

## Produtividade da pesquisa, efeitos *spillovers* e estagnação secular (1980-2016)

Luccas Assis Attílio (FEA/USP-UFOP)

Mauro Rodrigues Júnior (FEA/USP)

Área 6 - Crescimento, Desenvolvimento Econômico e Instituições

**Resumo:** O artigo de Bloom et al (2020) mostrou que a produtividade da pesquisa do modelo de Romer (1990) se alterou ao longo do tempo. O presente artigo a relaciona com o desempenho econômico das economias avançadas em meio ao contexto de estagnação secular utilizando o GVAR no período 1980-2016 com 19 países. Realizam-se choques globais e locais sobre a produtividade da pesquisa e sobre a PTF. Verifica-se a existência de efeitos *spillovers* dos EUA sobre os demais países. Os choques externos apresentam importância crescente para explicar a variação do produto ao longo do tempo, com diferenciações dependendo da localização regional da economia. Em decorrência dos choques, as variáveis taxa de inflação e taxas de juros de curto e longo prazo se reduzem, em conformidade com o comportamento esperado na literatura.

**Palavras-chave:** Produtividade da pesquisa; Estagnação secular; Produtividade total dos fatores.

**Código-JEL:** O47; O50; E30.

### Research productivity, spillovers effects and secular stagnation (1980-2016)

**Abstract:** The Bloom et al (2020)'s article showed that the research productivity of the Romer model (1990) has changed over time. This article relates it to the economic performance of advanced economies in the context of secular stagnation using GVAR in the 1980-2016 period with 19 countries. Global and local shocks are carried out on research productivity and on TFP. There are spillovers effects of the USA on other countries. External shocks are of increasing importance to explain product variation over time, with differences depending on the regional location of the economy. As a result of the shocks, the inflation rate and short and long-term interest rates are reduced, in line with the expected behavior in the literature.

**Keywords:** Research productivity; Secular stagnation; Total factor productivity.

### 1. Introdução

A lenta recuperação do crescimento das economias avançadas após a crise financeira de 2007-2008 deflagrou uma onda de trabalhos discutindo as causas dessa desaceleração, com o resgate do termo estagnação secular, cunhado por Hansen (1939). A literatura se dividiu entre fatores de oferta, como as quedas de crescimento da produtividade e da população (Fernald et al, 2017; Summers, 2014; Gordon, 2015 e Gordon, 2018), e fatores de demanda, tais como insuficientes investimentos em infraestrutura e capital humano (Blanchard, Lorenzoni e L'Huillier, 2017 e Eichengreen, 2014).

O objetivo desse trabalho é contribuir com essa discussão. Bloom et al (2020) argumentaram que a produtividade da pesquisa dos Estados Unidos da América (EUA) se reduziu ao longo do tempo. Dada a relevância desse país na economia mundial, em geral, e sobre a fronteira tecnológica, em particular, levanta-se a hipótese de que a redução da produtividade da pesquisa tenha efeitos sobre o crescimento não somente dos norte-americanos, como também sobre as economias avançadas. Em outras palavras, a produtividade da pesquisa pode ser um fator adicional para compreender a estagnação secular.

O método utilizado é o GVAR, o qual permite conectar diferentes países utilizando ponderações de variáveis de integração econômica. Por meio dele, efeitos de *spillovers* e choques globais são captados. No caso do primeiro, pode-se modelar um choque tecnológico nos EUA e verificar como o mesmo impacta os demais países. Quanto aos choques globais, pode-se analisar como os diferentes países reagem ao mesmo evento.

A utilização do GVAR permite testar hipóteses da literatura de estagnação secular. Choques negativos sobre a produtividade da pesquisa dos EUA poderão ser realizados e os seus efeitos sobre o crescimento das demais economias verificados pelas funções impulso resposta. A influência de

*players* relevantes como o Japão e a China também podem ser testados ao realizar choques nessas economias e analisar como eles se propagam sobre os demais países. A importância dos choques e efeitos de propagação para o crescimento das economias domésticas podem ser vistos pela decomposição da variância, o que possibilitaria observar o quanto da variação do crescimento é decorrente de choques externos e domésticos. Por fim, o GVAR permite avaliar a sensibilidade das economias em relação ao ambiente externo.

