico não explicam diretamente a ocorrência de congestionamentos, sugerindo que as estruturas produtivas e o padrão de uso da energia são determinantes mais relevantes. Países com baixa produtividade energética e fraca relação entre capital fixo e consumo energético apresentaram maiores desafios nesse quesito, o que aponta para a necessidade de investimentos consistentes em ecotecnologias e em matrizes energéticas mais eficientes.

Do ponto de vista temporal, os resultados do índice de Malmquist revelaram estagnação na eficiência unificada ao longo do período analisado, mesmo com o aumento dos debates globais sobre mudanças climáticas. Perdas de eficiência foram mais frequentes em países africanos e asiáticos sob a disposição natural. Além disso, verificou-se uma associação entre perdas de eficiência e baixos níveis de inovação e competitividade global, evidenciando a importância de políticas que promovam infraestrutura sustentável e avanços tecnológicos.

Particularmente no caso brasileiro, observou-se a presença de congestionamento indesejável e ausência de congestionamento desejável, além de desempenho inferior à fronteira de eficiência sob ambas as disposições. Esses resultados indicam limitações estruturais para alcançar uma trajetória de desenvolvimento produtivo e ambientalmente eficiente, revelando uma baixa articulação entre política industrial e sustentabilidade. Tais achados reforçam a necessidade de medidas específicas de política pública voltadas à modernização da matriz produtiva, à promoção de ecotecnologias e à maior integração entre desempenho econômico e mitigação de impactos ambientais.

As contribuições do estudo são relevantes tanto no plano teórico quanto no prático. Do ponto de vista acadêmico, o trabalho avança na literatura ao aplicar a DEA em um contexto agregado internacional, introduzindo variáveis ambientais na mensuração da eficiência. Praticamente, os achados oferecem subsídios para a formulação de políticas públicas, sugerindo que o alcance da fronteira de eficiência por meio da adoção de ecotecnologias possa gerar benefícios econômicos e ambientais expressivos. Tais resultados reforçam o papel estratégico de investimentos em tecnologias limpas e inovação verde, sobretudo por parte das economias mais desenvolvidas, cuja liderança na difusão tecnológica é essencial para enfrentar os desafios das mudanças climáticas.

Contudo, o estudo apresenta algumas limitações. As análises foram realizadas com base em dados agregados por país, o que limita a identificação de especificidades setoriais ou regionais. Adicionalmente, a base de dados internacional apresentou lacunas e inconsistências que exigiram ajustes e exclusões, o que pode

afetar a comparabilidade entre países. O intervalo temporal restrito (2006-2014) também não permite capturar evoluções recentes no campo da sustentabilidade e da inovação ambiental.

Como proposta de pesquisas futuras, sugere-se a ampliação da série temporal analisada, bem como a realização de estudos em nível setorial e subnacional. Investigações que combinem a abordagem da DEA com outros métodos analíticos, como regressões espaciais ou modelos hierárquicos, podem oferecer *insights* mais detalhados sobre os determinantes da ecoeficiência. Além disso, análises que integrem dados sobre políticas públicas, incentivos à inovação e características institucionais podem aprofundar a compreensão sobre os fatores que impulsionam – ou dificultam – a transição para uma economia mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- BANKER, R. D.; ZHENG, Z. E.; NATARAJAN, R. DEA-based hypothesis tests for comparing two groups of decision making units. **European Journal of Operation Research**, v. 206, n. 1, p. 231-238, 2010. DOI: 10.1016/j.ejor.2010.01.027.
- CAIADO, R. G. G. *et al.* Towards sustainable development through the perspective of eco-efficiency: a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 165, p. 890-904, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.07.166.
- CHEN, L.; WANG, Y.-M.; WANG, L. Congestion measurement under different policy objectives: an analysis of Chinese industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, parte 4, p. 2943-2952, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.09.064.
- CHISTOV, V.; ARAMBURU, N.; CARRILLO-HERMOSILLA, J. Open eco-innovation: a bibliometric review of emerging research. **Journal of Cleaner Production**, v. 311, p. 127627, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.127627.
- COELLI, T. J. *et al.* **An introduction to efficiency and productivity analysis**. 2. ed. Nova York: Springer, 2005. 349 p. DOI: 10.1007/b136381.
- COOPER, W. W. *et al.* Congestion: its identification and management with DEA. In: COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. (ed.). **Handbook on Data Envelopment Analysis**. 2. ed. Nova York: Spring, 2011. p. 173-193. DOI: 10.1007/978-1-4419-6151-8.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. (ed.). **Handbook on Data Envelopment Analysis**. 2. ed. Nova York: Springer, 2011. 498 p. DOI: 10.1007/978-1-4419-6151-8.
- FABRIZI, A.; GUARINI, G.; MELICIANI, V. Green patents, regulatory policies and research network policies. **Research Policy**, v. 47, n. 6, p. 1018-1031, 2018. DOI: 10.1016/j.respol.2018.03.005.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**: series A, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957. DOI: 10.2307/2343100.

FERNANDES, L. J. M.; FREITAS, L. S. de. Da produtividade à produtividade verde: reflexões sobre a evolução conceitual rumo à sustentabilidade. **Revista Espacios**, v. 35, n. 13, 2014.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2020. 392 p.

GEORGESCU-ROEGEN, N. The entropy law and the economic process in retrospect. **Eastern Economic Journal**, v. 12, n. 1, p. 3-25, 1986.

GHISETTI, C.; PONTONI, F. Investigating policy and R&D effects on environmental innovation: a meta-analysis. **Ecological Economics**, v. 118, p. 57-66, 2015. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2015.07.009.

