

Área 6 – Macroeconomia.

Crescimento Econômico e Inovação: Uma Análise através do VAR em Painel Para os Países da OCDE

José Alderir da Silva

Doutorando em Economia

Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal da Paraíba

Professor de Economia da UFERSA

jose.silva@ufersa.edu.br

José Luis da Silva Netto Junior

Doutor em Economia

Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal da Paraíba

E-mail: <juniorluis@yahoo.com>

Cássio da Nobrega Bessaria

Doutor em Economia

Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal da Paraíba

E-mail: <cassiodanobrega@yahoo.com>

Crescimento Econômico e Inovação: Uma Análise através do VAR em Painel Para os Países da OCDE

Resumo

Segundo Romer (1990), é a partir da pesquisa e desenvolvimento (P&D) que as inovações tecnológicas são criadas, dado o capital humano e o estoque de conhecimento existente. Como resultado surgem as patentes e, conseqüentemente, o aumento da taxa de crescimento da produção de forma permanente. Assim, o objetivo deste artigo será o de avaliar os efeitos de choques em algumas variáveis relacionadas com a produção de tecnologia sobre a produção de conhecimento e a renda *per capita* nos países da OCDE entre 1980 e 2017. Para isso, será utilizado o método *Panel Data Vector Autoregressive* (PVAR). Os resultados mostram que um choque favorável no estoque de ideias, pesquisadores e gastos em P&D nos países da OCDE provocam efeitos positivos sobre a produção de novas ideias e sobre o PIB *per capita*.

Palavras-chave: Crescimento Econômico; Progresso Técnico; Patentes..

Abstract

According to Romer (1990), it is from research and development (R&D) that technological innovations are created, given the human capital and the existing knowledge stock. As a result, they appear as patents and, consequently, the increase in the growth rate of permanent production. Thus, the objective of this article will be to evaluate the effects of options on some variables related to the production of technology on production and knowledge and per capita income in OECD countries between 1980 and 2017. For this purpose, the Panel Data Autoregressive method will be used. vector (PVAR). The results show a favorable shock in the stock of ideas, researchers and RD expenditures in OECD countries have positive effects on the production of new ideas and on GDP per capita.

Keywords: Peer Effects.2SLS. Academic ability.

JEL classification: O30, O32, F43, C23

1 Introdução

A teoria do crescimento depois de Solow (1957) passou por transformações essenciais para se entender a dinâmica e as diferenças de renda *per capita* entre os países. Essas transformações foram impulsionadas pela busca de explicar os fatores que determinam o progresso tecnológico, ou seja, as forças internas que determinam o crescimento da renda *per capita* no longo prazo.

Segundo Barro e Martin (2003), teoria do crescimento econômico perdeu relevância para as teorias que explicam o ciclo da renda no curto prazo, uma vez que a teoria não consegue explicar os fatores que determinam o crescimento no longo prazo. Porém, no pós década de 1980 se tem uma preocupação maior em entender tais fatores, surgindo assim os modelos de crescimento endógeno de Romer (1990), Jr (1988), Grossman e Helpman (1991), Aghion e Howitt (1990), Jones (1997).

Diante disso, quais os fatores que determinam o crescimento econômico? Na teoria do crescimento exógeno, a produtividade total dos fatores é o motor do crescimento econômico no longo prazo, sendo ela determinada por um avanço tecnológico não explicado pela teoria (SOLOW, 1957). Na teoria do crescimento endógeno, a tecnologia é considerada um insumo de produção, de modo que a acumulação de conhecimento aumenta a produtividade dos outros insumos, podendo gerar retornos crescentes de escala. Assim, produtividade e inovação tecnológica estão fortemente relacionados, sendo imprescindível entender esse processo de acumulação de conhecimento nas economias para poder entender as diferenças existente nos padrões de vida entre os países.

A teoria do crescimento econômico desenvolvida por Romer (1990) apresenta uma função de produção com rendimentos crescentes de escala que ocorrem por meio de dois processos: *learning by doing* e *spillover* de conhecimento. Isto é, enquanto o primeiro desenvolve o conhecimento a nível de empresa, o *spillover* difunde esse conhecimento gerado para toda a economia. No entanto, Jones (1997) parte de uma função de produção de ideias em que o modelo de Romer se torna um caso particular, isto é, um modelo que permite a possibilidade que um esforço de pesquisa constante sustente um crescimento de longo prazo, mas também permite a possibilidade de casos contrários.

Todavia, conforme Barro e Martin (1992), a teoria do crescimento econômico mostra que pode ocorrer uma espécie de convergência do PIB *per capita* entre os países ricos e pobres, em que os rendimentos decrescentes é um conceito chave nesse processo. Dentro de uma perspectiva de difusão tecnológica, Grossman e Helpman (1991) mostram que a velocidade de convergência tende a ser maior quanto mais rápida as descobertas realizadas nas economias inovadoras se difundirem para as economias seguidoras.

Portanto, o objetivo deste artigo será de avaliar o efeito de choques de variáveis relacionadas com a inovação tecnológica sobre a produção de conhecimento e sobre o PIB *per capita* para os países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) no período de 1980 a 2017. Essa avaliação é importante para identificar se algumas políticas governamentais de estímulo e difusão de tecnologia podem afetar o crescimento do PIB *per capita* para o caso dos países da OCDE.

Essas relações entre as variáveis serão observadas a partir da auto-regressão vetorial de painel (PVAR), cuja abordagem econométrica se utiliza do método do momento generalizado do sistema (GMM), o que torna nossos resultados consistentes e robustos.

Portanto, para alcançar nosso objetivo este artigo está dividido em mais 6 seções, além desta introdução. A próxima seção faz uma revisão da teoria do crescimento endógeno com foco no debate entre Romer (1990) e Jones (1997). Na terceira seção, tem-se a revisão empírica. Na seção seguinte é exposta a metodologia do PVAR. Nas duas seções seguintes são mostrados os dados e os resultados encontrados. Por fim, tem-se as considerações finais.

2 Debate Teórico

O principal objetivo da teoria do crescimento econômico é encontrar explicação do porquê algumas economias são ricas e outras são pobres. Em Solow (1957), isso se deve ao nível inicial do estoque de capital. Em Jr (1988), na diferença de investimentos em capital humano se encontra a explicação para a diferença de

riquezas entre as nações. No entanto, no estado estacionário, em ambas as teorias o PIB *per capita* cresce a uma taxa igual a taxa do progresso tecnológico, sendo esta taxa não explicada pelos modelos. A função de produção nesses modelos é definida como

$$Y = K^\alpha(AL)^{1-\alpha} \quad (1)$$

Onde $0 < \alpha < 1$. Y é a produção, K é o estoque de capital físico, A é a tecnologia e L é a força de trabalho.

Portanto, o debate teórico ocorre em torno do que determina a tecnologia ou o progresso técnico. Nos modelos da teoria do crescimento exógeno, a tecnologia é tratada como um “maná dos deuses”, mas é a principal variável para o crescimento das economias no estado estacionário. Todavia, Romer (1990) e Jones (1997) procuraram explicar quais os fatores que podem acelerar o avanço tecnológico, tornando essa variável endógena em seus modelos. Não obstante, esses autores encontraram resultados diferentes em relação aos retornos do conhecimento.