Os resultados mostram que um choque negativo da produtividade da pesquisa repercute negativamente sobre o crescimento das demais economias. Esse choque faz com que as taxas de juros de curto e de longo prazo e a taxa de inflação se reduzam, em conformidade com o comportamento observado dessas variáveis no ambiente de estagnação secular. Choques na PTF dos EUA mostram que os efeitos de *spillovers* são significativos entre os países.

A resposta dos países aos choques difere dependendo da origem do choque. Enquanto choques nos EUA afetam de forma adversa a Zona do Euro e o Japão, o Reino Unido não sofre consequências adversas. Por outro lado, quando o choque se origina nos países do Euro, a economia britânica é impactada de forma negativa. Há evidências de que o impacto dos choques obedeça a padrões regionais entre os países.

Enquanto os trabalhos de Fernald et al (2017) e Eggertsson, Mehrotra e Robbins (2019) analisaram a relação crescimento e tecnologia para os EUA, eles não consideraram a inter-relação dos EUA com a economia mundial. A mesma observação pode ser traçada para Illing, Ono e Schlegl (2018) no caso japonês. O uso do GVAR permite captar esse tipo de efeito, mostrando a influência mútua das economias, inclusive a dos EUA e a do Japão. Como o período de estudo da estagnação secular envolveu diferentes economias avançadas, a exclusão dos seus efeitos recíprocos é uma lacuna que o GVAR consegue preencher.

A análise da produtividade da pesquisa e o seu efeito sobre as economias domésticas no contexto da estagnação secular, salvo engano, não foi realizada pela literatura. Há diversos trabalhos retratando como a desaceleração da PTF exerceu pressão para baixo sobre o crescimento econômico (Eichengreen, 2014; Fernald et al, 2017), mas tais trabalhos não modelaram os efeitos de *spillovers* entre os países – algo importante a considerar em trabalhos macroeconômicos, especialmente quando a difusão de ideias é considerada. Não obstante o acréscimo de um novo fator para fornecer subsídios na explicação da estagnação secular, utiliza-se a PTF para captar o seu efeito local e internacional sobre os países.

Além dessa introdução, o artigo está dividido em 4 seções. A seção 2 descreve o modelo GVAR; a seção 3 apresenta os dados utilizados; a seção 4 realiza exercícios econométricos; a última seção tece algumas considerações finais.

## 2. Modelo teórico: GVAR

O modelo Global VAR (GVAR) tem como principal característica a interconexão de todos os países entre si. Essa interdependência é construída, na maioria das vezes, por meio da ponderação do comércio bilateral entre os países. Dessa forma, ligam-se todos os países por meio da ponderação de suas variáveis endógenas. Em resumo, o GVAR é um conjunto de modelos VARX conectados entre si.

Para apresentar o GVAR, essa seção se baseou nos trabalhos de Dees et al (2007), Mauro e Pesaran (2013), Smith e Galesi (2014) e Eickmeier e Ng (2015). Considere o  $VARX(q_i, q_i^*)$ , em que os parâmetros  $q_i$  e  $q_i^*$  representam as defasagens das variáveis endógenas e estrangeiras, respectivamente, e onde o subscrito  $i = 0, 1, \dots, N$  denota os países:

$$x_{i,t} = a_{i,0} + a_{i,1}t + \sum_{j=1}^{p_i} a_{i,j}x_{i,t-j} + \sum_{j=0}^{q_i} \beta_{i,j}x_{i,t-j}^* + \sum_{j=1}^{l_i} \gamma_{i,j}d_{t-j} + u_{i,t} \quad (1)$$