GOTO, M.; OTSUKA, A.; SUEYOSHI, T. DEA (Data Envelopment Analysis) assessment of operational and environmental efficiencies on Japanese regional industries. **Energy**, v. 66, p. 535-549, 2014. DOI: 10.1016/j.energy.2013.12.020.

HALICIOGLU, F. An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. **Energy Policy**, v. 37, n. 3, p. 1156-1164, 2009. DOI: 10.1016/j.enpol.2008.11.012.

HOJNIK, J.; RUZZIER, M. What drives eco-innovation? A review of an emerging literature. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 19, p. 31-41, 2016. DOI: 10.1016/j.eist.2015.09.006.

JANAHI, N. A.; DURUGBO, C. M.; AL-JAYYOUSI, O. R. Eco-innovation strategy in manufacturing: a systematic review. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 5, p. 100343, 2021. DOI: 10.1016/j.clet.2021.100343.

JOLLANDS, N. Concepts of efficiency in ecological economics: Sisyphus and the decision maker. **Ecological Economics**, v. 56, n. 3, p. 359-372, 2006. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2005.09.014.

KEMP, R.; PEARSON, P. **Final report MEI project about measuring eco-innovation**. Maastricht: UM-MERIT, 2007. (Project n. 044513 – Measuring eco-innovation).

KOELLER, P. *et al.* **Ecoinovação: revisitando o conceito**. Rio de Janeiro: Ipea, 2020. (Texto para Discussão, n. 2556).

KUOSMANEN, T.; KORTELAJINEN, M. Measuring eco-efficiency of production with data envelopment analysis. **Journal of Industrial Ecology**, v. 9, n. 4, p. 59-72, 2005. DOI: 10.1162/108819805775247846.

LEI, M. *et al.* DEA analysis of FDI attractiveness for sustainable development: evidence from Chinese provinces. **Decision Support Systems**, v. 56, p. 406-418, 2013. DOI: 10.1016/j.dss.2012.10.053

MARDANI, A. *et al.* A comprehensive review of Data Envelopment Analysis (DEA) approach in energy efficiency. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, p. 1298-1322, 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2016.12.030.

MARDANI, A. *et al.* Data Envelopment Analysis in energy and environmental economics: an overview of the state-of-the-art and recent development trends. **Energies**, v. 11, n. 8 (2002), p. 1-21, 2018. DOI: 10.3390/en11082002.

MIRANDA, C. R.; KOELLER, P.; LUSTOSA, M. C. J. **EcoInovação no Brasil: o desempenho das empresas brasileiras no período 2000-2017**. Brasília: Ipea, 2023. (Texto para Discussão, n. 2892).

MOHANTY, R. P.; DESHMUKH, S. G. Managing green productivity: a case study. **Work Study**, v. 48, n. 5, p. 165-169, 1999. DOI: 10.1108/00438029910279402.

MOREIRA, H. M.; RIBEIRO, W. C. A China na ordem ambiental internacional das mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 87, p. 213-233, 2016. DOI: 10.1590/S0103-40142016.30870013.

NEJAT, P. *et al.* A global review of energy consumption, CO₂ emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO₂ emitting countries). **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p. 843-862, 2015. DOI: 10.1016/j.rser.2014.11.066.

PALMER, K.; OATES, W. E.; PORTNEY, P. R. Tightening environmental standards: the benefit-cost or the no-cost paradigm. **Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 4, p. 119-132, 1995. DOI: 10.1257/jep.9.4.119.

PORTER, M. E.; LINDE, C. van der. Toward a new conception of the environment competitiveness relationship. **Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 4, p. 97-118, 1995. DOI: 10.1257/jep.9.4.97.

QUADRELLI, R.; PETERSON, S. The energy-climate challenge: recent trends in CO₂ emissions from fuel combustion. **Energy Policy**, v. 35, n. 11, p. 5938-5952, 2007. DOI: 10.1016/j.enpol.2007.07.001.

RAY, S. C. **Data Envelopment Analysis: theory and techniques for economics and operations research**. Cambridge, Estados Unidos: Cambridge University Press, 2004. 361 p.

RIPPLE, W. J. *et al.* World scientists' warning to humanity: a second notice. **BioScience**, v. 67, n. 12, p. 1026-1028, 2017. DOI: 10.1093/biosci/bix125.

SALLES, A. C. *et al.* Tecnologia da informação verde: um estudo sobre sua adoção nas organizações. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 20, n. 1, p. 41-63, 2016. DOI: 10.1590/1982-7849rac20161887.

SANTOS, M. A. F. dos; SANTOS, E. C. dos; MAIA, M. de F. R. Produtividade e inovação ambiental: uma análise da indústria de transformação em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 22, e023003, 2023. DOI: 10.20396/rbi.v22i00.8667755.

SIMPSON, R. D.; BRADFORD, R. L. Taxing variable cost: environmental regulation as industrial policy. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 30, n. 3, p. 282-300, 1996. DOI: 10.1006/jeem.1996.0019.

SOUSA, M. C. S.; STOSIC, B. Jackstrapping DEA scores for robust efficiency measurement. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMETRIA, 20., 2003, Porto Seguro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: SBE, 2003.