Na tentativa de explicar as diferenças tecnológicas existentes entre os países, a teoria do crescimento endógeno mostra que o progresso tecnológico ocorre quando as empresas maximizadoras de lucro buscam obter novas e melhores formas de produção. Portanto, na perspectiva de Romer (1990), melhorias tecnológicas e o processo de crescimento econômico são entendidos como um resultado endógeno da economia. Assim, a busca dos pesquisadores por novas ideias, cujo interesse é o lucro, torna o progresso tecnológico endógeno. Desse modo, o capital humano é a variável central na teoria do crescimento.

Romer (1990) destaca ainda que os *spillovers* de conhecimento se devem ao fato da possibilidade de crescimento ilimitado do conhecimento e de sua apropriação incompleta pelo seu criador, de modo que o ótimo social pode ser alcançado através de políticas governamentais que tenham por objetivo estimular o avanço tecnológico.

Nesse modelo, a produção de conhecimento depende da quantidade de capital humano destinado a pesquisa (L_A) e da quantidade do estoque de conhecimento disponível na economia (A), dado que conhecimento é acumulação de ideias desenvolvida por pessoas. Assim, a variação do conhecimento (\dot{A}) será dada por:

$$\dot{A} = \delta L_A A \quad (2)$$

Desse modo, a variação do conhecimento será determinada pelo número de pessoas envolvidas em atividades de pesquisa (L_A), multiplicado pela taxa a qual são criadas novas ideias (δA), que por sua vez depende da quantidade de conhecimento na economia.

Como pode ser observado na equação (2), destinar uma maior quantidade de capital humano a pesquisa resulta em uma maior taxa de produção de conhecimento, que provoca um aumento do estoque total de conhecimento, que por sua vez aumenta a produtividade do setor de pesquisa e, portanto, aumenta a facilidade de gerar novas ideias. Em outras palavras, destinar mais capital humano torna o crescimento da economia ilimitado.

Não obstante, isto se deve ao fato de que a equação (2) é linear em suas variáveis, o que permite ao produto marginal dos pesquisadores crescer a uma taxa proporcional ao estoque de conhecimento da economia. Em uma situação em que a equação (2) seja côncava, a produtividade marginal de L_A apresentaria em algum momento retornos decrescentes, o que deslocaria o capital humano do setor de pesquisa para o setor de bens finais e, portanto, desacelerando a taxa de crescimento do PIB da economia. Romer (1990) argumenta que não há evidências na história de que o conhecimento possa ser esgotado.

No entanto, Jones (1997) diz que não há evidências empíricas que confirmem os efeitos de escala do modelo de Romer (1990) nas economias industrializadas, dado que o número de pesquisadores aumentou nos países desenvolvidos na segunda metade do século XX, mas a produtividade total dos fatores não apresentou a mesma tendência.

Com efeito, Jones (1997) modifica a função de produção de ideias de Romer (1990), permitindo que a produção de conhecimento apresente retornos decrescentes de escala. Isto é,

$$\bar{A} = \delta L_A^\lambda A^\phi \quad (3)$$

Onde ϕ é um parâmetro que representa o *spillover* intertemporal. De modo que se $\phi < 0$, ocorre o que Jones (1997) chamou de efeito “garimpo de ideias”, ou seja, as ideias mais óbvias são descobertas primeiro, de modo que quanto maior o estoque de conhecimento, menor a probabilidade de um pesquisador descobrir uma nova ideia. Em outras palavras, a produtividade marginal de L_A agora apresenta retornos decrescentes de escala. Se $\phi > 0$, existem *spillovers* positivos da produção de conhecimento. Já se $\phi = 0$, não há *spillovers* e a taxa de inovação passa a ser independente do estoque de conhecimento.

Jones (1997) ainda adota a restrição de que $0 < \lambda \leq 1$, ou seja, a duplicação de pesquisa reduz o número total de inovações produzidas por L_A unidades de capital humano. Quando $\phi = 1$ e $\lambda = 1$, temos a função de produção de ideias de Romer (1990), o que torna esta função um caso particular da função de produção de ideias de Jones (1997). Uma vez que os dados são inconsistentes com o modelo de Romer (1990), Jones (1997) adota a restrição de que $\phi < 1$, eliminando os rendimentos de escala na produção de conhecimento.

Portanto, diferentemente de Romer (1990), políticas econômicas como a de subsídios a pesquisa não afetam o crescimento da economia de forma permanente. Para Jones (1997), a taxa de crescimento econômico depende da taxa de crescimento do capital humano envolvido na pesquisa, pois estes ao criarem novos projetos de P&D, aumentam a produtividade da economia e, portanto, o crescimento econômico.

Assim, diante das diferentes previsões dos modelos de Romer (1990) e Jones (1997), é importante verificar empiricamente e estimar as funções de produção e de ideias para as economias da (OCDE). Contudo, antes de estimar essas funções é necessário conhecer os principais resultados de alguns trabalhos, de modo que possam ser fontes de comparação para os resultados encontrados neste artigo.

3 Evidências Empíricas

Love e Zicchino (2006)¹ aplicam o método de PVAR para analisar as condições financeiras e o investimento das empresas em 36 países. Desde então a metodologia PVAR vem sendo adotada para verificar as relações econômicas envolvendo questões e variáveis financeiras.

No entanto, a metodologia PVAR pouco foi explorada dentro da teoria do crescimento endógeno. O recente trabalho de Belazreg e Mtar (2020) se aproxima dessa teoria, na qual o PVAR é utilizado para estudar as interações entre inovação, crescimento econômico, desenvolvimento financeiro e abertura comercial. Os resultados mostraram uma relação neutra entre a variável inovação e as demais variáveis. Por outro lado, o capital humano se mostrou significativo para desenvolver o potencial de inovação nos 27 países da OCDE analisado pelos autores no período de 2001 a 2016.

Na literatura, outros métodos são utilizados para estimar a função de produção de ideias de acordo com o modelo de Romer-Jones, ou seja, tentam observar a força entre a produção de ideias e produtividade do conhecimento.

Porter e Stern (2000), utilizando de dados em painel para uma amostra com dezesseis países da OCDE, estimam a função de produção e a força dos *spillovers* internacionais com o objetivo de avaliar diretamente os determinantes das novas ideias. Os resultados mostraram que a produtividade aumenta proporcionalmente com o estoque de ideias já descobertos.

Com o mesmo objetivo de Porter e Stern (2000), Pessoa (2005) procurou estimar os parâmetros da função de produção de ideias a partir de duas amostras (uma com 27 países e outra com 21 países da OCDE), utilizando também do método de dados em painel. Diferentemente de Porter e Stern (2000), as estimativas de Pessoa (2005) consideram que o estoque de conhecimento possa ter taxas de obsolescência de 0%, 5%,

¹ Love e Zicchino (2006) foram os pioneiros ao usar o método PVAR no *Stata*, cujos programas foram disponibilizados em Abrigo e Love (2016).

10% e 15%. Com efeito, Pessoa (2005) encontrou resultados distintos dos de Porter e Stern (2000), mas que corroboram com a função de produção de ideias de Jones (1997), isto é, de que há retornos marginais decrescentes no estoque de ideias e no número de pesquisadores.