O termo  $x_{i,t}$  é um vetor  $k_i \times 1$  de variáveis endógenas,  $x_{i,t}^*$  é um vetor  $k_i^* \times 1$  de variáveis estrangeiras específicas ao país,  $d_t$  é um vetor de variáveis globais – nas estimações será a produtividade da pesquisa – que estão presentes em todos os modelos VARX,  $a_{i,0}$  é uma constante,  $t$

é a tendência linear,  $u_{i,t}$  é um vetor  $k_i \times 1$  de inovações serialmente não correlacionadas,  $u_{i,t} \sim iid(0, \Sigma_{u,i})$ , e  $\alpha_{i,j}$ ,  $\beta_{i,j}$  e  $\gamma_{i,j}$  são os coeficientes das matrizes.

As variáveis estrangeiras são construídas como médias ponderadas das variáveis dos outros países. Definindo  $x_{i,g,t}$  como o  $g$ th elemento de  $x_{i,t}$ :

$$x_{i,g,t}^* = \sum_{h=0}^N w_{i,g,h} x_{h,g,t} \quad (2)$$

Onde  $w_{i,g,h}$  é a matriz de ponderação que retrata a exposição do país  $i$  para o país  $h$  devido à variável  $g$ . Observe que:

$$\sum_{h=0}^N w_{i,g,h} = 1 \text{ e } w_{i,g,h} = 0, \text{ quando } h = i \quad (3)$$

Em outras palavras, a soma de todas as ponderações do país  $i$  com os demais países resulta em 1. Na prática, a matriz  $w$  tem diagonal principal nula, e a soma de suas colunas resulta em 1.

Desconsiderando, por simplicidade, a variável global,  $d_t$ , a constante, e o termo de tendência linear, defina  $z_{i,t} = (x'_{i,t}, x'^*_{i,t})'$  e estabeleça  $p_i = \max(q_i, q_i^*)$ . A equação (1) pode então ser reescrita como:

$$A_{i,0} z_{i,t} = \sum_{j=1}^{p_i} A_{i,j} z_{i,t-j} + u_{i,t} \quad (4)$$

Em que  $A_{i,0} = (I_{k_i}, -\beta_{i,0})$  e  $A_{i,j} = (\alpha_{i,j}, \beta_{i,j})$ .

O termo  $z_{i,t}$  é conectado a  $x_t = (x'_{0,t}, x'_{1,t}, \dots, x'_{N,t})'$ , um vetor  $K \times 1$  incluindo todas as variáveis endógenas do sistema, por meio da matriz de pesos  $w_i$ :

$$z_{i,t} = W_i x_t \quad (5)$$

A matriz  $W_i$  tem dimensão  $(k_i + k_i^*) \times K$  e possui os pesos denotando as relações bilaterais entre os países analisados – no presente trabalho esse *link* é o comércio bilateral. Conseqüentemente,  $w_{i,i} = 0$ :

$$W_i = \begin{pmatrix} 0 & \dots & I_{k_i} & \dots & 0 \\ w_{i,0} I_{k_i^*} & \dots & w_{i,i} I_{k_i^*} & \dots & w_{i,N} I_{k_i^*} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Logo, a equação (1) é reescrita como:

$$A_{i,0} W_i x_t = \sum_{j=1}^{p_i} A_{i,j} W_i x_{t-j} + u_{i,t} \quad (7)$$

O próximo passo consiste em empilhar todos os modelos VARX de cada país, dando origem ao modelo global com todas as variáveis:

$$G_0 x_t = \sum_{j=1}^p G_j x_{t-j} + u_t \quad (8)$$

Onde:

$$G_0 = \begin{pmatrix} A_{0,0} W_0 \\ A_{1,0} W_1 \\ \vdots \\ A_{N,0} W_N \end{pmatrix}, G_j = \begin{pmatrix} A_{0,j} W_0 \\ A_{1,j} W_1 \\ \vdots \\ A_{N,j} W_N \end{pmatrix}, u_t = \begin{pmatrix} u_{0,t} \\ u_{1,t} \\ \vdots \\ u_{N,t} \end{pmatrix} \sim iid(0, \Sigma_u) \text{ e } p = \max(p_1, \dots, p_N) \quad (9)$$

