

QUAL O IMPACTO DAS INOVAÇÕES SOBRE O CRESCIMENTO ECONÔMICO? UMA ANÁLISE COM A METODOLOGIA PVAR PARA OS PAÍSES DA OCDE NO PERÍODO DE 1985 A 2017

Jose Alderir Silva¹, Igor Ezio Maciel Silva²

Resumo: Este artigo tem por objetivo analisar, sob a perspectiva da Teoria do Crescimento Endógeno, a relação positiva entre inovação e crescimento econômico. Para tanto, utilizou-se a abordagem *Panel Data Vector Autoregressive* (PVAR) com o objetivo de estimar o impacto de algumas variáveis relacionadas com a inovação sobre o crescimento econômico dos países da OCDE no período de 1985 a 2017. Os resultados mostram que choques positivos nas variáveis grau de abertura comercial e gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) têm um efeito positivo sobre o PIB *per capita* dos países. Considerando uma amostra apenas com países com renda abaixo da média da OCDE, foram encontrados resultados similares. Já para uma amostra considerando apenas os países com renda acima da média, choques positivos nas variáveis grau de abertura e Investimento Direto Estrangeiro têm efeitos líquidos positivos no PIB *per capita*. Os resultados sugerem, ainda, que os países mais ricos tendem a se beneficiar mais dos gastos em P&D, uma vez que seu efeito sobre o PIB *per capita* é mais prolongado em relação aos demais.

Palavras-chave: Crescimento endógeno; inovação; PVAR.

WHAT IS THE IMPACT OF INNOVATIONS ON ECONOMIC GROWTH? AN ANALYSIS WITH THE PVAR METHODOLOGY FOR OECD COUNTRIES IN THE PERIOD FROM 1985 TO 2017

Abstract: This article aims to analyze, from the perspective of the Endogenous Growth Theory, the positive relationship between innovation and economic growth. To this end, we applied the Panel Data Vector Autoregressive (PVAR) approach to estimate the impact of some innovation-related variables on economic growth in OECD countries. The results show that positive shocks in the variables degree of openness and spending on Research and Development (R&D) positively affect the countries' GDP per capita. Considering a

1 Doutorado em Economia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - (2021). Mestre em Economia pela (UFRN) - (2014). Graduado em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - (2011). Professor na Universidade Federal Rural do Semi Árido - UFERSA, lotado no Departamento de Engenharias.

2 Doutor em Economia pela Universidade Federal de Pernambuco com período sanduíche na University of Illinois at Urbana-Champaign. Professor Adjunto do Departamento de Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.

sample with only countries with income below the OECD average, we found similar results. Considering only countries with above-average income, positive shocks in the variables degree of openness and Foreign Direct Investment (FDI) have positive net effects on GDP per capita. The results also suggest that richer countries benefit more from R&D spending since its impact on GDP per capita is longer.

Keywords: Endogenous growth; Innovation; PVAR.

Introdução

A Teoria do Crescimento Econômico (TCE) tem por objetivo identificar os determinantes dos diferenciais em termos de progresso técnico e, conseqüentemente, de crescimento econômico *per capita* entre países e regiões. Constituída a partir das contribuições de, em especial, Lucas (1988), Romer (1990), Grossman e Helpman (1991), Aghion e Howitt (1992) e Jones (1995), a TCE destaca a importância do processo de criação e difusão do conhecimento.

Um importante ponto de discussão no âmbito da TCE se refere à característica dos retornos de escala da produção de conhecimento de uma economia. Nesse sentido, Romer (1990) argumenta que a função de produção de conhecimento deve apresentar retornos crescentes de escala, devido ao processo *learning by doing* e pelos efeitos de transbordamento.

Todavia, Jones (1995) mostra que esse resultado do modelo de Romer (1990) se deve ao fato que sua função de produção ser linear em suas variáveis, o que permite ao produto marginal dos pesquisadores crescer a uma taxa proporcional ao estoque de conhecimento da economia. Esse resultado para o autor, não é confirmado pelas evidências empíricas. Com efeito, Jones (1995) modifica essa função de produção permitindo que a produção de conhecimento apresente retornos decrescentes de escala em relação ao estoque de conhecimento da economia e ao número de pesquisadores³.

Diversos trabalhos empíricos procuraram estimar a função de produção de ideias com o objetivo de verificar se o crescimento econômico é impulsionado pelas inovações, ou seja, pela produção de novas ideias. Em outras palavras, tais estudos buscaram verificar a validade dos modelos de Romer (1990) e Jones (1995).

O trabalho de Ulku (2007), por exemplo, estuda os efeitos da inovação para 41 países membros e não-membros da OCDE examinando as previsões das teorias do crescimento endógeno. Dividindo esses países por renda e tamanho de mercado, os resultados encontrados através do método de dados em painel mostram que o aumento do número de pesquisadores gera um acréscimo na inovação apenas nos grandes países da OCDE e que a inovação aumenta o PIB por trabalhador apenas nos países de alta renda.

Já Ying (2008) realiza uma análise da China a partir de dados em séries temporais das patentes chinesas, separando o estoque de conhecimento doméstico do estrangeiro, cujos resultados mostram que a função de produção de ideias apresenta retornos decrescentes e

3 Estudos mais recentes mantêm essa estrutura da função de produção de ideias de Romer (1990) e Jones (1995), incluindo Aghion, Akcigit e Howitt (2014), Acemoglu e Restrepo (2016), Akcigit, Celik e Greenwood (2016) e Jones e Kim (2018).

consequentemente, gera um impacto sobre o produto de acordo com o modelo de Jones (1995).

Coe *et al.* (2009) controlam o impacto das instituições e do capital humano sobre a produtividade total dos fatores e estimam os efeitos dos *spillovers* internacionais de conhecimento sobre a Produtividade Total dos Fatores (PTF). Os resultados encontrados via a cointegração de painel para 22 economias da OCDE mostraram que tanto os gastos domésticos quanto o estrangeiro geram um impacto positivo na produtividade, sendo maior nos países em desenvolvimento do que nas economias ricas.

Hasan e Tucci (2010) verificam se a quantidade e a qualidade da inovação são importantes para o crescimento econômico. Os resultados encontrados para um grupo de 58 países no período de 1980 a 2003, mostram que os países que aumentam o nível de patenteamento passam a ter um crescimento econômico maior. No mesmo sentido, países que possuem empresas com patentes de qualidade superior também apresentam um crescimento econômico maior.

Na mesma perspectiva, Çetin (2013) ao analisar um grupo de nove países europeus através de uma abordagem de Vetores Autoregressivos (VAR), mostra que há uma correlação positiva entre inovação e crescimento econômico nesses países. Entre as variáveis analisadas, observou-se que a variável gasto em P&D desempenha um papel importante na inovação e, portanto, na produtividade e no crescimento econômico.