Pessoa (2005) em nenhuma amostra diferencia os grupos de países pela renda ou pelo tamanho do mercado, mas procura manter uma certa homogeneidade da amostra quanto a esses fatores. Diferentemente de Pessoa (2005) e Porter e Stern (2000), o trabalho de Ulku (2007) analisa as previsões dos modelos de crescimento endógeno discriminando os países da OCDE e não-OCDE pela renda e pelo tamanho do mercado de cada economia. Ulku (2007) adota o método de dados em painel dinâmico de efeitos fixos e o método generalizado de momentos para aumentar a robustez de seus achados. Cujo resultados encontrados pelo autor, se diferencia de acordo com a mostra. O aumento do número de pesquisadores eleva a produtividade apenas nas economias de grande mercado da OCDE, enquanto o aumento da inovação eleva a renda *per capita* apenas nos países de alta renda da OCDE e em todos os países não membros da OCDE de alta renda, de mercados grandes e pequenos.

Diferentemente dos trabalhos anteriores, Ang e Madsen (2015) procuraram também analisar no período de 1870-2010 a evidência empírica de outras teorias do crescimento endógeno, se diferenciando também dos demais estudos pelos diversos canais internacionais de *spillovers* sobre a produção de ideias. O trabalho de Porter e Stern (2000) não permite a proliferação de produtos como prevista nos modelos schumpeterianos e consideram apenas alguns canais de transmissão de ideias entre os países. Por outro lado, Ulku (2007) apesar de permitir efeitos de proliferação na função de produção de ideias, desconsideram os *spillovers* internacionais de conhecimento. Assim, uma das contribuições de Ang e Madsen (2015) é o de explorar esses canais internacionais de difusão do conhecimento, considerando que eles podem ocorrer pela via das importações, distância geográfica, estoque mundial de patentes e distância até a fronteira. Estimou-se um painel de mínimos quadrados generalizados, cujos resultados foram positivos para todas os canais de transbordamentos, exceto para o estoque mundial de conhecimento.

Luintel e Khan (2017) ampliam a análise de Ang e Madsen (2015), considerando outros canais de difusão do conhecimentos entre 31 economias emergentes discriminando como: i) mundo industrializado; ii) mundo emergente; iii) países e grupos regionais diferentes; iv) casos bilaterais; agrupamentos regionais dentro da amostra de países emergentes. Os dados são analisados através de dados em painel, cujos resultados são contrários aos de Pessoa (2005) e aos de Ang e Madsen (2015), ou seja, os autores encontraram evidências de que há retornos crescentes de escala o estoque de conhecimento doméstico e externo para a produção de ideias. Assim, os resultados dos modelos de crescimento semi-endógeno não podem ser generalizados, de modo que as políticas públicas podem acelerar o processo de convergência das economias emergentes.

No entanto, a maioria dos trabalhos para os países da OCDE se ocupam de estimar as funções de produção e de ideias, dedicando pouca atenção as relações de causa e efeito entre as variáveis das funções. Diante disso, o objetivo desse artigo será o de avaliar tais relações utilizando o método VAR Painel. Portanto, a próxima seção descreve a metodologia adotada no presente artigo.

4 O método de Vetores Autorregressivos para Dados em Painel (PVAR)

O objetivo deste trabalho é o de avaliar as relações de causa e efeitos entre as variáveis das funções de produção e de ideias de modo que todas as variáveis se tornam endógenas no modelo. Portanto, o método de Vetores Autorregressivos para Dados em Painel (VAR Painel ou Panel VAR), se torna o mais apropriado. Para se obter resultados mais eficientes, também será adotada a técnica *Generalized Method of Moments* (GMM/IV) de Arellano e Bond (1991).

A relação dinâmica entre as variáveis dentro da metodologia de PVAR pode ser representada como:

$$Y_{it} = \phi_i + Y_{it-1}A(L) + \delta_t + \mu_{it} \quad (4)$$

onde $i = [1, \dots, 35]'$ denota um dos países da OCDE que fazem parte da amostra de dados, e $t = [1980, \dots, 2017]'$ é o período em análise.

Na equação (4), $Y_{it} = [X_{it}]'$ é um vetor de n variáveis X_{it} para estimar a função de produção de ideias e a função de produção, sendo todas as variáveis endógenas para o país i no tempo t , ϕ_1 é um vetor $\kappa \times 1$ de efeitos fixos invariante no tempo, δ_t representa efeitos no tempo não observáveis, $A(\cdot)$ são matrizes $\kappa \times \kappa$ de coeficientes defasados, L é um operador de lag. Finalmente, μ_{it} é um vetor de erros indiossincráticos.

Segundo Baltagi (2008), os parâmetros da equação (4) podem ser estimados em conjunto com os efeitos fixos, mas tais estimativas seriam enviesadas mesmo com um N grande, embora que o viés seja reduzido com o aumento de T . O mesmo ocorreria se os parâmetros fossem estimados de forma independente do efeito fixo, equação por equação, através do método de mínimos quadrados ordinários ².

Para eliminar esse problema, adotamos a técnica GMM/IV de Arellano e Bond (1991), que é consistente mesmo quando T for pequeno. Esse procedimento, denominada também de Helmert, sugere o desvio ortogonal avançado como uma transformação alternativa para eliminar os efeitos fixos individuais, na qual subtrai a média direta das variáveis no VAR. Por exemplo, se a variável PIB *per capita* GPD_{Pit} permite $GPD_{Pit} = \sum_{s=t+1}^{T_i} GPD_{Pis} / (T_i - t)$ para $i = 1, \dots, N$; $t = 1, \dots, T$ ser sua média direta, a transformação Helmert é

$$\widetilde{GPD}_{Pit} = \gamma_{it}(GPD_{Pit} - GPD_{Pit}) \quad (5)$$

Onde

$$\gamma_{it} = \sqrt{(T_i - t) / (T_i - t + 1)} \quad (6)$$

Assim, o modelo VAR painel transformado final é:

$$\widetilde{GPD}_{Pit} = A(L)\widetilde{GPD}_{P_{i,t-1}} + \tilde{\varepsilon}_{it} \quad (7)$$

A equação (4) transformada é

$$\tilde{Y}_{it} = \tilde{Y}_{it-1}A(L) + \delta_t + \mu_{it} \quad (8)$$

Diante dessa transformação, as variáveis defasadas se tornam ortogonais às variáveis originais e, portanto, se tornam instrumentos válidos uma vez que não estão incluídas na transformação. Portanto, são essas relações ortogonais que fornecem as condições de momento a partir das quais o VAR painel pode ser estimado via GMM.

Com base na equação (8), o foco passa ser a estrutura autorregressiva do VAR painel com o objetivo de saber se o modelo é estável. A equação (8) pode ser reescrita como

$$B(L)\tilde{Y}_{it} = \mu_{it} \quad (9)$$

Onde $B(L) = (I_k - A(L))$

Assim, enquanto o módulo de todos os autovalores de $A(L)$ for menor que um, $B(L)$ satisfaz a condição de estabilidade e, portanto, é invertível (LÜTKEPOHL, 2005).

Desse modo, a condição de estabilidade implica que o VAR do painel é invertível e, assim, é possível obter uma representação da média móvel de vetor infinito (VMA), cuja interpretação ocorre através das funções de impulso-resposta e pela decomposição da variância do erro de previsão. Dessa forma, podemos escrever a VMA do PVAR, como

$$\tilde{Y}_{it} = \Phi(L)\mu_{it} \quad (10)$$

Onde $\Phi(L) = \sum_{j=0}^{\infty} \Phi_j L^j \equiv B(L)^{-1}$

² Vide Nickell (1981) e Judson e Owen (1999).