SOUSA, M. C. S.; STOSIC, B. Technical efficiency of the Brazilian municipalities: correcting nonparametric frontier measurements for outliers. **Journal of Productivity Analysis**, v. 24, n. 2, p. 155-179, 2005. DOI: 10.1007/s11123-005-4702-4.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Can environmental investment and expenditure enhance financial performance of US electric utility firms under the clean air act amendment of 1990? **Energy Policy**, v. 37, n. 11, p. 4819-4826, 2009. DOI: 10.1016/j.enpol.2009.06.038.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Should the US Clean Air Act include CO₂ emission control? Examination by data envelopment analysis. **Energy Policy**, v. 38, n. 10, p. 5902-5911, 2010. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.05.044.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Operational synergy in the electric utility industry under the influence of US deregulation policy: a linkage to financial performance and corporate value. **Energy Policy**, v. 39, n. 2, p. 699-713, 2011a. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.10.043.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. DEA approach for unified efficiency measurement: assessment of Japanese fossil fuel power generation. **Energy Economics**, v. 33, n. 2, p. 292-303, 2011b. DOI: 10.1016/j.eneco.2010.07.008.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Data envelopment analysis for environmental assessment: comparison between public and private ownership in petroleum industry. **European Journal of Operational Research**, v. 216, n. 3, p. 668-678, 2012a. DOI: 10.1016/j.ejor.2011.07.046.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. DEA radial measurement for environmental assessment and planning: desirable procedures to evaluate fossil fuel power plants. **Energy Policy**, v. 41, p. 422-432, 2012b. DOI: 10.1016/j.enpol.2011.11.003.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Returns to scale and damages to scale under natural and managerial disposability: strategy, efficiency and competitiveness of petroleum firms. **Energy Economics**, v. 34, n. 3, p. 645-662, 2012c. DOI: 10.1016/j.eneco.2011.07.003.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Environmental assessment by DEA radial measurement: U.S. coal-fired power plants in ISO (Independent System Operator) and RTO (Regional Transmission Organization). **Energy Economics**, v. 34, n. 3, p. 663-676, 2012d. DOI: 10.1016/j.eneco.2011.08.016.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. DEA environmental assessment of coal fired power plants: methodological comparison between radial and non-radial models. **Energy Economics**, v. 34, n. 6, p. 1854-1863, 2012e. DOI: 10.1016/j.eneco.2012.07.008.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Weak and strong disposability *vs.* natural and managerial disposability in DEA environmental assessment: comparison between Japanese electric power industry and manufacturing industries. **Energy Economics**, v. 34, n. 3, p. 686-699, 2012f. DOI: 10.1016/j.eneco.2011.10.018.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. DEA environmental assessment in a time horizon: Malmquist index on fuel mix, electricity and CO₂ of industrial nations. **Energy Economics**, v. 40, p. 370-382, 2013a. DOI: 10.1016/j.eneco.2013.07.013.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Pitfalls and remedies in DEA applications: how to handle an occurrence of zero in multipliers by strong complementary slackness conditions. **Engineering**, v. 5, n. 5, p. 29-34, 2013b. DOI: 10.4236/eng.2013.55A005.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Environmental assessment on coal-fired power plants in U.S. north-east region by DEA non-radial measurement. **Energy Economics**, v. 50, p. 125-139, 2015a. DOI: 10.1016/j.eneco.2015.04.016.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. DEA environmental assessment in time horizon: radial approach for Malmquist index measurement on petroleum companies. **Energy Economics**, v. 51, p. 329-345, 2015b. DOI: 10.1016/j.eneco.2015.07.010.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Japanese fuel mix strategy after disaster of Fukushima Daiichi nuclear power plant: lessons from international comparison among industrial nations measured by DEA environmental assessment in time horizon. **Energy Economics**, v. 52, parte A, p. 87-103, 2015c. DOI: 10.1016/j.eneco.2015.09.001.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Undesirable congestion under natural disposability and desirable congestion under managerial disposability in U.S. electric power industry measured by DEA environmental assessment. **Energy Economics**, v. 55, p. 173-188, 2016. DOI: 10.1016/j.eneco.2016.01.004.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. **Environmental assessment on energy and sustainability by data envelopment analysis**. Oxford: John Wiley & Sons, 2018. 700 p.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M.; SUGIYAMA, M. DEA window analysis for environmental assessment in a dynamic time shift: performance assessment of U.S. coal-fired power plants. **Energy Economics**, v. 40, p. 845-857, 2013. DOI: 10.1016/j.eneco.2013.09.020.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M.; WANG, D. Malmquist index measurement for sustainability enhancement in Chinese municipalities and provinces. **Energy Economics**, v. 67, p. 554-571, 2017. DOI: 10.1016/j.eneco.2017.08.026.

SUEYOSHI, T.; LI, A.; GAO, Y. Sector sustainability on fossil fuel power plants across Chinese provinces: methodological comparison among radial, non-radial and intermediate approaches under group heterogeneity. **Journal of Cleaner Production**, v. 187, p. 819-829, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.216.

SUEYOSHI, T.; WANG, D. DEA environmental assessment on US petroleum industry: non-radial approach with translation invariance in time horizon. **Energy Economics**, v. 72, p. 276-289, 2018. DOI: 10.1016/j.eneco.2018.02.003.

SUEYOSHI, T.; YUAN, Y. Returns to damage under undesirable congestion and damages to return under desirable congestion measured by DEA environmental assessment with multiplier restriction: economic and energy planning for social sustainability in China. **Energy Economics**, v. 56, p. 288-309, 2016a. DOI: 10.1016/j.eneco.2016.02.014.

SUEYOSHI, T.; YUAN, Y. Marginal rate of transformation and rate of substitution measured by DEA environmental assessment: comparison among European and North American nations. **Energy Economics**, v. 56, p. 270-287, 2016b. DOI: 10.1016/j.eneco.2016.01.017.