Diferentemente de Çetin (2013), Ali, Cantner e Roy (2017) se preocupam com os *spillovers* de conhecimento derivados do Investimento Direto Estrangeiro (IDE) e das importações para 20 economias europeias no período de 1995 a 2010 e utilizando do método de cointegração encontram resultados robustos de que tais *spillovers* aumentaram a produtividade doméstica gerando um efeito positivo sobre o produto *per capita*.

Já Diebolt e Hippe (2019), estudam o efeito do capital humano e das inovações sobre o desenvolvimento econômico nas regiões europeias, obtendo como resultado que o capital humano é uma importante variável que afeta os pedidos de patentes, além de ser responsável pelas disparidades regionais de renda.

Pietrucha e Želazny (2020) analisam os efeitos dos *spillovers* sobre a PTF, considerando uma amostra de 41 países de alta e média renda no período de 1995 a 2014. Os resultados encontrados através do Método Generalizado de Momentos (MGM) indicaram que as exportações é a variável mais importante para transferência de conhecimento entre as economias analisadas, ocorrendo o que os autores chamam de “aprendendo exportando”. Quanto ao IDE, não se mostrou estatisticamente significativo no modelo analisado.

Em trabalho mais recente, Tudor e Sova (2022), analisam os fatores que determinam a intensidade dos gastos em P&D para uma amostra de 62 países no período de 2007 a 2015. Utilizando de dados em painel através do método generalizados de momentos (MGM) para três subpainéis baseados na renda, os resultados mostram que o número de pesquisadores é o fator mais importante para a variável intensidade em P&D, as exportações de alta tecnologia tem um efeito positivo e significativo apenas na amostra de países de baixa renda, as patentes tem um efeito positivo e significativo estatisticamente no subpainel com

países de alta renda e a abertura comercial tem um efeito positivo e significativo em todas as amostras analisadas.

Assim, a TCE continua sendo fonte de discussões e debates em torno do processo de inovação e seus impactos sobre o crescimento econômico. Com efeito, este artigo tem por objetivo analisar as interações de algumas variáveis relacionadas com a inovação sobre o PIB *per capita* aplicando a abordagem *Panel Data Vector Autoregressive* (PVAR) para a amostra de dados dos países da OCDE no período entre dos anos 1985 a 2017. A escolha do período decorre da disponibilidade de dados e de tentar englobar o maior número de países da OCDE.

O presente artigo traz pelo menos três contribuições. Primeiro, o método PVAR ainda não foi adotado para observar a interação entre crescimento econômico e inovação, de modo que podemos obter resultados mais ricos como a duração dos choques. Segundo, não existe um consenso em torno do efeito do IDE no processo de difusão de conhecimento e a presente pesquisa procura contribuir para esse debate. Terceiro, a partir dos resultados obtidos se pode ter uma indicação do tamanho e da duração do efeito de uma política econômica direcionada para a inovação.

Para alcançar o objetivo proposto, o presente trabalho se dividi em mais cinco seções além desta introdução. A próxima tenta extrair alguma relação da renda *per capita* com alguns indicadores da inovação. A seção seguinte explica o método utilizado. Na terceira seção, é realizado a descrição das variáveis, os sinais esperados e suas respectivas fontes. Na quarta seção, são discutidos os resultados. Por fim, na última seção, as considerações finais.

Inovação e Crescimento Econômico nos Países da OCDE

Em 1948 foi criada a Organização para Cooperação Econômica Europeia (OCEE), financiada pelos EUA e tinha o propósito de reconstruir os países europeus no pós guerra. Em 1961 os EUA e o Canadá entram para o grupo e a OCEE passa a ser chamada de Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), tendo por objetivo o de construir e promover políticas públicas e econômicas que aumentem o bem-estar das populações de seus países membros e, portanto, estimular o crescimento e desenvolvimento econômico de forma sustentável dos seus participantes e parceiros.

A OCDE também já foi chamada de “Clube dos Ricos” devido ao elevado PIB *per capita* de seus países membros, mas atualmente é composta de 38 países dos quais muitos têm um baixo PIB *per capita*. Portanto, trata-se de uma amostra de países heterogênea no que diz respeito tamanho de mercado, investimentos, grau de abertura comercial, proximidade da fronteira tecnológica, PIB, gastos em P&D, registro de patente, dentre outras variáveis importantes.

Na Tabela 1 temos os dez maiores PIBs nos anos de 1985, 2017 e a média do período em análise. Se observa que da lista dos dez maiores PIBs em 1985, apenas o Canadá não está na lista dos dez maiores PIBs de 2017, cedendo sua posição a Coreia do Sul.

Tabela 1: PIB em Paridade do Poder de Compra (PPC) dos principais da OCDE

1985		2017		Média (1985-2017)	
EUA	4.338.979,00	EUA	19.479.623,00	EUA	11.033.743
Japão	1.696.480,55	Japão	5.262.254,97	Japão	3.606.259
Alemanha	1.005.137,06	Alemanha	4.386.729,19	Alemanha	2.445.557
Itália	776.526,35	Reino Unido	3.063.307,24	França	1.722.354
França	745.806,44	França	2.983.010,67	Reino Unido	1.712.552
Reino Unido	705.766,23	Itália	2.517.184,47	Itália	1.600.037
México	494.181,87	México	2.460.766,10	México	1.247.663
Canadá	422.072,90	Turquia	2.264.269,34	Espanha	1.011.631
Espanha	365.686,80	Coreia	2.103.651,26	Coreia	1.009.297
Turquia	298.754,93	Espanha	1.841.779,72	Canadá	997.406

Fonte: OCDE date.

Na Tabela 2, a Coreia do Sul que não aparecia entre os dez maiores países em número de patentes triádicas em 1985, se torna o quarto país a registrar o maior número de patentes em 2017. No mesmo sentido, a Coreia do Sul se torna o segundo país com maior gasto em P&D em relação ao PIB, ficando atrás apenas de Israel.

Tabela 2: Patentes Triádicas dos principais da OCDE

1985		2017		Média (1985-2017)	
EUA	7.825,23	Japão	17.958,78	Japão	14.099
Japão	4.999,65	EUA	13.084,48	EUA	13.200
Alemanha	3.628,16	Alemanha	4.852,92	Alemanha	5.296
França	1.495,10	Coreia	2.775,52	França	2.316
Reino Unido	1.265,34	França	2.036,00	Reino Unido	1.748
Suíça	749,76	Reino Unido	1.640,21	Coreia	1.265
Holanda	551,71	Suíça	1.265,18	Holanda	1.027
Itália	510,03	Itália	938,57	Suíça	949
Suécia	432,13	Holanda	912,35	Itália	744
Canadá	205,72	Suécia	792,77	Suécia	700

Fonte: OCDE date.