Como as funções impulso-resposta não têm interpretação causal, uma vez que os distúrbios μ_{it} estão correlacionados contemporaneamente, ou seja, um choque em uma variável pode ser acompanhado por choques em outras variáveis. Para solucionar esse problema, é implementado a decomposição de Cholesky. Isto é, depois que o VAR for estimado, os termos de erro são identificados através da decomposição de Cholesky para em seguida serem geradas as funções de impulso-resposta.

Suponha que temos uma matriz P , tal que $P'P = \Sigma$, onde P é uma matriz triangular inferior que permite ortogonalizar os distúrbios como $\mu_{it}P^{-1}$ e transformar os parâmetros VMA em funções de impulso-resposta ortogonalizadas $P\Phi_i$. Os intervalos de confiança da função de impulso-resposta serão estimados através de simulações de Monte Carlo, considerando 500 simulações com base no modelo estimado.

O resultado das estimativas obtidos através de modelos de VAR estruturais depende crucialmente da ordem especificada das variáveis do modelo VAR. Portanto, a escolha da ordem das variáveis do nosso modelo seguirá a literatura exposta na primeira seção deste artigo, ou seja, a teoria do crescimento endógeno de Romer (1990) e Jones (1997). Assim, por exemplo, para a função de produção se espera que as variáveis estoque de capital, estoque de conhecimento, capital humano alocado no setor de P&D e o capital humano fora do setor de P&D determinem o PIB *per capita*. Dessa forma, qualquer alteração em alguma dessas variáveis afeta o PIB *per capita* de imediato. Por outro lado, espera-se que alteração no PIB *per capita* não impacte, pelo menos de imediato, as demais variáveis do modelo.

Com efeito, utilizando a decomposição de Cholesky, isso significa que o coeficiente do PIB *per capita* deve ser ordenado primeiro no VAR estrutural. Todavia, além das variáveis mencionadas na seção anterior, será incorporado nas funções de produção e de conhecimento o gasto em P&D dos países de forma individual e o total de gastos em P&D realizados na OCDE, sendo introduzido no final de cada função e, portanto, também seguindo a mesma ordem na decomposição de Cholesky. Na próxima seção, vamos apresentar os dados e suas fontes, bem como o tratamento realizado em cada variável.

5 Dados

Para avaliar a evidência empírica, começamos com a descrição das variáveis que representam o modelo base para estimar a função de ideias de Jones (1997) e em seguida, a descrição e os procedimentos metodológicos para estimar a função de produção.

Diante da indisponibilidade de dados, algumas *proxies* serão utilizadas, de modo que os indicadores possam ser homogêneos para todos os países. Para a variável capital humano envolvida com pesquisa (PESQ), a *proxy* adotada será o número de pesquisadores em tempo integral. Embora se reconheça que essa *proxy* apresenta alguns problemas, uma vez que não considera os esforços em nível de empresa que geram melhorias em produtos e processos, a literatura ³ acredita que essa *proxy* representa um índice do número de trabalhadores que criam ideias economicamente relevantes.

Para a variável estoque de ideias (E_IDEIAS) e o número de novas ideias economicamente úteis (N_IDEIAS), adota-se o número de pedidos de patentes de utilidade no Escritório Europeu de Patentes (EPO). Ambos os dados estão disponíveis no portal da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). O uso dessa *proxy* está sujeito a várias críticas (GRILICHES, 1990), sendo a mais significativa o fato de que nem todas as invenções/ideias são patenteáveis ou patenteadas. No entanto, assumimos que as patentes sejam um índice razoável da atividade geral da inovação, como adotado em vários estudos ⁴. O estoque de ideias é calculado a partir das contagens de patentes com base no modelo de inventário permanente, com uma taxa de obsolescência de 10%. Portanto, admitimos que há uma substituição de ideias velhas por novas, conforme a teoria schumpeteriana do crescimento endógeno.

Para o capital humano fora do setor de pesquisa (ESCO), adotou-se o número de alunos matriculados no ensino médio como *proxy* da capacidade geral de capital humano de um país, tais dados foram extraídos

³ Vide Pessoa (2005) e Ulku (2007).

⁴ Vide Pessoa (2005) e Ang e Madsen (2015).

do Banco Mundial. Diante da ausência de dados, os mesmos são interpolados distribuindo igualmente a mudança total ao longo dos anos em que os dados não estão disponíveis.

Os dados do PIB *per capita* (GPD_P) e do estoque de capital (FBKF) também foram extraídos do Banco Mundial, cuja *proxy* adotada para esta última variável foi a formação bruta de capital fixo. Ambas as variáveis estão a preços constantes em US\$ de 2010.

As variáveis gastos em P&D de cada país ($GAST_P$) e o gasto em P&D total na OCDE ($GAST_T$), são encontrados no site da OCDE-Date. A variável $GAST_T$ será utilizada para capturar o efeito de *spillover* da organização sobre os países isoladamente. A tabela 1 resume a descrição das variáveis e suas fontes.

Tabela 1 – Descrição das Variáveis

<i>Variáveis</i>	<i>Descrição das Variáveis</i>	<i>Fonte</i>
PESQ	Pesquisadores no setor de P&D em tempo integral.	OCDE-Date
ESCO	Número de alunos matriculados no ensino médio.	Banco Mundial
E_IDEIAS	Número de pedidos de patentes de utilidade no Escritório Europeu de Patentes (EPO). Calculado a partir das contagens de patentes com base no modelo de inventário permanente, com uma taxa de obsolescência de 10%.	OCDE-Date
N_IDEIAS	Número de pedidos de patentes de utilidade no Escritório Europeu de Patentes (EPO).	OCDE-Date
GPD_P	PIB per capita	Banco Mundial
FBKF	Formação Bruta de Capital Fixo.	Banco Mundial
GAST_P	Gasto em P&D realizado por cada país.	OCDE-Date
GAST_T	Gasto em P&D total na OCDE.	OCDE-Date

Fonte: Elaboração própria.

Algumas transformações foram feitas nas variáveis. As variáveis PESQ e a FBKF estão em proporção da força de trabalho enquanto as demais variáveis estão em proporção da população. Além disso, todas as variáveis foram transformadas em logaritmos naturais, de modo que os coeficientes estimados mostram a elasticidade de cada variável analisada, e em seguida calculada a sua variação. A ordem de apresentação das variáveis no modelo foi feita considerando a literatura exposta na primeira seção deste artigo. Espera-se que todas as variáveis apresentem um impacto positivo na produção de ideias e sobre o PIB *per capita*.

Nosso conjunto de dados tem periodicidade anual entre 1980 a 2017. O VAR painel é realizado para três amostras: i) a primeira amostra tem 35 países da OCDE ⁵; ii) a segunda amostra é composta pelos países da OCDE que possuem renda *per capita* superior à média da Organização, totalizando 15 países; iii) a terceira amostra é composta por países que possuem renda inferior à média da OCDE, que são 20 países. Na seção seguinte são mostrados os resultados para as três amostras.

6 Resultados

Nesta seção, primeiro apresentamos os resultados para dois testes de raiz unitária de painel. Em seguida, apresentamos os resultados para a escolha do modelo utilizando os critérios de seleção de modelos

⁵ A OCDE é composta por 37 países, sendo que a Estônia e a República Checa foram retiradas da nossa amostra devido à grande ausência de dados para todos os indicadores.

de Andrews e Lu (2001). Terceiro, verificamos a condição de estabilidade, ou seja, se os valores da matriz de coeficientes estimados são estritamente menores que um. Por fim, analisamos as funções de impulso-resposta (IRFs) para nossa especificação PVAR multivariada.