SUEYOSHI, T.; YUAN, Y. Social sustainability measured by intermediate approach for DEA environmental assessment: Chinese regional planning for economic development and pollution prevention. **Energy Economics**, v. 66, p. 154-166, 2017. DOI: 10.1016/j.eneco.2017.06.008.

SUEYOSHI, T.; YUAN, Y. Measuring energy usage and sustainability development in Asian nations by DEA intermediate approach. **Journal of Economic Structures**, v. 7, n. 6, p. 1-18, 2018. DOI: 10.1186/s40008-017-0100-0.

SUEYOSHI, T.; YUAN, Y.; GOTO, M. A literature study for DEA applied to energy and environment. **Energy Economics**, v. 62, p. 104-124, 2017. DOI: 10.1016/j.eneco.2016.11.006.

VITAL, M. H. F. Aquecimento global: acordos internacionais, emissões de CO₂ e o surgimento dos mercados de carbono no mundo. **BNDES Setorial**, v. 24, n. 48, p. 167-244, 2018.

WBCSD – WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **A eco-eficiência: criar mais valor com menos impacto**. Lisboa: WBCSD, 2000. 36 p.

WEF – WORLD ECONOMIC FORUM. **The global competitiveness report 2014-2015**. Geneva: WEF, 2014. 549 p.

WU, J. *et al.* Congestion measurement for regional industries in China: a data envelopment analysis approach with undesirable outputs. **Energy Policy**, v. 57, p. 7-13, 2013. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.02.062.

WU, F.; ZHOU, P.; ZHOU, D. Q. Measuring energy congestion in Chinese industrial sectors: a slacks-based DEA approach. **Computational Economics**, v. 46, n. 3, p. 479-494, 2015. DOI: 10.1007/s10614-015-9499-2.

ZHOU, H. *et al.* Data envelopment analysis application in sustainability: the origins, development and future directions. **European Journal of Operational Research**, v. 264, n. 1, p. 1-16, 2018. DOI: 10.1016/j.ejor.2017.06.023.

ZHOU, P.; ANG, B. W.; HAN, J. Y. Total factor carbon emission performance: a Malmquist index analysis. **Energy Economics**, v. 32, n. 1, p. 194-201, 2010. DOI: 10.1016/j.eneco.2009.10.003.

APÊNDICE A

QUADRO A.1
Resultados das presenças de congestionamento indesejável e congestionamento desejável

Pais	UC	DC	Pais	UC	DC	Pais	UC	DC	Pais	UC	DC	UC	DC
África do Sul	Forte	Forte	Chipre	-	-	Índia	Forte	-	Peru	Forte	-	Forte	-
Albânia	-	-	Colômbia	Forte	-	Indonésia	Forte	-	Polónia	Forte	-	Forte	-
Alemanha	-	-	Congo	Forte	-	Iraque	Forte	-	Portugal	Forte	-	Forte	-
Angola	Forte	-	Coreia do Sul	Forte	Forte	Irlanda	Forte	-	Quênia	Forte	-	Forte	-
Arábia Saudita	-	-	Costa do Marfim	-	Forte	Israel	Forte	-	Quirguistão	Forte	Forte	Forte	Forte
Argélia	-	-	Costa Rica	-	-	Itália	Forte	-	Reino Unido	Forte	-	Forte	-
Argentina	Forte	-	Croácia	-	-	Jamaica	Forte	-	República Democrática do Congo	Forte	-	Forte	-
Armênia	Forte	-	Dinamarca	Forte	-	Japão	Forte	-	República Dominicana	Forte	-	Forte	-
Austrália	Forte	Forte	Egito	Forte	-	Jordânia	Forte	-	Romênia	Forte	-	Forte	-
Áustria	-	-	El Salvador	Forte	-	Lituânia	-	-	Rússia	Forte	-	Forte	-
Azerbaijão	-	-	Emirados Árabes Unidos	Forte	-	Luxemburgo	-	-	Senegal	Forte	-	Forte	-
Bahrain	Forte	Forte	Equador	Forte	-	Macedônia	Forte	-	Sri Lanka	Forte	-	Forte	-
Bangladesh	Forte	-	Eslôvaquia	Forte	-	Malásia	Forte	-	Suécia	Forte	-	Forte	-
Belarus	Forte	-	Eslôvênia	-	-	Marrocos	Forte	-	Suíça	Forte	-	Forte	-
Bélgica	Forte	-	Espanha	Forte	-	México	-	-	Taiândia	Forte	-	Forte	-

(Continua)

(Continuação)

País	UC	DC	País	UC	DC	País	UC	DC	País	UC	DC
Benin	Forte	-	Estados Unidos	Forte	-	Moçambique	Forte	Forte	Taiquistão	Forte	-
Bolívia	Forte	-	Estônia	Forte	Forte	Moldávia	-	Forte	Tanzânia	Forte	Fraca
Bósnia e Herzegovina	Forte	Forte	Filipinas	Forte	-	Namíbia	Forte	-	Togo	-	Forte
Botsuana	Forte	-	Finlândia	-	Forte	Nepal	Forte	Forte	Tunísia	Forte	-
Brasil	Forte	-	França	-	-	Nicarágua	-	-	Turquia	Forte	-
Brunei	Forte	-	Gabão	Forte	Forte	Níger	Forte	-	Ucrânia	Forte	Forte
Bulgária	Forte	-	Gana	Forte	Forte	Nigéria	Forte	-	Uruguai	Forte	-
Camarões	Forte	-	Geórgia	-	Forte	Noruega	Forte	-	Venezuela	-	-
Camboja	Forte	-	Grécia	Forte	-	Nova Zelândia	Forte	-	Vietnã	Forte	-
Canadá	Forte	Forte	Guatemala	Forte	-	Omã	-	Forte	Zimbábue	Forte	Forte
Cazaquistão	Forte	-	Holanda	Forte	-	Panamá	-	-			
Chile	-	-	Honduras	-	-	Paquistão	Forte	-			
China	Forte	Fraca	Hungria	Forte	-	Paraguai	Forte	-			

Elaboração dos autores.
Obs.: UC – congestionamento indesejável; e DC – congestionamento desejável.