Esse pequeno país, a Coreia do Sul, se tornou um país rico e desenvolvido utilizando de uma estratégia baseada na inovação tecnológica. O governo coreano estimulou as empresas a investirem em conglomerados industriais através de empréstimos, subsídios e acesso preferencial ao conhecimento próximo à fronteira tecnológica. Essa estratégia adotada é o que explica, em síntese, a ascensão da Coreia do Sul no período analisado⁴.

4 Vide Silva (2022).

Tabela 3: Gasto em P&D dos principais da OCDE

1985		2017		Média (1985-2017)	
Colômbia	2,66	Israel	4,66	Israel	3,63
Bélgica	2,59	Coreia	4,29	Suécia	3,19
Turquia	2,55	Suécia	3,36	Japão	2,89
Noruega	2,43	Japão	3,17	Coreia	2,78
Áustria	2,13	Áustria	3,06	Finlândia	2,74
Chile	2,09	Alemanha	3,05	EUA	2,61
Nova Zelândia	1,83	Suíça	3,03	Suíça	2,60
Japão	1,56	Dinamarca	2,93	Alemanha	2,54
França	1,52	EUA	2,91	Dinamarca	2,23
Espanha	1,44	Finlândia	2,73	França	2,17

Fonte: OCDE date.

No que diz respeito aos demais países, observa-se que a estratégia de desenvolvimento também foi buscando de alguma maneira a inovação tecnológica uma vez que são países que realizam um alto investimento em P&D e que têm como resultado um número elevado de registro de patentes. Como pode ser visto nas Tabelas 1, 2 e 3, por exemplo, os três primeiros países com maiores PIBs são os mesmos países com o maior número de registro de patentes e estão na lista dos dez países que apresentam os maiores percentuais do gasto em P&D em relação ao PIB. Portanto, não se pode ignorar que existe uma relação entre crescimento econômico e inovação e a proposta deste artigo é tentar analisar a interação entre essas variáveis para os países da OCDE através do método *Panel Data Vector Autoregressive* (PVAR) que será exposto na próxima seção.

Panel Data Vector Autoregressive (PVAR)

Como o objetivo deste artigo é analisar as interações entre o PIB *per capita* e algumas variáveis do lado da inovação, o PVAR é se torna a metodologia mais adequada para isso. Canova e Ciccarelli (2009), enfatizam que a metodologia do PVAR é uma estratégia empírica interessante para se modelar como os choques são transmitidos entre os países. Já para Koop e Korobilis (2016), o PVAR é utilizado em várias áreas do conhecimento científico, mas tem sido bastante explorada por macroeconomistas em pesquisas com dados para vários países e um longo período de tempo. Nesse caso, Koengkan, Losekann e Fuinhas (2019) argumentam que o PVAR se torna adequado também devido a possível presença de cointegração e da endogeneidade entre as variáveis em painéis com longos intervalos de tempo.

Como os dados da presente pesquisa abrange um grande número de países da OCDE no período de 1985 a 2017 e se preocupa se existe algum processo de difusão de conhecimento que impacte de alguma forma no PIB *per capita* desses países, os argumentos de Canova e Ciccarelli (2009), Koop e Korobilis (2016) e Koengkan, Losekann e Fuinhas (2019) justificam a utilização do método PVAR neste trabalho.

A metodologia PVAR foi desenvolvida por Holtz-Eakin, Newey e Rosen (1988) como alternativa aos modelos multivariados de equações simultâneas, cuja representação pode ser expressa pela seguinte equação linear:

$$Y_{i,t} = A_1 Y_{i,t-1} + \delta_i + \mu_t + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

Em que $i = 1, \dots, 35$ denota um dos países da OCDE que estão presente na amostra selecionada e $t = 1985, \dots, 2017$ é o período em análise. A_1 é p vetor de coeficientes autorregressivos e $Y_{i,t}$ é o vetor que contém as primeiras diferenças (d) do logaritmo natural (ln) das seguintes variáveis: produto *per capita* (GPD), Investimento Direto Estrangeiro (IDE), Abertura Comercial (AC), Gasto em P&D (GAST) e Estoque de Ideias (IDEIAS). Já δ_i representa o vetor de efeitos fixos não observáveis e invariantes no tempo, μ_t representa os efeitos não observáveis do tempo e $\epsilon_{i,t}$ é o vetor de erros aleatórios.

Segundo Baltagi e Baltagi (2008) e Love e Zicchino (2006), diante de um modelo com defasagens nas variáveis dependentes, estimar a equação 1 em conjunto com os efeitos fixos ou através do método de mínimos quadrados ordinários, resultaria em coeficientes inconsistentes e tendenciosos. Todavia, esse problema pode ser resolvido por meio da técnica sugerida por Arellano e Bover (1995), ou seja, o “procedimento de Helmet” que consiste em realizar a seguinte transformação para eliminar os efeitos fixos individuais:

$$y_{i,t}^* = (y_{i,t} - \bar{y}_{i,t}) \sqrt{\frac{T_{i,t}}{T_{i,t} + 1}}$$

Em que $T_{i,t}$ é o número de observações futuras disponíveis do país i no tempo t e $\bar{y}_{i,t}$ é a média de $y_{i,t}$. Diante dessa transformação, as variáveis defasadas podem ser utilizadas como instrumentos válidos para estimar o modelo via Método Generalizado dos Momentos (MGM), uma vez que tais variáveis se tornam ortogonais as variáveis originais.

Para se obter as funções de impulso resposta é necessário que o VAR painel seja estável. A estabilidade implica que o VAR do painel é invertível e tem uma representação de média móvel vetorial de ordem infinita, fornecendo as condições para as interpretações das funções de impulso-resposta estimadas e para a decomposição da variância do erro de previsão.

Todavia, as funções de impulso resposta simples não têm interpretação causal, uma vez que os distúrbios estão correlacionados contemporaneamente de modo que um choque em uma variável pode ser acompanhado por choques em outras variáveis. Para solucionar esse problema, a literatura recomenda a decomposição de Cholesky para identificar os termos de erros e em seguida estimar as funções de impulso resposta que tenham interpretação causal. Para o intervalo de confiança dessas funções para o modelo PVAR escolhido nesta pesquisa, serão considerados 1000 simulações de Monte Carlo.

Não obstante, os resultados das funções de impulso-resposta estimadas dependem da ordem de entrada das variáveis especificada na decomposição de Cholesky. A ordenação deve ser feita de uma forma que choques nas variáveis iniciais devem afetar as variáveis

subsequentes da ordenação, enquanto choques nas variáveis que vêm depois afetarão apenas as variáveis anteriores com um período de defasagem. Ou seja, a ordenação deve seguir da variável mais exógena para a mais endógena, o que significa que a variável PIB *per capita* deve ser a última na ordenação do nosso modelo. Na próxima seção será apresentada as variáveis e suas respectivas fontes.