6.1 Testes de Raiz Unitária de Painel

Em cada série de dados foi realizado testes de raiz unitária para verificar se as mesmas são estacionárias. É natural os dados econômicos não apresentarem estacionariedade, uma vez que não existe uma tendência clara de retorno a uma tendência linear. Contudo, segundo Enders (2008), a estacionariedade é importante para que os resultados da regressão não sejam espúrios.

Para captar a presença de raiz unitária em nossas variáveis, realizamos dois testes: o teste Dickey-Fuller (ADF) aumentado do tipo Fisher (MADDALA; WU, 1999); (CHOI, 2001) e o teste Im-Pesaran-Shin. No primeiro, a hipótese nula é que todos os países contêm raízes unitária e a hipótese alternativa é de que pelo menos um painel é estacionário. No teste Im-Pesaran-Shin, a hipótese nula é que todos os painéis têm raízes unitárias e a hipótese alternativa é que alguns painéis contêm raízes unitárias⁶.

Segundo Pesaran (2012), ambos os testes tentam mostrar a presença de raiz unitária para cada série individual em um painel, de modo que a rejeição da hipótese nula implica na estacionariedade de uma proporção estatisticamente significativa das unidades e não necessariamente todas. A tabela 2 apresenta os resultados dos testes de raiz unitária para os nossos dados.

Tabela 2 – Testes de Raiz Unitária em Painel

Variáveis	Países da OCDE				Países acima da média				Países abaixo da média			
	IPS		ADF-Fisher		IPS		ADF-Fisher		IPS		ADF-Fisher	
	Pvalor t	Pvalor t	Pvalor t	Pvalor t	Pvalor t	Pvalor t	Pvalor t	Pvalor t	Pvalor t	Pvalor t		
PESQ	0.00	-13.88	0.00	-18.01	0.00	-9.532	0.00	-12.24	0.00	-10.10	0.00	-13.22
ESCO	0.00	-19.93	0.00	-30.47	0.00	-12.07	0.00	-17.63	0.00	-15.91	0.00	-25.04
E_IDEIAS	0.00	-17.89	0.00	-25.55	0.00	-11.46	0.00	-15.55	0.00	-13.72	0.00	-20.31
N_IDEIAS	0.00	-13.04	0.00	-17.76	0.00	-9.907	0.00	-13.17	0.00	-8.636	0.00	-12.09
GPD_P	0.00	-15.02	0.00	-22.03	0.00	-12.09	0.00	-17.25	0.00	-8.952	0.00	-13.66
FBKF	0.00	-15.93	0.00	-28.80	0.00	*	0.00	-23.65	*	-10.57	0.00	-17.54
GAST_P	0.00	-15.49	0.00	-21.16	0.00	-9.67	0.00	-12.81	0.00	-12.12	0.00	-16.92
GAST_T	0.00	-13.33	0.00	-16.55	0.00	-14.18	0.00	-21.88	0.00	-11.31	0.00	-14.56

Fonte: Elaboração própria.

A partir dos resultados encontrados, pode-se concluir que a hipótese nula é rejeitada. Portanto, uma proporção significativa da série de coeficientes de todas as variáveis é estacionária.

6.2 Especificação do Modelo e a Condição de Estabilidade

Por não fazer distinção entre variáveis endógenas ou exógenas na estimativa, o VAR Painel é uma metodologia atórica, o que pode gerar causalidade bilateral. Assim, é importante definir o número de defasagens dos modelos a serem estimados. Segundo Enders (2008), o ideal é utilizar a menor quantidade de defasagens possível para que não se tenha problemas com a utilização de muitos graus de liberdade ou de especificação do modelo.

Para definir o melhor número de defasagens dos modelos, foi utilizado os critérios de Andrews e Lu (2001). A seleção do modelo é calculada para VARs de primeira a terceira ordem usando quatro defasagens para as variáveis como instrumentos, cujo resultados são mostrados na tabela 3. Não obstante,

⁶ Como se trata de painel não balanceado, não foi possível utilizar os testes Levin-Lin-Chu (LLC), Harris-Tzavalis (HT) e o teste de Hadri, que possui hipótese nula contrária aos demais testes. Para uma breve discussão sobre os testes de raiz unitária em painel, veja Pesaran (2012).

como não há um critério para a escolha dos lags, reconhecemos que a escolha das defasagens é arbitrária e subjetiva. Todavia, quatro defasagens se mostraram mais consistentes e estáveis quando comparados com outros modelos VARs estimados usando várias transformações dos dados.

Com base nos critérios de seleção de modelos de Andrews e Lu (2001), utilizamos a informação Bayesiano modificado (MBIC), o Akaike modificado (MAIC) e o Hannan-Quin modificado (MQIC) resultando, em todos os modelos, para uma estimação com uma defasagem. Exceto para a amostra com todos os países da OCDE, em que o MAIC indicou duas defasagens. Diante disso, a nossa escolha foi utilizar o modelo mais parcimonioso, conforme Andrews e Lu (2001).

Em seguida, ajustamos o modelo PVAR com base nesses critérios e estimamos através do método GMM. Como todas as variáveis são endógenas no VAR Painel, as funções estimadas não têm constante e os dois modelos são estimados simultaneamente. Portanto, as mesmas variáveis que impactam no PIB *per capita*, também geram efeitos na produção de ideias, de modo que podemos dizer que o segundo modelo é uma variação do primeiro.

Tabela 3 – Testes para Seleção dos Modelos

lags	MBIC			MAIC			MQIC		
	OCDE	Acima da Média	Abaixo da Média	OCDE	Acima da Média	Abaixo da Média	OCDE	Acima da Média	Abaixo da Média
1	-908.35	-881.11	-874.10	-31.011	-113.32	-157.92	-369.86	-417.29	-444.28
2	-630.52	-593.78	-574.15	-45.632	-81.92	-96.70	-271.53	-284.56	-287.60
3	-268.06	-272.50	-261.39	-24.386	-16.57	-22.66	-88.564	-117.89	-118.11

Fonte: Elaboração própria.

Com base na teoria econômica exposta na segunda seção, a ordem dos modelos adotada na decomposição de Cholesky será: GPD_P, N_IDEIAS, E_IDEIAS, FBKF, ESCO, PESQ, GAST_P e GAST_T. Para a função de produção de ideias, o PVAR estima simultaneamente invertendo a ordem com a variável N_IDEIAS no início.

A ordenação de Cholesky determina que a primeira variável sofra impacto imediato de todas as demais variáveis. A segunda variável pode sofrer impacto contemporâneo da terceira variável, mas não da primeira. No entanto, para garantir a robustez de nossas descobertas, foi estimado o PVAR com outras ordenações das variáveis, cujos resultados foram similares a primeira ordenação. Desse modo, a interpretação dos resultados ocorrerá diante dessa ordenação.

Outro problema ocorre devido o número de observações diminuir à medida que cresce a ordem de defasagens das variáveis incluídas como instrumentos, uma vez que se tem ausência de dados para alguns anos nas variáveis, como ESCO e PESQ.

Diante disso, para melhorar a estimativa, os modelos também foram estimados utilizando instrumentos GMM-system, conforme proposto por Holtz-Eakin, Newey e Rosen (1988). Com efeito, as defasagens do instrumento com valores ausentes são substituídas por zero, o que aumenta a amostra resultando em estimativas mais eficientes.