TABELA A.1
Índice de Malmquist dos países, em diferentes períodos, sob disposição natural

País	2006-2008	2008-2010	2010-2012	2012-2014	2006-2014	País	2006-2008	2008-2010	2010-2012	2012-2014	2006-2014
África do Sul	0,8291	0,9922	1,0555	1,0477	0,8814	Hungria	0,9227	1,1155	1,0550	0,9843	1,0750
Albânia	1,0255	1,0277	1,0237	1,0121	1,0108	Índia	0,8599	0,8800	0,9349	1,0071	0,7125
Alemanha	0,9596	1,0729	1,0293	1,0091	1,0563	Indonésia	0,8864	0,9686	1,0614	0,9863	0,9123
Angola	1,0188	1,0227	1,0557	1,0039	1,0532	Iraque	0,8943	0,9306	1,0020	0,9163	0,8369
Árabia Saudita	0,9119	0,9513	0,9752	0,9516	0,8049	Irlanda	1,0205	1,0577	1,0583	0,9956	1,0968
Argélia	0,9458	0,9711	1,0289	0,9789	0,9018	Israel	0,8912	1,1111	1,0541	0,9770	1,0638
Argentina	0,9445	1,0158	1,0332	0,9888	0,9618	Itália	1,0010	1,0478	1,0416	0,9955	1,0759
Armênia	1,0200	1,0277	0,9446	0,9677	0,8948	Jamaica	0,9088	1,0702	0,8520	0,9709	0,9224
Austrália	0,9476	0,9988	0,9903	1,0574	1,0238	Japão	0,9731	1,0299	1,0394	1,0650	1,0523
Áustria	0,9954	1,0321	1,0357	1,0116	1,0615	Jordânia	0,8420	1,0808	1,0101	1,0096	0,9282
Azerbaijão	0,9143	0,9533	0,9823	1,0019	0,9135	Lituânia	0,9196	1,1753	1,0197	0,9864	1,1188
Bahrain	0,7968	0,9656	0,9894	0,9958	0,7304	Luxemburgo	0,9672	1,0489	0,9355	1,1279	1,0614
Bangladesh	0,8963	0,8755	0,9112	0,9988	0,8089	Macedônia	0,8857	1,0009	0,9934	1,0341	0,9193
Belarus	0,8807	1,1462	1,0750	0,9920	1,0370	Malásia	0,9240	0,9564	1,0401	0,9559	0,8807
Bélgica	1,0237	1,0620	1,2160	0,7926	0,8786	Marrocos	1,0704	1,0406	1,0726	0,9947	1,1322
Benin	0,8406	0,7545	0,9714	0,8899	0,6364	México	0,9094	1,0133	1,0500	0,9840	0,9461
Bolívia	0,8740	1,0004	0,9556	0,9689	0,7922	Moçambique	0,9420	0,8876	0,9630	0,9427	0,7910
Bósnia e Herzegovina	0,7847	1,0708	0,9678	1,0123	0,8079	Moldávia	0,8807	0,9864	0,9215	0,9983	0,6894
Botsuana	0,9399	1,0153	1,0035	1,0045	0,9881	Namíbia	0,9571	1,0377	1,0058	0,9815	1,0230
Brasil	0,9531	1,0364	0,9904	0,9963	0,9719	Nepal	0,9129	0,8518	1,0101	0,9121	0,7100
Brunei	0,8932	0,8650	0,8638	1,0161	0,6887	Nicarágua	0,9926	0,8692	0,9369	0,9368	0,7784
Bulgária	0,9037	1,0856	1,0178	1,0613	0,9914	Niger	0,9551	0,9343	0,9765	0,9521	0,8602
Cambojas	0,9764	0,9900	0,9697	0,9390	0,8861	Nigéria	1,0437	0,9066	0,9704	0,9681	0,9168
Camboja	0,9718	0,9301	0,9961	0,9257	0,7596	Noruega	1,0048	0,9757	1,0126	1,0122	1,0168
Canadá	0,9328	1,0682	1,0396	1,0384	1,0732	Nova Zelândia	0,9670	1,0584	1,0452	1,0249	1,1031
Cazaquistão	0,8570	0,8774	1,0254	0,8833	0,6214	Omã	0,8978	0,9582	0,9774	0,9686	0,7991
Chile	0,9229	0,9879	1,0471	0,9960	0,9507	Panamá	1,0038	0,9418	1,0339	1,2355	1,2150

(Continua)

(Continuação)