Descrição das Variáveis

Para alcançar o objetivo da presente pesquisa foi construída uma base de dados para os países da OCDE⁵ no período entre os anos de 1985 e 2017. Adicionalmente, foram realizadas estimações para duas subamostras: i) uma com os países que estão na fronteira tecnológica, portanto são os inovadores⁶; ii) uma segunda amostra com os países não-inovadores⁷. Essas subdivisões da amostra permitem verificar os potenciais efeitos assimétricos existente entre os países.

O critério para a escolha dos países inovadores e não-inovadores foi o maior número de patentes triádicas no ano de 2017. Considera patentes triádicas quando a ideia é registrada simultaneamente nos escritórios de patentes do Japão (JPO), dos EUA (USPTO) e na Europa (EPO) baseada em datas prioritárias.

A utilização das patentes triádicas evita alguns problemas que existem quando comparada as patentes de registro individual, como o de dupla contagem e o viés doméstico de registro da invenção, uma vez que o mesmo regulamento se aplica a todos os países. Além disso, as patentes triádicas são invenções de alta qualidade, de valor intrínseco maior e de maior abrangência geográfica, o que lhe garante uma medida adequada de inovação⁸.

O estoque de conhecimento doméstico faz uso desse tipo de patente considerando uma taxa de obsolescência de 10%. Luintel e Khan (2017) utilizam desse tipo de patentes em seu estudo e encontram uma relação positivo com a variável inovação. Pessoa (2005), utiliza de uma base de dados diferente e os resultados mostram que a produtividade aumenta com o aumento do estoque de ideias, mas em proporção menor.

A variável gasto em P&D é o gasto bruto em P&D que incluem os gastos de capital das empresas, do governo, ensino superior e instituições privadas sem fins lucrativos. Além disso, abrange a pesquisa básica, pesquisa aplicada e pesquisa experimental. Se espera que o coeficiente estimado para essa variável seja positivo. A hipótese é que o gasto em P&D aumente a produtividade e acelere o crescimento econômico, como visto em Coe *et al.* (2009) e Çetin (2013).

5 Por ausência de dados, foram retirados da amostra o Chile, Israel, Colômbia, Lituânia, República Tcheca e a Estônia.

6 Japão, EUA, Alemanha, Coreia do Sul, França, Reino Unido, Holanda, Itália, Noruega, Finlândia, Suécia e Suíça.

7 Dinamarca, Grécia, Hungria, Islândia, Irlanda, México, Nova Zelândia, Polônia, Portugal, República Eslovaca, Eslovênia, Espanha, Turquia, Austrália, Áustria, Bélgica e Canadá.

8 Vide Michel e Bettels (2001), Dernis e Khan (2004) e Luintel e Khan (2017) para saber mais sobre as vantagens de se utilizar as patentes triádicas como medida de inovação.

Tabela 4 – Descrição das Variáveis

Variáveis	Descrição das Variáveis	Fonte
IDEIAS	Número de pedidos de patentes triádicas calculado a partir das contagens de patentes com base no modelo de inventário permanente, com uma taxa de obsolescência de 10%	OCDE-Date
P&D	Gasto em P&D realizado por cada país.	OCDE-Date
IDE	Participação do fluxo de IDE na Formação Bruta de Capital Fixo.	Banco Mundial
AC	Índice calculado a partir da soma das exportações com as importações em relação ao PIB.	Banco Mundial
GPD	Resultado da razão entre o PIB e a população do país.	Banco Mundial

Fonte: Elaboração própria.

No ambiente da inovação, algumas variáveis atuam como *spillovers* de conhecimento se comportando como um canal de transferência de tecnologia. Entre essas variáveis, temos o IDE e o grau de abertura comercial. No caso do IDE, a literatura empírica é inconclusiva e contraditória, não se tem uma definição se essa variável contribui para o processo de difusão de tecnologia. Por exemplo, o trabalho de Lichtenberg & Van Pottelsberghe de la Potterie (1996) encontram evidências de que o IDE causa um impacto negativo na transferência de conhecimento. Evidências também entrada por Chang *et al.* (2013). Já Krammer (2010), mostra que o IDE é uma variável importante como *spillover*, mas com um impacto menor nas economias em desenvolvimento. No mesmo sentido, Amann e Virmani (2014) estuda a transferência de conhecimento nas economias da OCDE e os resultados sugerem que o IDE tem um efeito positivo sobre a produtividade, sendo mais forte nas economias emergentes.

Os *spillovers* de conhecimento também podem ocorrer pela via do comércio internacional, que é representando no modelo pela variável abertura comercial. A hipótese é que quanto mais transações comerciais o país realiza, maior a possibilidade de absorver a tecnologia de seus parceiros comerciais. Segundo Manca (2008), quanto maior o grau de abertura comercial, mais rápido tende a ser a adaptação do país ao conhecimento disponível na fronteira tecnológica. Portanto, espera-se um efeito positivo para essa variável como encontrado em Dollar e Kraay (2003) e Ulku (2007). As descrições e as fontes das variáveis são resumidas na Tabela 4.

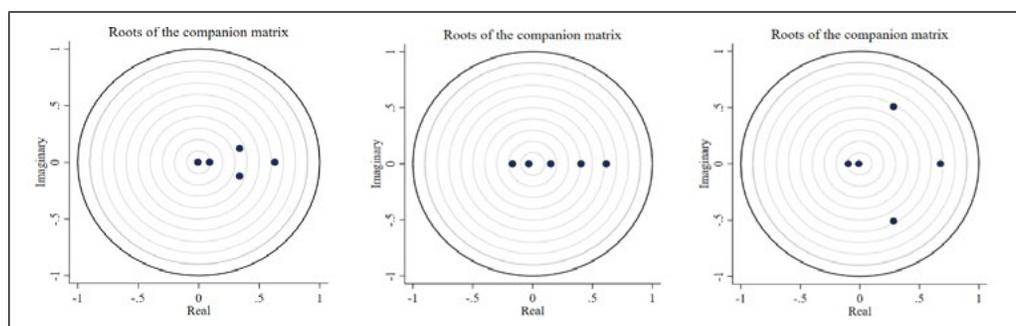
Resultados

Para se obter resultados robustos, alguns testes preliminares devem ser realizados nos dados que estão sendo utilizados. Para isso, os procedimentos adotados são: i) fator de inflação de variância (VIF) desenvolvido por Belsley, Kuh e Welsch (1980) para verificar a presença de multicolinearidade nas variáveis; ii) teste de dependência *cross-section* (teste-CD) desenvolvido por Pesaran (2004); iii) teste de raiz unitária de primeira (Im Pesaran) e segunda geração (CIPS) com o propósito de verificar a existência de raiz unitária nas variáveis do modelo; iv) teste de Hausman para identificar a presença de heterogeneidade no modelo PVAR e a presença de efeito fixo ou aleatório do modelo PVAR; v) valores de

matriz de correlação; vi) teste para definir a quantidade de defasagens do modelo PVAR a ser estimado.