Antes das funções de impulso respostas serem estimadas, verificamos a condição de estabilidade do VAR painel. Os resultados encontrados mostram, que todas as raízes da matriz complementar estão dentro do círculo unitário. Portanto, as estimativas são estáveis.

6.3 Análise dos Resultados

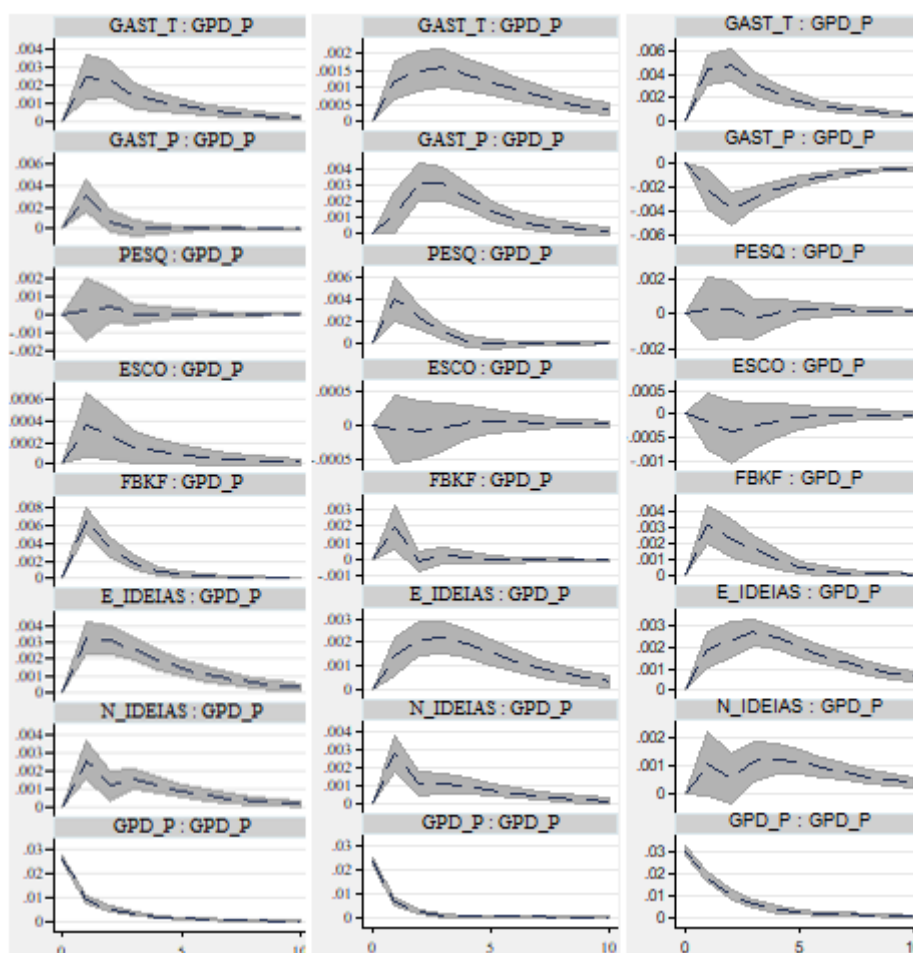
Realizados esses testes iniciais, estimamos as funções de impulso-respostas (FIR) através do programa *Stata*. Os gráficos de 1 e 2 mostram as funções de impulso-resposta para as funções de produção e de ideias respectivamente, para dez períodos, de acordo com o choque em uma variável específica. Na primeira coluna se encontra o resultado da amostra completa, na segunda coluna as funções de impulso resposta para a

amostra dos países de alta renda e na terceira coluna para os países de baixa renda. A região sombreada delimita um intervalo de confiança ao nível de 5% de significância, calculado a partir de 500 simulações de Monte Carlo.

A análise para os 35 países da OCDE, mostra que embora um choque positivo de um desvio padrão na variável capital humano alocado no setor de pesquisa provoque um efeito positivo sobre o PIB *per capita*, esta não se apresenta estatisticamente significativa. Porém, para o capital humano envolvido com P&D, o mesmo efeito não se observa sobre a produção de ideias que apresentou um efeito positivo e forte no primeiro ano. Embora seja um efeito de curto prazo, esse resultado é diferente do encontrado por Pessoa (2005) e Ulku (2007).

Por outro lado, um choque positivo de um desvio padrão nas variáveis estoque de ideias novas e estoque de ideias com obsolescência de 10% têm efeitos positivos e prolongados sobre o PIB *per capita*. Esse é um resultado importante, uma vez que sendo o capital humano alocado no setor de pesquisa responsável pela produção de ideias, pode significar que o efeito desse capital humano sobre o PIB ocorre de forma indireta através do processo de acumulação de ideias.

Figura 1 – Funções de impulso-respostas da Função de Produção



Fonte: Elaboração própria.

Também se observa que o estoque de novas ideias tem uma relação positiva e prolongada com o estoque de ideias acumulado com obsolescência. Além disso, ambos os coeficientes são estatisticamente significativos a 1%. Tais resultados, corroboram com os achados de Pessoa (2005) e se diferenciam dos encontrados por Porter e Stern (2000).

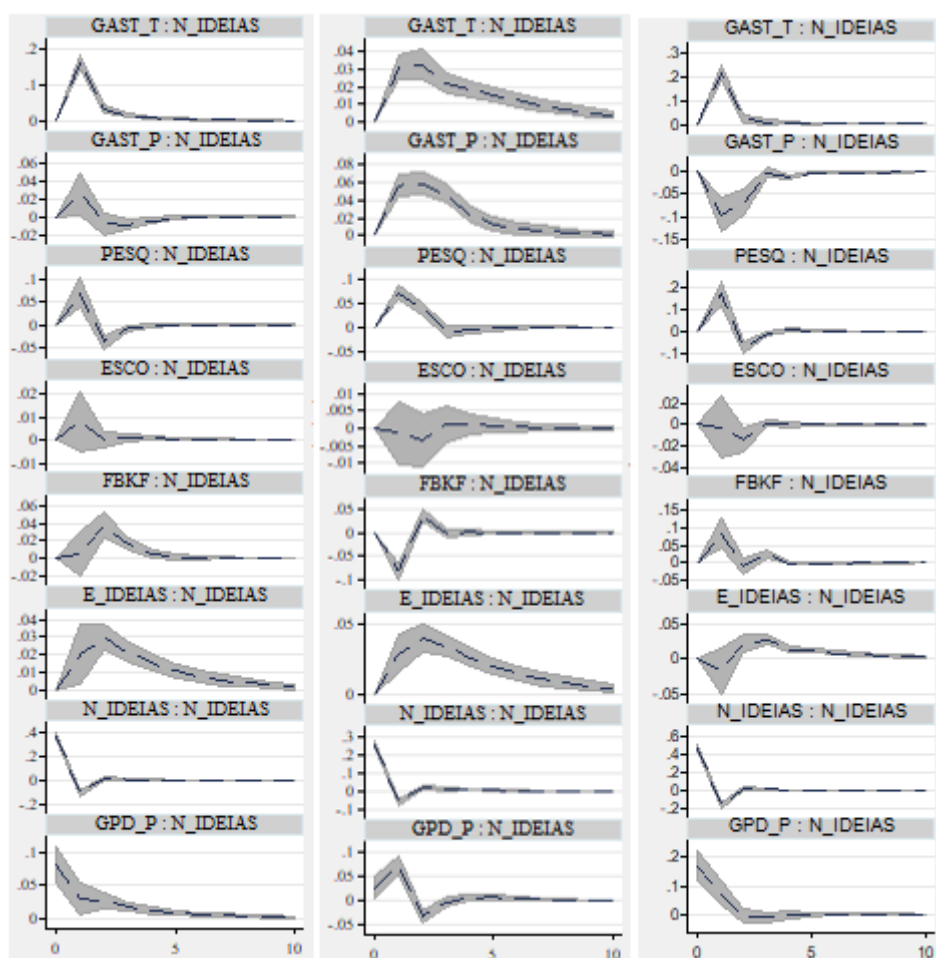
Para o capital humano fora do setor de pesquisa, um choque positivo nessa variável tem efeitos positivos tanto para o PIB *per capita* quanto para a produção de ideias, sendo mais forte sobre o a produção

de novas ideias, muito embora a contribuição seja negativa no segundo ano. Todavia, o efeito líquido parece ser positivo. Esse resultado é consistente com os encontrados por Belazreg e Mtar (2020).