País	2006-2008	2008-2010	2010-2012	2012-2014	2006-2014	País	2006-2008	2008-2010	2010-2012	2012-2014	2006-2014
China	0,9716	1,0215	1,1070	0,9883	1,0054	Paquistão	0,9921	1,0764	0,9651	1,0142	1,0373
Chipe	0,9625	0,9503	1,0697	1,0672	1,0433	Paraguai	0,9699	1,0176	0,9823	0,9571	0,8945
Colômbia	1,0500	0,9995	0,9841	1,1033	1,1037	Peru	0,9979	1,0128	0,9708	1,0613	1,0051
Congo	0,9602	0,9500	0,9762	0,9562	0,8719	Polônia	0,8507	1,1350	1,0830	1,0617	1,0890
Coreia do Sul	1,0146	0,9499	1,0799	0,9506	1,0158	Portugal	0,9649	1,0544	1,0605	1,0106	1,0798
Costa do Marfim	0,8960	0,9380	0,9793	0,9449	0,8133	Quênia	0,9454	0,8786	0,9554	0,9408	0,8190
Costa Rica	0,9678	1,0044	1,0476	0,9941	1,0197	Quirguistão	0,7932	0,8839	0,9545	1,0092	0,7300
Croácia	0,9548	1,0885	1,0671	1,0078	1,0678	Reino Unido	0,9696	1,0623	1,0490	0,9853	1,0437
Dinamarca	1,0399	1,0129	1,0290	1,0116	1,0641	República Democrática do Congo	0,9806	0,8853	1,0444	0,8133	0,7524
Egito	0,8591	0,9648	1,0324	1,0535	0,9364	República Dominicana	1,0119	1,0155	1,0360	1,0286	1,0806
El Salvador	0,9793	0,8841	0,9359	0,9909	0,7633	Romênia	0,9297	1,0597	1,0687	1,0022	1,0341
Emirados Árabes Unidos	0,8484	0,9734	0,9822	0,9889	0,7919	Rússia	0,8794	0,9394	1,0255	0,9549	0,7150
Equador	1,0272	1,0005	1,0561	1,0017	1,0231	Senegal	0,8297	0,9152	0,8951	0,9571	0,7183
Eslôvaquia	0,9411	1,1236	1,0939	1,0313	1,1296	Sri Lanka	1,0102	0,9074	1,0228	1,0113	0,9214
Eslôvenia	0,9707	1,0884	1,1327	1,0139	1,1411	Suécia	1,0201	0,9981	1,0209	1,0014	1,0366
Espanha	0,9958	1,0312	1,0534	0,9956	1,0904	Suíça	1,0970	0,9620	1,1114	0,9399	1,0827
Estados Unidos	0,8759	1,0750	0,9916	1,0307	0,9733	Tailândia	0,9326	0,9783	0,9977	1,0201	0,9065
Estônia	0,8263	1,2396	1,1003	1,0595	1,0677	Taiquistão	0,8004	0,7852	0,9583	0,9180	0,6837
Filipinas	0,8968	0,8960	0,9340	1,0117	0,8414	Tanzânia	0,9700	0,9713	0,9784	0,9421	0,8612
Finlândia	0,9820	1,0445	1,0420	1,0134	1,0888	Togo	0,8151	0,8898	0,9725	0,8535	0,6233
França	0,9686	1,0474	1,0314	1,0262	1,0694	Tunísia	0,9272	0,9987	1,0117	1,0042	0,9384
Gabão	0,8190	1,0122	1,0045	1,0145	0,8453	Turquia	0,9635	1,0464	0,9751	1,0067	1,0855
Gana	0,9635	0,9640	0,9265	0,9579	0,8454	Ucrânia	0,8368	0,9899	0,9723	1,0362	0,9169
Geórgia	1,0064	0,8754	0,9293	0,9958	0,7663	Uruguai	0,9224	1,0374	1,0028	0,9979	0,9881
Grécia	1,0032	1,0753	1,0754	1,0562	1,1254	Venezuela	0,8886	1,1131	1,0924	0,9844	0,9849
Guatemala	0,9959	0,9321	0,9783	0,9728	0,8477	Vietnã	0,8324	0,8549	0,9600	0,9964	0,7415
Holanda	0,9783	1,0380	1,0296	0,9743	1,0202	Zimbábue	0,8812	0,6707	0,9833	0,9783	0,6936
Honduras	1,0422	0,9456	0,9092	0,9332	0,8015						

Elaboração dos autores.

TABELA A.2
Índice de Malmquist dos países, em diferentes períodos, sob disposição gerencial