Multiplicando a equação (8) por  $G_0^{-1}$ , tem-se a representação autoregressiva do modelo GVAR ( $p$ ):

$$x_t = \sum_{j=1}^p F_j x_{t-j} + \varepsilon_t \quad (10)$$

$$\text{Onde } F_j = G_0^{-1} G_j, b_0 = G_0^{-1} a_0, b_1 = G_0^{-1} a_1, \text{ e } \varepsilon_t = G_0^{-1} u_t.$$

A equação (10) pode ser resolvida recursivamente, com as análises de impulso resposta e decomposição da variância podendo ser desempenhadas. No caso da função impulso resposta, no atual arcabouço ela é conhecida como *Generalized impulse response function* (GIRF). Como principais características, a GIRF não depende do ordenamento das variáveis e tampouco dos países. Dessa forma, ela não precisa de uma teoria econômica *a priori* para justificar a origem dos choques. A GIRF pode ser representada por:

$$GIRF(x_t; u_{i,t}, n) = E(x_{t+n} | u_{i,t} = \sqrt{\sigma_{ii,ll}}, \mathbb{I}_{t-1}) - E(x_{t+n} | \mathbb{I}_{t-1}) \quad (11)$$

Onde  $\mathbb{I}_{t-1}$  é o conjunto de informação no período  $t - 1$ ,  $\sigma_{ii,ll}$  é o elemento da diagonal da matriz de variância-covariância  $\Sigma_u$  correspondendo à  $l^{th}$  equação do país  $i^{th}$ , e  $n$  é o horizonte temporal.

Supondo que o termo  $u_t$  siga uma distribuição normal multivariada, o choque de um desvio padrão no tempo  $t$  da  $l^{th}$  equação sobre a  $j^{th}$  variável no tempo  $t + n$  é dado pelo  $j^{th}$  elemento de:

$$GIRF(x_t; u_{l,t}, n) = \frac{e_j' A_n G_0^{-1} \Sigma_u e_l}{\sqrt{e_l' \Sigma_u e_l}}, n = 0, 1, 2, \dots; l, j = 1, 2, \dots, k \quad (12)$$

Onde  $e_l = (0, 0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0)'$  é um vetor com valor unitário correspondente ao choque específico do país.

Nos modelos VAR, a decomposição da variância dos erros se origina de um choque ortogonal. De forma um pouco diferente, os choques do GVAR não são ortogonais. Segundo Smith e Galesi (2014), na média os choques entre países são positivamente correlacionados. Seguindo as GIRFs, a *Generalized forecast error variance decomposition* (GFEVD) não depende do ordenamento das variáveis e dos países. A GFEVD considera a proporção da variância de  $n$  períodos dos erros de previsão de  $x_t$  que é explicada ao condicionar aos choques não ortogonalizados  $u_{j,t}, u_{j,t+1}, \dots, u_{j,t+n}$ , para  $j = 1, \dots, k$ , enquanto permitindo correlações contemporâneas entre esses choques e os choques das demais equações do sistema. A GFEVD é modelada da seguinte forma:

$$GFEVD(x_{(l)t}; u_{(j)t}, n) = \frac{\sigma_{jj}^{-1} \sum_{s=0}^n (e_l' A_s G_0^{-1} \Sigma_u e_j)^2}{\sum_{s=0}^n e_l' A_s G_0^{-1} \Sigma_u G_0^{-1} A_s' e_l}, para n = 0, 1, 2, \dots \quad (13)$$

Essa equação fornece a proporção de  $n$  períodos futuros da variância do erro de previsão do  $l^{th}$  elemento de  $x_t$  explicado pelas inovações no  $j^{th}$  elemento de  $x_t$ . Outra diferença em relação à decomposição da variância dos modelos VAR é que a do modelo GVAR não precisa somar uma unidade ao final dos períodos.