No mesmo sentido, um choque positivo nos gastos com P&D domésticos também tem efeitos positivos sobre o PIB *per capita* e sobre a produção de ideias, entretanto, os coeficientes se mostram estatisticamente significativos a 1% e 5% respectivamente. Além disso, a estatística t foi baixa para a produção de ideias. Portanto, esses resultados geram dúvidas se políticas governamentais pela via do gasto em P&D é eficiente para aumentar o PIB *per capita* e a produção de conhecimento nas economias da OCDE, diferentemente do argumentado por Romer (1990). Um choque positivo na variável gastos em P&D total na OCDE, gera *spillovers* positivos sobre os demais países, sendo maior sobre a produção de conhecimento. Assim, além dos canais de difusão de tecnologia mostrados por Ang e Madsen (2015), os gastos em P&D parecem ser outra fonte de difusão de conhecimento.

Não obstante, a amostra de 35 países possui economias com diferentes níveis de renda *per capita*, de modo que tentar separar a análise por países com renda acima da média da OCDE e abaixo da média, pode proporcionar resultados mais eficientes. Portanto, os gráficos 1 e 2, também mostram as funções de impulso-respostas para essas duas amostras separadamente.

Figura 2 – Funções de impulso-respostas da Função de Produção de Ideias



Fonte: Elaboração própria.

Diferentemente da amostra completa, um choque na variável PIB *per capita* causa um efeito positivo sobre a própria variável nas duas amostras em foco. Porém, não apresentou a mesma intensidade sobre a produção de ideias.

Para os países abaixo da média, um choque positivo de um desvio padrão na variável PIB *per capita* tem um efeito positivo sobre a própria variável PIB *per capita* e sobre a produção de ideias, sendo mais forte nesta última. Porém, além de ser estatisticamente significativa a 1%, o efeito sobre o PIB *per capita* tem um

tempo de duração maior, alcançando o estado estacionário a partir do quinto ano após o choque. Na amostra de países com renda acima da média, os efeitos embora positivos, tem impactos menores e por um período mais curto de tempo.

Já o efeito de um choque no estoque de ideias novas tem um impacto positivo sobre o PIB dos países com renda baixa, mas não é estatisticamente significativo. No caso dos países com renda alta, o efeito é positivo e estatisticamente significativo a 1%. Porém, o efeito é maior nos primeiros anos após o choque. Em relação a função de produção de ideias, o efeito é negativo no primeiro ano, cujo estado estacionário é alcançado já no segundo ano após o choque em ambas as amostras, sendo estatisticamente significativo a 1%. O que de certo modo, confirma o resultado da mostra completa.

Entretanto, o resultado é positivo quando o choque é no estoque de conhecimento com obsolescência para os países de alta renda, ocorrendo o aumento da produção de novas ideias. Nos países de baixa renda, o efeito inicial é negativo, mas se torna positivo a partir do segundo ano. Esses resultados são respaldados pela teoria do crescimento endógeno de primeira geração, Romer (1990) e Jones (1997), uma vez que a produção de novas ideias aumenta em virtude do estoque de ideias acumulado.

Todavia, o efeito neutro entre inovação e crescimento econômico encontrado por Belazreg e Mtar (2020) não se confirma em nossos resultados. Embora seja menos intensivo em ambas as amostras, o efeito da inovação sobre o PIB *per capita* é positivo.

Um choque na variável capital físico (FBKF), no caso dos países de renda baixa, tem um efeito positivo tanto sobre o PIB *per capita* quanto sobre a produção de ideias, impactando a renda *per capita* até o quinto ano, quando alcança o estado estacionário. Para os países com renda alta, o choque na FBKF tem o efeito esperado sobre o PIB, mas é negativo sobre a produção de ideias no primeiro ano. Contudo, são efeitos de curto prazo, o estado estacionário é alcançado já no terceiro ano.

Diferentemente do esperado, um choque positivo de um desvio padrão no capital humano fora do setor de pesquisa tem efeitos negativos tanto sobre o PIB *per capita* quanto sobre a produção de ideias novas nos países de alta e baixa renda, ambos estatisticamente significativos a 1%. Resultados similares através de técnicas diferentes foram também encontrados por Ulku (2007), porém sendo não significativo estatisticamente. Ang e Madsen (2015) encontram resultados positivos, mas insignificantes estatisticamente. Segundo os autores esses resultados indicam que a variável capital humano fora do setor de P&D tem efeitos temporários na produção de ideias, uma vez que apenas parte das pessoas instruídas é empregada de fato no setor de pesquisa. No entanto, nossos resultados não captaram esses efeitos.

O choque positivo na variável capital humano no setor de pesquisa, para os países de renda baixa, produz um efeito negativo sobre o PIB *per capita* no terceiro ano, mas essa variável se apresentou estatisticamente significativo a 10% com uma estatística t baixa. Para a produção de ideias o efeito positivo é forte no primeiro ano e negativo no segundo, embora o efeito líquido seja positivo.

Nos países de renda alta, o choque provoca um efeito positivo até o terceiro ano para a produção de ideias e até o quarto ano para o PIB *per capita*, ambos estatisticamente significativos a 1%.

Portanto, o efeito de um choque favorável na variável pesquisadores se torna maior nos países de renda baixa, sobretudo para a produção de ideias. Esses resultados parecem confirmar a previsão de Jones (1997), já que os países de renda baixa possuem menores estoques de capital humano. Por outro lado, tais resultados se contrapõem aos encontrados por Ulku (2007), em que o aumento de pesquisadores só causa efeito positivos sobre os países com renda alta.

Por outro lado, o aumento do gasto com pesquisa e desenvolvimento não significa necessariamente um aumento do PIB *per capita* e da produção de ideias para os países com renda abaixo da média da OCDE. Um choque positivo de um desvio padrão nesta variável tem um efeito negativo para ambos, cujos coeficientes estimados se mostraram estatisticamente significativo a 1%.

Mas o mesmo não se observa para os países de renda alta, uma vez que o choque favorável em gastos com P&D tem um efeito positivo e de certo modo, duradouro para o PIB *per capita* e para a produção de ideias. O estado estacionário é alcançado a partir do sétimo ano. Portanto, talvez o argumento de Romer (1990) deva ser qualificado, uma vez que políticas públicas via gasto em P&D parecem obter resultados positivos apenas em países que já possuem uma renda alta. Isso pode ocorrer pelo fato dos países de renda

alta possuem maiores produtividades e/ou pelo conhecimento existente que permite uma maior eficiência e aproveitamento dos gastos em P&D.