Os resultados do teste CD (veja as Tabelas de 1 a 3 no anexo), sugerem a presença de dependência *cross-section* em todas as variáveis, exceto para o IDE dos países com renda abaixo da média. Essa presença de dependência *cross-section* faz com que os testes de raiz unitária de primeira geração não sejam confiáveis, sendo necessário utilizar os testes de raiz unitária de segunda geração CIPS, proposto por Pesaran (2004). Conforme as Tabelas de 4 a 6 no anexo, os resultados para esse teste indicam que todas as variáveis são estacionárias nas primeiras diferenças. No que diz respeito a condição de estabilidade, como pode ser visto na Figura 1, todas as raízes da matriz complementar estão dentro do círculo unitário para todas as amostras.

Figura 1 – Condição de estabilidade para todos os países da OCDE, não inovadores e de inovadores respectivamente



Fonte: Elaboração própria.

Quanto a presença de multicolinearidade, o teste VIF mostra um baixo nível de correlação entre as variáveis, uma vez que a média do teste foi inferior a dez para todas as variáveis, conforme mostrado nas Tabelas de 1 a 3 no anexo. Além disso, foi realizado o teste Hausman, cujo resultado mostrou que o modelo de efeitos fixo é o melhor estimador em todas as amostras, condição essencial para estimar o PVAR.

Antes de estimar o PVAR é necessário definir o número de defasagens dos modelos, o que foi feito utilizando os critérios de Andrews e Lu (2001) que são: a Informação Bayesiano modificado (MBIC), o Akaike modificado (MAIC) e o Hannan-Quin modificado (MQIC). O resultado do teste (TABELA 7 no anexo) indicou uma defasagem para todos os modelos, exceto para a amostra com todos os países da OCDE que indicou duas defasagens no teste MAIC. No entanto, a escolha foi pelo modelo mais parcimonioso, ou seja, uma defasagem em todos os modelos.

A ordenação de Cholesky considerou a seqüência de variáveis: IDEIAS, GAST, IDE, AC, GPD. Parte do princípio de que a produção de ideias não é afetada contemporaneamente por todas as demais variáveis, por isso entra primeiro na ordenação. Por outro lado, espera-se que o PIB *per capita* sofra impactos contemporâneos das demais variáveis do modelo, o que justifica sua posição no final da ordenação de Cholesky. Como pode ser observado nas funções de impulso resposta estimadas, a variável GPD sempre inicia em um ponto

diferente de zero, assim como a variável IDEIAS sempre inicia de um ponto zero, exceto para ela mesma defasada, validando a ordenação considerada.

As Figuras 2, 3 e 4 são as funções de impulso resposta para as amostras com todos os países da OCDE, de países com renda abaixo da média e com renda acima da média, respectivamente. Nessas figuras, o principal interesse é verificar o impacto das variáveis selecionadas sobre o PIB *per capita* e sobre a produção de ideias, mas também serão analisados outros impactos interessantes que foram obtidos.

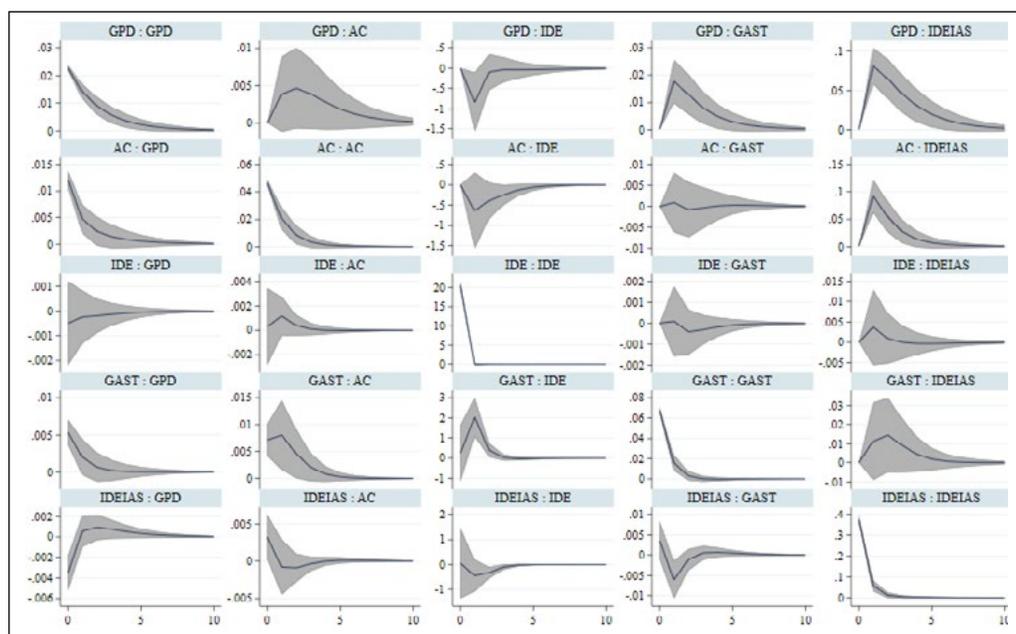
Em relação a amostra completa, Figura 2, um choque de um desvio padrão no grau de abertura comercial e nos gastos em P&D tem um efeito positivo e contemporâneos sobre o PIB *per capita*, retornando ao estado estacionário a partir do quinto ano após o choque. Esses resultados são similares aos achados de Dolar e Kraay (2003), Ulku (2007), Coe *et al.* (2009) e Çetin (2013) que se utilizaram de outros métodos em seus trabalhos.

Por outro lado, embora seja por um período curto de tempo, um choque de um desvio padrão na variável IDE, tem efeito levemente negativo sobre o PIB *per capita*. Esse resultado está de acordo com os encontrados por Chang *et al.* (2013), mas difere dos achados de Canter e Roy (2016).

Já um choque positivo de um desvio padrão na variável IDEIAS, provoca um efeito contemporâneo negativo, embora seja de curto prazo. Efeito diferente do esperado, uma vez que a teoria sugere uma causalidade positiva sobre o PIB como encontrado nos trabalhos de Ying (2008) e Hasan e Tucci (2010). Todavia, quando se analisa o choque das demais variáveis sobre a produção de IDEIAS, verifica-se que essa variável é afetada de forma positiva, especialmente pelo PIB *per capita*, o grau de abertura comercial e a própria variável defasada. Sendo assim, parece que no caso da amostra com os países selecionados da OCDE é o crescimento econômico que provoca a inovação e não o contrário.

No entanto, nessa amostra têm países inovadores, assim como países com nível tecnológico abaixo da média, de modo que é necessário analisar as funções de impulso resposta separadamente para cada grupo de países e verificar se os resultados se mantêm.