Relações de cointegração para variáveis não estacionárias podem ser obtidas reescrevendo a equação (1) na forma de correção de erros:

$$\Delta x_{i,t} = c_{i,0} + a_i \beta_i' (z_{i,t-1} - \gamma_i(t-1)) + \beta_{i,0} \Delta x_{i,t}^* + \sum_{j=1}^{p_i} \Gamma_{i,j} \Delta z_{i,t-j} + u_{i,t} \quad (14)$$

Onde  $a_i$  e  $\beta_i$  são de *rank*  $r_i$  e dimensões  $k_i \times r_i$  e  $(k_i \times k_i^*) \times r_i$ , respectivamente.

Seguindo Dees et al (2007) e Eickmeier e Ng (2015), assume-se que as variáveis estrangeiras específicas ao país  $i$ ,  $x_{i,t}^*$ , sejam fracamente exógenas integradas de ordem 1,  $I(1)$ . Cada modelo VARX é estimado separadamente para cada país condicionado em  $x_{i,t}^*$  usando regressão de *rank* reduzido.

A hipótese de fracamente exógena em modelos de cointegração implica que não há *feedback* de longo prazo de  $x_{i,t}$  para  $x_{i,t}^*$ , mas não impede que exista *feedback* de curto prazo defasado entre os dois conjuntos de variáveis. Segundo Dees et al (2007), nesse caso  $x_{i,t}^*$  funciona como “*long-run forcing*” para  $x_{i,t}$ , e faz com que os termos de correção do erro do modelo individual não entrem no modelo marginal de  $x_{i,t}^*$  (testes de raiz unitária, de exogeneidade fraca e de cointegração irão confirmar essa hipótese).

### 3. Dados

Parte das variáveis utilizadas foram obtidas do banco de dados de Mohaddes e Raissi (2018). Esses dados são trimestrais com abrangência temporal de 1979Q2 a 2016Q4 e englobam 33 países. As variáveis são o log do PIB real,  $y_{it}$ , a taxa de juros de curto prazo,  $\rho_{it}^s$ , a taxa de juros de longo prazo,  $\rho_{it}^l$ , e a taxa de inflação,  $\pi_{it}$ .

A produtividade da pesquisa,  $\delta_{it}$ , é obtida por meio do modelo de Romer (1990) e do trabalho de Bloom et al (2020). Segundo o modelo de Romer, a produtividade da pesquisa é um parâmetro constante ao longo do tempo:

$$\dot{A} = \delta H_A A \quad (15)$$

Onde  $\dot{A}$  representa o fluxo de novas ideias,  $H_A$  é o capital humano – cientistas e pesquisadores -, e  $A$  é o estoque de ideias. No equilíbrio do modelo, a produtividade da pesquisa exerce efeito positivo sobre a taxa de crescimento,  $g$ :

$$g = \frac{\delta H - \lambda p}{\sigma \lambda + 1} \quad (16)$$

Bloom et al (2020) argumentam que não somente a produtividade da pesquisa é um parâmetro flexível – em contraste com Romer (1990) -, como também se reduziu ao longo do tempo. Isolando o termo de produtividade da pesquisa na equação (15), tem-se a equação (17), na qual o numerador é a taxa de crescimento da PTF e o denominador é o número de pesquisadores e cientistas. Como a taxa da PTF se reduziu e o capital humano se elevou ao longo das décadas (considerando os EUA), a produtividade da pesquisa decresceu. Pela equação (16), percebe-se que tal queda impactaria o crescimento econômico.

$$\delta = \frac{(\dot{A}/A)}{H_A} \quad (17)$$

Para obter a PTF e a produtividade da pesquisa, utiliza-se a função de produção de Cole et al (2005), equação (18), na qual o lado esquerdo representa o produto real em PPC por trabalhador e o lado direito, além da PTF – termo  $A_{it}$  -, tem-se o estoque de capital real em PPC por trabalhador. Todos os dados foram obtidos pela Penn World Table 9.1.