País	2006-2008	2008-2010	2010-2012	2012-2014	2006-2014	País	2006-2008	2008-2010	2010-2012	2012-2014	2006-2014
África do Sul	1,0117	1,0071	1,0901	0,9478	1,0594	Hungria	1,0018	0,9969	1,0741	0,9845	1,0644
Albânia	1,0207	1,0159	0,9964	1,0516	0,9964	Índia	0,9835	1,0180	1,0729	0,9991	1,0778
Alemanha	0,9976	0,9929	1,0694	0,9792	1,0464	Indonésia	1,0018	1,0042	1,0532	0,9861	0,9524
Angola	1,0791	0,9277	0,9590	0,9238	0,8514	Iraque	1,0381	0,9897	1,0494	0,9717	1,0282
Arábia Saudita	1,0305	0,9882	1,0546	0,9420	1,0143	Irlanda	1,0789	1,0197	1,0350	1,0179	1,1583
Argélia	1,0457	0,9816	1,0171	0,9728	0,9947	Israel	0,9967	0,9942	1,0736	0,9786	1,0519
Argentina	1,0095	1,0067	1,0252	1,0200	1,0575	Itália	1,0067	0,9937	1,0638	1,0033	1,0900
Armênia	0,9960	0,9909	1,0231	1,0133	1,0544	Jamaica	0,9871	1,0032	1,0246	1,0127	1,0497
Austrália	1,0331	1,0077	1,0554	1,0256	1,0876	Japão	0,9984	0,9929	1,0718	0,9768	1,0353
Austria	1,0123	0,9931	1,0628	1,0087	1,0727	Jordânia	0,9909	1,0018	1,0742	0,9781	1,0412
Azerbaijão	1,0398	0,9565	0,9501	0,9545	0,9742	Lituânia	1,0186	0,9840	1,0220	1,0124	1,0496
Bahrain	1,0078	1,0055	1,0822	0,9407	1,0305	Luxemburgo	0,9947	0,9928	1,0687	0,9849	1,0599
Bangladesh	0,9799	1,0273	1,0606	1,0193	1,0411	Macedônia	0,9895	1,0057	1,0743	0,9956	1,0632
Belarus	1,0164	0,9670	1,0809	1,0226	1,0780	Malásia	1,0144	0,9886	1,0665	0,9682	1,0363
Bélgica	1,0097	0,9905	1,0749	0,9760	1,0569	Marrocos	0,9741	1,0230	1,0604	0,9920	1,0473
Benin	0,9032	0,8700	0,9276	0,9431	0,7401	México	0,9989	0,9992	1,0666	0,9839	1,0449
Bolívia	0,9393	0,9278	0,9488	0,9694	0,7368	Moçambique	1,0029	0,9572	1,0532	0,9209	0,9208
Bósnia e Herzegovina	0,9892	1,0035	1,0907	0,9628	1,0590	Moldávia	0,9917	0,9668	1,0762	1,0269	1,0596
Botswana	0,9494	0,8810	0,9874	0,9906	0,8227	Namíbia	0,9428	0,9089	0,9856	0,9884	0,8609
Brasil	1,0253	0,9684	0,9797	1,0007	0,9432	Nepal	0,8882	0,8723	0,9002	0,9504	0,7001
Brunei	1,0216	0,9737	0,9944	0,9751	0,9307	Nicarágua	0,9966	0,9783	0,9662	0,9981	0,9464
Bulgária	1,0078	0,9900	1,0793	0,9989	1,0792	Níger	1,0660	0,9041	0,8697	1,0473	0,7961
Camargões	0,9418	0,8955	0,9440	0,9771	0,7949	Nigéria	0,9819	1,0420	1,0518	0,9953	1,0412
Cambóia	0,9061	0,8943	0,9332	0,9530	0,7174	Noruega	1,0483	0,9661	1,0753	0,9620	1,0374
Canadá	1,0172	0,9827	1,0844	1,0240	1,0804	Nova Zelândia	1,0166	0,9882	1,0290	1,0298	1,0528
Cazaquistão	1,0117	0,9844	1,0673	0,9667	1,0036	Omã	1,0402	0,9797	1,0307	0,9429	0,9924
Chile	1,0331	0,9828	1,0184	0,9877	1,0127	Panamá	1,0252	1,0213	1,0415	1,0099	1,0959
China	1,0119	1,0175	1,0909	0,9747	1,0956	Paquistão	0,9865	0,9992	1,0296	1,0121	1,0398

(Continua)

(Continuação)

País	2006-2008	2008-2010	2010-2012	2012-2014	2006-2014	País	2006-2008	2008-2010	2010-2012	2012-2014	2006-2014
Chile	1,0041	0,9994	1,0690	0,9850	1,0567	Paraguai	0,9290	0,9275	0,9748	0,9924	0,8434
Colômbia	1,0352	1,0044	0,9754	0,9847	0,9949	Peru	0,9843	1,0183	1,0390	0,9997	1,0275
Congo	0,7605	1,0614	0,8574	0,9242	0,6292	Polônia	0,9833	0,9971	1,0803	0,9800	1,0708
Coreia do Sul	1,0131	0,9903	1,0837	0,9534	1,0475	Portugal	1,0056	1,0001	1,0535	1,0234	1,0871
Costa do Marfim	0,9692	0,9848	1,0092	1,0602	1,0502	Quênia	0,9594	0,9862	1,0306	1,0276	0,9878
Costa Rica	0,9757	1,0102	1,0569	0,9881	1,0291	Quirguistão	1,0117	1,0261	1,0846	1,0174	1,1530
Cróacia	1,0134	0,9986	1,0546	1,0296	1,0648	Reino Unido	0,9999	0,9927	1,0642	0,9839	1,0667
Dinamarca	1,0313	0,9985	1,0533	1,0171	1,0864	República Democrática do Congo	1,0088	1,3262	0,9509	0,7388	0,7863
Egito	1,0064	1,0002	1,0594	0,9909	1,0458	República Dominicana	0,9876	1,0183	1,0582	1,0023	1,0620
El Salvador	0,9856	1,0138	1,0681	0,9969	1,0530	Romênia	1,0005	1,0010	1,0689	1,0048	1,0670
Emirados Árabes Unidos	1,0099	0,9880	1,0630	0,9656	1,0275	Rússia	1,0074	0,9903	1,0780	0,9698	1,0397
Equador	1,0089	1,0110	1,0505	0,9942	1,0132	Senegal	0,9354	0,9343	0,9505	0,9677	0,8222
Eslováquia	1,0083	0,9955	1,0791	0,9891	1,0718	Sri Lanka	0,9871	1,0158	1,0115	0,9897	1,0159
Eslovênia	1,0070	0,9943	1,0805	0,9982	1,0670	Suécia	1,0334	0,9673	1,0914	0,9906	1,0834
Espanha	0,9988	0,9965	1,0688	0,9918	1,0671	Suíça	1,0477	1,0350	1,0847	1,0165	1,2063
Estados Unidos	1,0104	0,9908	1,0792	0,9654	1,0421	Taiândia	0,9845	1,0080	1,0733	0,9758	1,0432
Estônia	1,0112	0,9931	1,0923	0,9610	1,0558	Taiquistão	0,9710	0,9265	0,9405	0,9854	0,9209
Filipinas	0,9852	1,0209	1,0536	1,0047	1,0061	Tanzânia	0,9724	0,9287	0,9372	0,9345	0,7359
Finlândia	1,0100	0,9883	1,0895	0,9660	1,0510	Togo	0,8095	0,8807	0,8791	0,9846	0,6458
França	1,0231	0,9858	1,0626	1,0141	1,0643	Tunísia	0,9967	1,0024	1,0632	0,9870	1,0439
Gabão	0,9726	0,9137	0,9721	0,9843	0,9063	Turquia	1,0296	1,0053	1,0727	0,9920	1,0819
Gana	0,9159	0,8984	0,9031	0,9738	0,8381	Ucrânia	1,0090	1,0122	1,0960	0,9807	1,0780
Geórgia	0,9891	1,0038	1,0590	0,9913	1,0666	Uruguai	1,0032	0,9815	0,9673	1,0069	0,9634
Grécia	1,0134	1,0018	1,0762	0,9922	1,1009	Venezuela	1,0356	0,9944	1,0829	0,9810	1,0681
Guatemala	1,0116	1,0036	1,0123	0,9992	1,0595	Vietnã	0,9860	1,0225	1,0768	1,0173	1,1018
Holanda	1,0001	0,9923	1,0684	0,9747	1,0335	Zimbábue	0,9497	0,7806	0,8851	0,9975	0,8617
Honduras	0,9886	0,9939	1,0328	1,0104	1,0678						