Figura 2 – Funções de Impulso Respostas Para os Países Seleccionados da OCDE



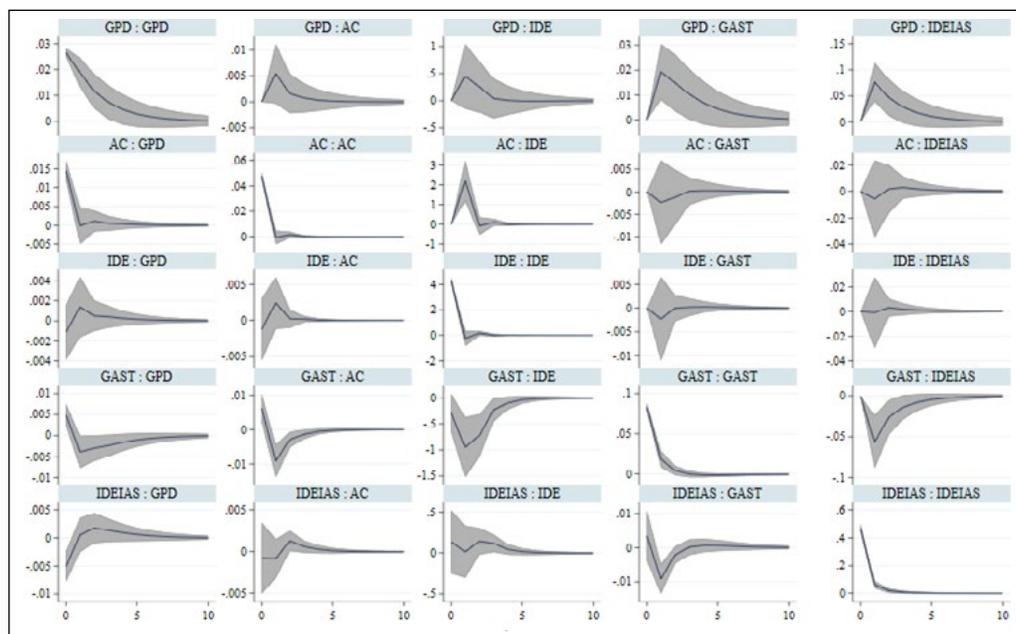
Fonte: Elaboração própria.

No que diz respeito aos países não inovadores, Figura 3, no geral as trajetórias são parecidas com as funções de impulso resposta da amostra completa. Um choque positivo de um desvio padrão no grau de abertura comercial e nos gastos em P&D tem um efeito positivo sobre o PIB *per capita*, embora se torne negativo no segundo período para essa última variável.

Os resultados para a variável IDE é não significativo e tem efeitos nulo sobre o PIB *per capita*. A trajetória da variável IDEIAS é praticamente igual da amostra analisada anteriormente, tendo efeitos contemporâneos negativos sobre o produto *per capita*.

A análise de choques sobre a variável IDEIAS se diferencia um pouco da amostra completa. Primeiro, embora não significativo o grau de abertura não gera efeitos positivos na produção de conhecimento, o mesmo ocorre com a variável IDE. Segundo, diferente do esperado, um choque positivo na variável gasto em P&D provoca efeitos negativos sobre a produção de conhecimento. Terceiro, observa-se uma causalidade bidirecional entre o gasto em P&D e a produção de ideias, da mesma forma que um choque positivo nos gastos provoca um efeito negativo sobre a variável P&D, um choque nesta última também provoca um efeito negativo sobre os gastos em P&D. Portanto, gastos em P&D não significa uma capacidade maior de inovar e vice-versa.

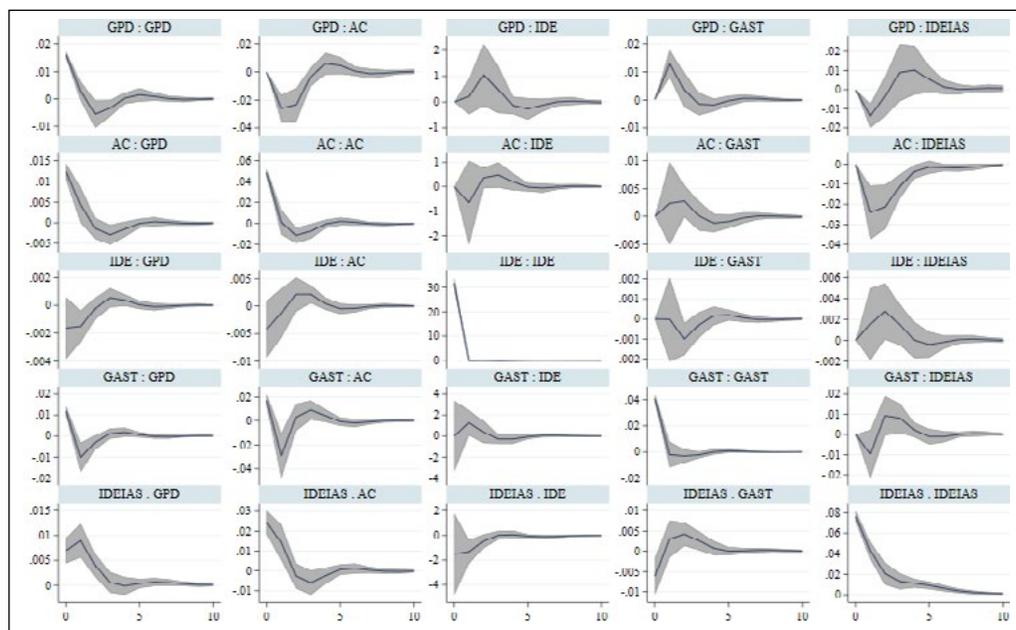
Figura 3 – Funções de Impulso Respostas da Função de Produção: Países Não Inovadores da OCDE



Fonte: Elaboração própria.

Para a amostra de países inovadores, Figura 4, os choques nas variáveis causam impactos um pouco diferentes dos encontrados nas amostras anteriores. O PIB *per capita* sofre efeitos contemporâneos positivos derivados de choques do grau de abertura comercial, mas antes de retornar ao estado estacionário se torna negativo. O inverso ocorre com um choque na variável IDE, que gera impactos negativos mas se torna positivo antes de retornar ao estado estacionário.

Figura 4 – Funções de Impulso Respostas da Função de Produção: Países Inovadores da OCDE



Fonte: Elaboração própria.

Já um choque na variável gasto em P&D, embora seja inicialmente positivo seu efeito ele se torna negativo já no segundo ano, se mantendo assim até alcançar o estado estacionário. Como esses países já possuem uma renda alta, aumentar os gastos em P&D não provoque um impacto positivo e direto sobre o PIB, mas seu efeito pode ser sobre a produção de novas ideias e, conseqüentemente um aumento do PIB *per capita* via essa última variável.

Por outro lado, os países inovadores parecem que conseguem se beneficiar mais da produção de conhecimento, uma vez que o produto *per capita* é impactado positivamente e só retorna ao estado estacionário a partir do quinto período. No entanto, o mesmo não ocorre sobre a produção de ideias, já que um choque no PIB causa um efeito líquido nulo na produção de conhecimento. Assim, parece também existir uma relação unilateral do PIB *per capita* para a inovação nessa amostra de países ricos da OCDE.