$$\frac{Y_{it}}{L_{it}} = A_{it} \left( \frac{K_{it}}{L_{it}} \right)^{1/3} \quad (18)$$

Posteriormente, o número de pesquisadores e cientistas é obtido pelos dados da OCDE. Dessa forma, a equação (17) fornece a produtividade da pesquisa<sup>1</sup>, bastando transformar a série  $A_{it}$ , que está em nível, em taxa de crescimento, e dividindo-a pelo capital humano, pesquisadores e cientistas. Essa será a variável global do modelo, termo  $d_t$  da equação (1), denotada como *romer*, entrando como endógena unicamente para os EUA, e como variável estrangeira fracamente exógena para os demais países. Dees et al (2007) realizaram o mesmo procedimento, embora com diferente variável global.

Trabalhos como os de Greenspan e Wooldridge (2018) enfatizam a proeminência tecnológica dos EUA na economia mundial. A partir disso, a produtividade da pesquisa pode ser vista como uma *proxy* para a capacidade de criação de novas ideias. As ideias criadas nos EUA se espalham pelo mundo permitindo a aproximação dos demais países ao seu nível tecnológico. Consequentemente, a produtividade da pesquisa funcionaria como uma variável global.

A PTF, por sua vez, estará em log e em nível, e entra como variável endógena,  $ptf_{it}$  – assim como as variáveis descritas no primeiro parágrafo dessa seção.

Tanto a PTF quanto a produtividade da pesquisa passaram pelo procedimento de alteração da frequência de *denton*. Esse procedimento é capaz de alterar a frequência de variáveis anuais para trimestrais, precisando para isso de uma variável de referência, que tenha comportamento próximo ao da variável a ser transformada. No caso da PTF, utilizou-se o PIB real de Mohaddes e Raissi (2018), enquanto para a produtividade da pesquisa usou-se a série da PTF trimestral. Ademais, a produtividade da pesquisa foi normalizada para evitar sinais negativos (para a sua obtenção, o numerador da equação 16 foi negativo em alguns trimestres).

Como explicado na seção 2, as variáveis estrangeiras são obtidas pela ponderação das variáveis endógenas dos demais países. A maior parte dos trabalhos que utiliza o GVAR adotam a média do comércio bilateral como peso. No presente trabalho usou-se a média do comércio bilateral de 2014-2016 com pesos fixos (tabela 1). A equação (19) mostra como é calculado o peso do comércio do país  $i$  com o país  $j$  entre 2014 e 2016, onde  $T_{i,j}$  é o comércio bilateral entre os países  $i$  e  $j$ , e  $T_i$  é o comércio total do país  $i$ :

$$w_{ij} = \frac{T_{i,j2014} + T_{i,j2015} + T_{i,j2016}}{T_{i,2014} + T_{i,2015} + T_{i,2016}} \quad (19)$$

Dessa forma, as variáveis estrangeiras específicas aos países são:  $y_{it}^*$ ,  $\rho_{it}^{S*}$ ,  $\rho_{it}^{L*}$ ,  $\pi_{it}^*$  e  $ptf_{it}^*$ , exceto para países de relevância mundial, como é o caso dos EUA, no qual há a recomendação de exclusão de variáveis estrangeiras. Dees et al (2007) utilizaram apenas duas variáveis estrangeiras para os EUA: o produto e a inflação. No presente trabalho são usadas o produto e a PTF. A inclusão de variáveis estrangeiras em países de relevância mundial enriquece a análise ao permitir efeitos de *feedbacks* e de interação dessas variáveis com as demais.