Elaboração dos autores.

Originais submetidos em: mar. 2025.

Última versão recebida em: ago. 2025.

Aprovada em: ago. 2025.

NOTA AOS COLABORADORES DA REVISTA PESQUISA E PLANEJAMENTO ECONÔMICO

1. A revista só analisa, com vistas a eventual publicação, artigos com conteúdo inédito, tanto no país quanto no exterior. Além disso, o seu tema deve se inserir em uma das áreas da ciência econômica, contribuindo, de modo significativo ao avanço, do conhecimento científico nessa área.

2. Resenhas de livros recentemente publicados poderão ser consideradas para publicação, mas resenhas temáticas e os textos essencialmente descritivos não serão, de um modo geral, aceitos.

3. As contribuições não serão remuneradas e a submissão de um artigo à revista implica a transferência dos direitos autorais ao Ipea, caso ele venha a ser publicado.

4. Para submeter um trabalho à revista, o autor deve acessar a página de Pesquisa e Planejamento Econômico na internet, em <http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/index>, e seguir os procedimentos ali descritos.

5. Os artigos recebidos que estejam de acordo com as instruções acima serão avaliados pelo Corpo Editorial com o auxílio de dois pareceristas escolhidos pelo editor. O trabalho dos pareceristas é feito observando-se o método duplamente cego: o autor não saberá quem são os pareceristas, nem estes quem é o autor. Dessa análise poderá resultar a aceitação do artigo, condicionada ou não, à realização de alterações; sua rejeição, com ou sem a recomendação de nova submissão após modificações; ou a rejeição definitiva. No caso de uma segunda submissão, o artigo será novamente avaliado por pareceristas, podendo vir a ser enquadrado em qualquer das situações acima. A rotina de análise se repete até que uma decisão final de rejeição ou de aceitação seja alcançada. O processamento do artigo é conduzido pelo Editor, a quem cabe também a comunicação com os autores.

6. A decisão final quanto à publicação dos artigos cabe ao Corpo Editorial, que se reúne ordinariamente para decidir a composição de cada um dos números da revista, por recomendação do Editor. A aprovação do artigo para publicação só então é comunicada aos autores dos artigos respectivos, por escrito.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenadora

Denise Pimenta de Oliveira

Analistas Técnicos

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Revisora Sênior

Alice Souza Lopes

Revisão

Cláudio Passos de Oliveira

Emilly Dias de Matos

Felipe Fernando Reis Simon

Gisela Carneiro de Magalhães Ferreira

Katarinne Fabrizzi Maciel do Couto

Nayane Santos Rodrigues

Patricia Henriques Mafra

Reginaldo da Silva Domingos

Susana Sousa Brito

Yally Schayany Tavares Teixeira

Ada Brígida Barbosa Rocha (estagiária)

Eduarda Silva de Souza dos Santos (estagiária)

Diagramadores / Web Designers

Aeromilson Trajano de Mesquita

Augusto Lopes dos Santos Borges

Cristiano Ferreira de Araújo

Daniel Alves Tavares

Danielle de Oliveira Ayres

Leonardo Hideki Higa

*The manuscripts in languages other than Portuguese
published herein have not been proofread.*

Ipea – Brasília

Setor de Edifícios Públicos Sul 702/902, Bloco C

Centro Empresarial Brasília 50, Torre B

CEP: 70390-025, Asa Sul, Brasília-DF

Acesse nossas publicações



Acompanhe nossas redes sociais



Missão do Ipea

Qualificar a tomada de decisão do Estado e o debate público.

ISSN 0100-0551



Apoio editorial



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO
**PLANEJAMENTO
E ORÇAMENTO**