Os resultados mostram que o gasto em P&D é uma variável importante para estimular a inovação e, assim, o PIB *per capita* dos países da OCDE. Além disso, a produção de conhecimento, como esperado, tem impactos positivos em todas as amostras. Por outro lado, o IDE têm efeitos e causalidade distintas entre as amostras de países, conforme a literatura já havia mencionado.

Considerações Finais

A inovação é uma variável chave dentro da teoria do crescimento econômico endógeno, na qual se procura entender suas fontes para que os países em desenvolvimento alcancem um PIB *per capita* elevado.

Assim, este artigo procura contribuir nesse sentido, tendo por objetivo analisar as interações entre o PIB *per capita* e algumas variáveis relacionadas com a inovação para os países da OCDE no período de 1985 a 2017.

Para alcançar o objetivo, foi utilizado do método de vetores autorregressivos para dados em painel (PVAR), constituindo também uma contribuição já que poucos trabalhos exploram essa metodologia na teoria do crescimento econômico.

Os resultados encontrados indicam que as variáveis abertura comercial, gasto em P&D e estoque de conhecimento são importantes para alavancar o PIB *per capita* dos países da OCDE, o que sugere que políticas econômicas que visam aumentar o crescimento econômico devem levar em consideração tais variáveis como instrumentos para isso.

Todavia, embora o presente estudo tenha sua contribuição, outros trabalhos podem ser desenvolvidos a partir de pontos sinalizados direta e indiretamente ao longo do texto. Por exemplo: i) incorporar outras variáveis importantes para a produção de conhecimento, como o capital humano alocado no setor de pesquisa; ii) utilizar outros métodos e outras amostras para tentar verificar se os efeitos aqui encontrados permanecem; iii) testa outros *spillovers* de conhecimento, como as exportações e o estoque de conhecimento estrangeiro; iv) separar o efeito do gasto em P&D público e privado; v) tentar verificar se as instituições tem um papel importante dentro do processo de produção e difusão do conhecimento. Essas questões são todas importantes e podem ser abordadas em um novo *paper* e, portanto, ficam como sugestões para futuras pesquisas.

Referências

- ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. The race between machines and humans: Implications for growth, factor shares and jobs. **Retrieved**, v. 6, p. 2019, 2016.
- AGHION, P. ve P. HOWITT (1992), “A Model of Growth Through Creative Destruction”, *Econometrica*, 60 (2), 323-351.
- AGHION, Philippe; AKCIGIT, Ufuk; HOWITT, Peter. What do we learn from Schumpeterian growth theory?. In: **Handbook of economic growth**. Elsevier, 2014. p. 515-563.
- AKCIGIT, Ufuk; CELIK, Murat Alp; GREENWOOD, Jeremy. Buy, keep, or sell: Economic growth and the market for ideas. **Econometrica**, v. 84, n. 3, p. 943-984, 2016.
- ALI, Muhammad; CANTNER, Uwe; ROY, Ipsita. Knowledge spillovers through FDI and trade: the moderating role of quality-adjusted human capital. In: **Foundations of Economic Change**. Springer, Cham, 2017. p. 357-391.

AMANN, E., & VIRMANI, S. (2014). Foreign direct investment and reverse technology spillovers: The effect. *Oecd Journal: Economic Studies*, 2014(1), 129–153.

ARELLANO, Manuel; BOVER, Olympia. Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of econometrics*, v. 68, n. 1, p. 29-51, 1995.

BALTAGI, Badi Hani; BALTAGI, Badi H. **Econometric analysis of panel data**. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.

BELSLEY D. A., E. Kuh, and E. R. Welsch. 1980. Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity, 1–286. New York: Wiley. doi:10.1002/0471725153.

CANOVA, Fabio; CICCARELLI, Matteo. Estimating multicountry VAR models. *International economic review*, v. 50, n. 3, p. 929-959, 2009.

ÇETİN, Murat. The hypothesis of innovation-based economic growth: a causal relationship. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, n. 11, p. 1-16, 2013.

CHANG, C., CHEN, S., & MCALEER, M. (2013). Globalization and knowledge spillover: international direct investment, exports and patents. *Economics of Innovation and New Technology*, 22(4), 329–352.

COE, D. T., HELPMAN, E., & HOFFMAISTER, A. W. (2009). International R&D spillovers and institutions. *European Economic Review*, 53(7), 723–741.

DERNIS, Hel' ene, and Mosahid KHAN (2004) 'Triadic patent families methodology,' OECD Science, Technology and Industry Department (Paris) Working Paper No. 2004/2.

DIEBOLT, Claude; HIPPE, Ralph. The long-run impact of human capital on innovation and economic development in the regions of Europe. *Applied Economics*, v. 51, n. 5, p. 542-563, 2019.

DOLLAR, D. & KRAAY, A. (2003). Institutions, trade and growth. *Journal of Monetary Economics*, 50, 133- 162.

GROSSMAN, G. M.; HELPMAN, E. Innovation and growth in the global economy. [S.l.]: MIT press, 1991.

HASAN, Iftekhar; TUCCI, Christopher L. The innovation–economic growth nexus: Global evidence. *Research policy*, v. 39, n. 10, p. 1264-1276, 2010.

HOLTZ-EAKIN, Douglas; NEWEY, Whitney; ROSEN, Harvey S. Estimating vector autoregressions with panel data. **Econometrica: Journal of the econometric society**, p. 1371-1395, 1988.

JONES, C. I. (1995). R & D-based models of economic growth. **Journal of political Economy**, 103(4), 759-784.

JONES, Charles I.; KIM, Jihee. A Schumpeterian model of top income inequality. **Journal of Political Economy**, v. 126, n. 5, p. 1785-1826, 2018.

KOENGGAN, Matheus; LOSEKANN, Luciano Dias; FUINHAS, José Alberto. The relationship between economic growth, consumption of energy, and environmental degradation: renewed evidence from Andean community nations. **Environment Systems and Decisions**, v. 39, n. 1, p. 95-107, 2019.

KOOP, Gary; KOROBILIS, Dimitris. Model uncertainty in panel vector autoregressive models. **European Economic Review**, v. 81, p. 115-131, 2016.

KRAMMER, S. M. S. (2010). International R&D spillovers in emerging markets: The impact of trade and foreign direct investment. *Journal of International Trade and Economic Development*, 19(4), 591–623.

LICHTENBERG, F., & VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B. (1996). International R&D Spillovers: A Re-examination (Research Working Paper No. 5668). Cambridge: National Bureau of Economic Research.

LOVE, Inessa; ZICCHINO, Lea. Financial development and dynamic investment behavior: Evidence from panel VAR. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 46, n. 2, p. 190-210, 2006.