---

<sup>1</sup> Como teste, utilizou-se o modelo de Jones (1995) para obter a produtividade da pesquisa. Ao contrário do modelo de Romer (1990), no de Jones a produtividade marginal do capital humano é decrescente. Outra diferença é a forma de obtenção da produtividade da pesquisa:  $\dot{A} = \delta L_A^\lambda A^\phi \Leftrightarrow \frac{\dot{A}}{A} = \delta \frac{L_A^\lambda}{A^{1-\phi}} \Leftrightarrow \delta = \left( \frac{\dot{A}/A}{L_A^\lambda} \right) A^{1-\phi}$ . Apesar dessas diferenças, a produtividade da pesquisa também variou ao longo do tempo, e com valor decrescente, conforme obtido pelo modelo de Romer.

Tabela 1: Matriz de pesos (comércio bilateral)

país	AUS	CAN	CHINA	EURO	JPN	KOR	NOR	NZL	SWE	SWIT	UK	EUA
AUS	0,00	0,004	0,06	0,02	0,07	0,05	0,003	0,21	0,01	0,01	0,01	0,02
CAN	0,01	0,00	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,27
CHINA	0,40	0,09	0,000	0,21	0,37	0,41	0,07	0,27	0,07	0,09	0,11	0,27
EURO	0,12	0,07	0,22	0,000	0,13	0,12	0,47	0,13	0,58	0,57	0,54	0,21
JPN	0,17	0,03	0,16	0,051	0,000	0,14	0,02	0,09	0,02	0,03	0,02	0,09
KOR	0,09	0,01	0,15	0,03	0,10	0,000	0,04	0,05	0,01	0,01	0,02	0,05
NOR	0,001	0,004	0,004	0,04	0,004	0,01	0,000	0,002	0,13	0,003	0,03	0,004
NZL	0,05	0,001	0,01	0,003	0,01	0,01	0,001	0,000	0,001	0,001	0,003	0,004
SWE	0,01	0,003	0,01	0,06	0,005	0,005	0,11	0,01	0,000	0,01	0,02	0,01
SWIT	0,01	0,01	0,02	0,11	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,000	0,06	0,03
UK	0,03	0,03	0,04	0,22	0,02	0,02	0,19	0,04	0,09	0,13	0,000	0,05
EUA	0,12	0,75	0,30	0,23	0,26	0,21	0,06	0,16	0,07	0,14	0,15	0,000

Nota: AUS (Austrália), CAN (Canadá), CHINA (China), EURO (Zona do Euro), JPN (Japão), KOR (Coreia do Sul), NOR (Noruega), NZL (Nova Zelândia), SWE (Suécia), SWIT (Suíça), UK (Reino Unido) e EUA (Estados Unidos).

Seguindo a literatura de estagnação secular, a amostra é composta em sua maioria por países desenvolvidos, com destaque para os diretamente envolvidos em eventos de desaceleração econômica prolongada, como é o caso do Japão. Os países são: Austrália, Canadá, China, Japão, Coreia do Sul, Noruega, Nova Zelândia, Suécia, Suíça, Reino Unido e a Zona do Euro (Áustria, Bélgica, Finlândia, França, Alemanha, Itália, Holanda e Espanha). O agrupamento de 8 países como Zona do Euro também é padrão na literatura do GVAR (Dees et al, 2007). As séries temporais do Euro foram construídas por meio de médias ponderadas *cross-section* das variáveis desses países usando a média do PIB em paridade de poder de compra como peso. Dessa forma, tem-se um total de 19 países.

As variáveis utilizadas (produto, taxa de inflação, taxa de juros de curto e de longo prazo, PTF e produtividade da pesquisa) foram escolhidas devido a dois objetivos. O primeiro é o de analisar o efeito e a propagação de choques pelo produto e pela PTF. O segundo se pauta no comportamento das variáveis de inflação e de taxa de juros após a ocorrência de choques. Na literatura de estagnação e ao vislumbrar dados empíricos dessas variáveis percebe-se determinados padrões de oscilações. Espera-se que o modelo seja capaz de entregar resultados condizentes com esses movimentos.