Entretanto, um choque favorável no gasto total em P&D nos países da OCDE é positivo para os países de renda alta e baixa, sobretudo para a produção de ideias. Parece ocorrer *spillovers* de conhecimento do tipo *standing-on-the-shoulders* dos países de renda alta para os países de renda baixa que facilitam o processo de inovação nestes últimos, uma vez que o efeito é maior sobre a amostra de países de baixa renda. Portanto, os resultados encontrados sugerem que tais países se beneficiam mais dos esforços de P&D do que os países de alta renda, o que pode contribuir para a convergência de suas respectivas rendas *per capita*.

7 Considerações finais

O presente artigo teve por objetivo avaliar as relações de impulso-repostas de choques nas variáveis das funções de produção e de ideias a partir do método de *Panel Data Vector Autoregressive* (PVAR). A fundamentação teórica dessas funções se baseia, sobretudo, na teoria do crescimento endógeno de Romer (1990) e Jones (1997). Esses modelos de primeira geração mostram que tanto o PIB *per capita* quanto a acumulação de ideias dependem do estoque de ideias do passado e do número de pesquisadores empregados no setor de pesquisa. Assim, procuramos mostrar se um choque favorável nessas variáveis e em outras, como o gasto em P&D, geram um efeito positivo sobre as variáveis de interesse.

Para a amostra sem discriminação dos países pela renda, a teoria do crescimento endógeno de primeira geração encontra apoio nos resultados obtidos neste trabalho. A única variável que apresentou sinal diferente do esperado foi a variação do estoque de novas ideias, as demais apresentaram o sinal positivo para o PIB *per capita* e para a produção de ideias. Além disso, se observou *spillovers* positivos do gasto total em P&D na OCDE, embora os gastos domésticos dos países de forma individual tenham apresentado uma estatística *t* baixa.

Diferenciando a amostra em países com renda acima da média e abaixo da média, a teoria do crescimento endógeno de Romer e Jones encontra apoio em nossos achados. O estoque de ideias acumulado tem efeito positivo nas duas amostras, embora efeitos não contemporâneos para os países de baixa renda. Essa teoria também encontra apoio quando a variável analisada é o capital humano envolvido com pesquisa. O aumento do número de pesquisadores tende a aumentar tanto o PIB *per capita* quanto a produção de conhecimento novo.

A suposição de Romer de que políticas públicas no sentido de incentivar a produção de ideias pode contribuir para o crescimento econômico tem respaldo empírico no gasto total da OCDE, de modo que um aumento do gasto em P&D tende a gerar *spillovers* para todas as amostras.

Este trabalho não separa o gasto em P&D do setor privado e do setor público, além disso não faz a discriminação dos efeitos de *spillovers* dos gastos realizados nos países de alta, de baixa renda da OCDE e dos gastos realizados fora da OCDE. Outra ausência são os *spillovers* derivados do estoque de ideias da OCDE e de outros países fora da OCDE. Essas questões podem ser abordadas em um novo trabalho e, portanto, ficam como sugestões de pesquisas futuras.

Referências

ABRIGO, M. R.; LOVE, I. Estimation of panel vector autoregression in stata. *The Stata Journal*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 16, n. 3, p. 778–804, 2016.

AGHION, P.; HOWITT, P. *A model of growth through creative destruction*. [S.l.], 1990.

ANDREWS, D. W.; LU, B. Consistent model and moment selection procedures for gmm estimation with application to dynamic panel data models. *Journal of econometrics*, Elsevier, v. 101, n. 1, p. 123–164, 2001.

- ANG, J. B.; MADSEN, J. B. What drives ideas production across the world? *Macroeconomic Dynamics*, Cambridge University Press, v. 19, n. 1, p. 79, 2015.
- 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*, Wiley-Blackwell, v. 58, n. 2, p. 277–297, 1991.
- BALTAGI, B. *Econometric analysis of panel data*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008.
- BARRO, R. J.; MARTIN, X. I. Sala-i. *Economic growth*. [S.l.]: MIT press, 2003.
- BARRO, R. J.; MARTIN, X. Sala-i. Convergence. *Journal of political Economy*, The University of Chicago Press, v. 100, n. 2, p. 223–251, 1992.
- BELAZREG, W.; MTAR, K. Modelling the causal linkages between trade openness, innovation, financial development and economic growth in oecd countries. *Applied Economics Letters*, Taylor & Francis, v. 27, n. 1, p. 5–8, 2020.
- CHOI, I. Unit root tests for panel data. *Journal of international money and Finance*, Elsevier, v. 20, n. 2, p. 249–272, 2001.
- ENDERS, W. *Applied econometric time series*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008.
- GRILICHES, Z. *Patent statistics as economic indicators: 1990*. [S.l.]: National Bureau of Economic Research, 1990.
- GROSSMAN, G. M.; HELPMAN, E. *Innovation and growth in the global economy*. [S.l.]: MIT press, 1991.
- HOLTZ-EAKIN, D.; NEWEY, W.; ROSEN, H. S. Estimating vector autoregressions with panel data. *Econometrica: Journal of the econometric society*, JSTOR, p. 1371–1395, 1988.
- JONES, C. R&d-based models of economic growth,"*journal of political economy*, 103, 759-84.(1995b). *Time Series Tests of Endogenous Growth Models," Quarterly Journal of Economics*, v. 110, p. 495–525, 1997.
- JR, R. E. L. On the mechanics of economic development. *Journal of monetary economics*, Elsevier, v. 22, n. 1, p. 3–42, 1988.
- JUDSON, R. A.; OWEN, A. L. Estimating dynamic panel data models: a guide for macroeconomists. *Economics letters*, Elsevier, v. 65, n. 1, p. 9–15, 1999.
- LOVE, I.; ZICCHINO, L. Financial development and dynamic investment behavior: Evidence from panel var. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Elsevier, v. 46, n. 2, p. 190–210, 2006.
- LUINTEL, K. B.; KHAN, M. Ideas production and international knowledge spillovers: digging deeper into emerging countries. *Research Policy*, Elsevier, v. 46, n. 10, p. 1738–1754, 2017.
- LÜTKEPOHL, H. *New introduction to multiple time series analysis*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2005.
- MADDALA, G. S.; WU, S. A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, Wiley Online Library, v. 61, n. S1, p. 631–652, 1999.
- NICKELL, S. Biases in dynamic models with fixed effects. *Econometrica: Journal of the econometric society*, JSTOR, p. 1417–1426, 1981.

PESARAN, M. H. On the interpretation of panel unit root tests. *Economics Letters*, Elsevier, v. 116, n. 3, p. 545–546, 2012.

PESSOA, A. “ideas” driven growth: the oecd evidence. *Portuguese Economic Journal*, Springer, v. 4, n. 1, p. 46–67, 2005.

PORTER, M. E.; STERN, S. *Measuring the "ideas" production function: Evidence from international patent output*. [S.l.], 2000.

ROMER, P. M. Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, The University of Chicago Press, v. 98, n. 5, Part 2, p. S71–S102, 1990.

SOLOW, R. M. Technical change and the aggregate production function. *The review of Economics and Statistics*, JSTOR, p. 312–320, 1957.

ULKU, H. R&d, innovation and output: evidence from oecd and nonoecd countries. *Applied Economics*, Taylor & Francis, v. 39, n. 3, p. 291–307, 2007.