LUCAS Jr, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. **Journal of monetary economics**, 22(1), 3-42.

LUINTEL, Kul B. & KHAN, Mosahid, 2017. "Ideas production and international knowledge spillovers: Digging deeper into emerging countries," *Research Policy*, Elsevier, vol. 46(10), pages 1738-1754.

MANCA, F. (2009). Technology Catching-up and the Role of Institutions. **Research Institute of Applied Economics Working Paper**.

MICHEL, Jacques, and Bernd BETTELS (2001) 'Patent citations analysis: a closer look at the basic input data from patent search reports,' *Scientometrics* 51, 185–201
Organization of Economic Co-operation and Development (2004) *Compendium of Patent Statistics 2004* (Paris: OECD).

PESARAN, M. H. 2004. “General diagnostic tests for cross-section dependence in panels. The University of Cambridge, Faculty of Economics.” Cambridge Working Papers in Economics, n. 0435.

PESSOA, A. (2005), ‘Ideas-driven growth: The oecd evidence’, **Portuguese Economic Journal** 4(1), 46–67.

PIETRUCHA & ŻELAZNY (2020). TFP spillover effects via trade and FDI channels, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 33:1, 2509-2525.

ROMER, P. M. (1990), ‘Endogenous technological change’, **Journal of Political Economy** 98, S71–S102.

SILVA, J. A. Crescimento Econômico e Inovação no Brasil, China e Coreia do sul. *RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico*, v. 3, n. 50, 2022.

TUDOR, C., & SOVA, R. (2022). Driving Factors for R&D Intensity: Evidence from Global and Income-Level Panels. **Sustainability**, 14(3), 1854.

ULKU (2007) R&D, innovation and output: evidence from OECD and nonOECD countries, *Applied Economics*, 39:3, 291-307.

YING, L. G. (2008). The shape of ideas production function in transition and developing economies: evidence from China. **International Regional Science Review**, 31(2), 185-206.

Anexo

Testes Preliminares e de Especificação

Tabela 1 – Teste FIV e Teste CSD: todos os países da OCDE

	VIF	1/VIF	VIF	1/VIF	CD-test	P-valor	Corr	abs
GPD	1.26	0.796	n.d.	n.d.	45.13	0.000	0.402	0.413
IDEIAS	n.d.	n.d.	1.00	0.995	84.14	0.000	0.750	0.760
IDE	1.00	0.997	1.00	0.995	1.72	0.085	0.015	0.134
AC	1.22	0.819	1.03	0.971	44.83	0.000	0.400	0.408
GAST	1.06	0.943	1.03	0.970	9.65	0.000	0.086	0.185
Média VIF	1.14		1.02					

Fonte: Elaboração própria.

Nota: n.d. indica não disponível.

Tabela 2 – Teste FIV e Teste CSD para os países Não Inovadores

	VIF	1/VIF	VIF	1/VIF	CD-test	P-valor	Corr	abs
GPD	n.d.	n.d.	1.19	0.843	21.60	0.000	0.333	0.345
IDEIAS	1.00	0.995	n.d.	n.d.	41.01	0.000	0.632	0.658
IDE	1.00	0.999	1.00	0.999	1.68	0.093	0.026	0.145
AC	1.02	0.978	1.17	0.854	44.83	0.000	0.400	0.408
GAST	1.02	0.981	1.04	0.963	3.27	0.001	0.050	0.180
Média VIF	1.01		1.10					

Fonte: Elaboração própria.

Nota: n.d. indica não disponível.

Tabela 3 – Teste FIV e Teste CSD para os países de Inovadores

	VIF	1/VIF	VIF	1/VIF	CD-test	P-valor	Corr	abs
GPD	n.d.	n.d.	1.58	0.631	24.59	0.000	0.544	0.544
IDEIAS	1.04	0.959	n.d.	n.d.	41.89	0.000	0.926	0.926
IDE	1.00	0.998	1.01	0.989	0.78	0.435	0.017	0.126
AC	1.08	0.922	1.37	0.728	44.83	0.000	0.400	0.408
GAST	1.13	0.887	1.24	0.804	6.19	0.000	0.137	0.192
Média VIF	1.06		1.02					

Fonte: Elaboração própria.

Nota: n.d. indica não disponível.

Tabela 4: Testes de Raiz Unitária em Painel para os países da OCDE

Variáveis	Países da OCDE					
	IPS		ADF-Fisher		CIPS	
	Pvalor	t	Pvalor	t	Without trend	With trend
GPD	0.0000	-10.704	0.0000	-13.86	-3.397***	-3.639***
IDEIAS	0.0000	-22.064	0.0000	-38.03	-5.209***	-5.530***
IDE	0.0000	-17.716	0.0000	-28.18	-5.590***	-5.501***
AC	0.0000	-15.591	0.0000	-22.99	-4.552***	-4.773***
GAST	0.0000	-11.877	0.0000	-16.49	-3.945***	-4.354***

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5: Testes de Raiz Unitária em Painel para os países não Inovadores

Variáveis	Países da OCDE					
	IPS		ADF-Fisher		CIPS	
	Pvalor	t	Pvalor	t	Without trend	With trend
GPD	0.0000	-3.7576	0.0000	-11.00	-3.822***	-4.013***
IDEIAS	0.0000	-12.7712	0.0000	-28.03		
IDE	0.0000	-6.1810	0.0000	-21.54	-5.600***	-5.758***
AC	0.0000	-4.8984	0.0000	-16.24	-4.285***	-4.668***
GAST	0.0000	-4.2857	0.0000	-13.22	-4.083***	-4.541***

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 6: Testes de Raiz Unitária em Painel para os países Inovadores

Variáveis	Países da OCDE					
	IPS		ADF-Fisher		CIPS	
	Pvalor	t	Pvalor	t	Without trend	With trend
GPD	0.0000	-3.5393	0.0000	-8.45	-3.088***	-3.332***
IDEIAS	0.0000	-18.0650	0.0000	-25.71	-3.945***	-4.014***
IDE	0.0000	-6.1670	0.0000	-18.14	-5.449***	-5.483***
AC	0.0000	-5.6637	0.0000	-16.41	-4.993***	-5.065***
GAST	0.0000	-3.9294	0.0000	-9.90	-4.058***	-4.378***

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 7A: Testes para seleção dos modelos.

Lags	MBIC			MAIC			MQIC		
	OCDE	Inovadores	Não Inovadores	OCDE	Inovadores	Não Inovadores	OCDE	Inovadores	Não Inovadores
1	-360.463	-337.3599	-342.511	-13.558	-56.6347	-36.17354	-147.195	-168.832	-157.0352
2	-260.038	-227.1164	-240.0596	-28.769	-39.96624	-35.8346	-117.860	-114.7645	-116.409
3	-135.883	-108.3038	-118.9614	-20.248	-14.72869	-16.84889	-64.793	-52.1278	-57.13611

Fonte: Elaboração própria.