O período de análise é de 1980Q1 a 2016Q4. Retiraram-se os trimestres de 1979 pela indisponibilidade de dados da produtividade da pesquisa nesse período. O modelo será estimado usando as rotinas disponíveis no arquivo GVAR *toolbox* 2.0, de Smith e Galesi (2014).

## 4. Resultados

### 4.1. Testes de raiz unitária

Ao utilizar variáveis integradas de ordem 1, podem-se distinguir entre relações de curto prazo e de longo prazo – no caso das de longo prazo, relações de cointegração. Há dois testes de raiz unitária disponíveis na rotina: teste ADF e teste *Weighted symmetric* (WS). De acordo com Dees et al (2007), o teste ADF tem sido criticado pela literatura devido ao seu desempenho insatisfatório. Logo, apenas o teste WS foi realizado, com a defasagem escolhida pelo critério de informação de Akaike (AIC).

A tabela 2 apresenta os resultados a 5% de significância. A maioria das variáveis não é estacionária em nível, mas termina sendo em primeira diferença. A hipótese de integração de primeira ordem é confirmada em geral, assim como no trabalho de Dees et al (2007). A primeira parte da tabela 2 retrata as variáveis endógenas, a segunda parte as variáveis estrangeiras e a última parte a variável global.

Tabela 2: Teste de raiz unitária

Variáveis	V.C	AUS	CAN	CHINA	EURO	JPN	KOR	NOR	NZL	SWE	SWIT	UK	EUA
$y$	-2,55	1,98	1,15	0,00	0,54	1,46	1,20	1,56	1,38	1,19	0,81	-0,13	0,45
$\Delta y$	-2,55	-6,88	-5,50	-3,64	-5,20	-5,78	-4,93	-8,64	-6,59	-6,99	-4,83	-3,71	-4,74
$\pi$	-2,55	-2,32	-1,05	-3,22	0,08	-1,74	0,08	-1,16	-2,92	-1,03	-2,12	0,26	-0,38
$\Delta \pi$	-2,55	-10,98	-9,73	-7,71	-12,17	-9,74	-6,02	-8,50	-8,30	-13,57	-8,33	-7,95	-10,32
$\rho^S$	-2,55	-1,78	-0,57	-1,43	-0,75	-0,96	-0,43	-1,38	-1,84	-1,09	-1,72	-0,33	-0,07
$\Delta \rho^S$	-2,55	-8,03	-6,86	-6,64	-4,92	-5,78	-8,37	-9,37	-8,93	-7,77	-8,90	-7,60	-4,59
$\rho^I$	-2,55	-0,81	-0,18		-0,14	0,42	1,13	-0,63	-0,51	-0,15	-0,71	0,60	-0,25
$\Delta \rho^I$	-2,55	-6,40	-8,18		-6,17	-5,28	-8,75	-6,46	-8,15	-7,38	-8,29	-8,63	-7,65
$ptf$	-2,55	-0,59	-1,35	-0,10	-0,69	0,50	1,03	-1,06	0,86	-0,25	-0,42	-1,27	0,63
$\Delta ptf$	-2,55	-6,96	-6,82	-4,74	-5,49	-9,22	-5,52	-7,04	-7,53	-7,58	-6,54	-5,16	-5,87
$y^*$	-2,55	0,07	0,39	1,03	0,86	-0,11	0,04	0,37	0,07	0,44	0,81	1,00	1,15
$\Delta y^*$	-2,55	-4,15	-4,83	-5,42	-5,02	-3,77	-4,02	-4,63	-4,17	-4,78	-4,95	-5,32	-5,87
$\pi^*$	-2,55	-2,32	-0,45	1,57	-0,84	-2,09	-2,62	0,93	-2,66	0,66	0,53	-0,03	-1,63
$\Delta \pi^*$	-2,55	-7,99	-10,1	-7,89	-9,01	-8,41	-8,24	-11,1	-7,75	-7,94	-8,4	-7,95	-8,15
$\rho^{S*}$	-2,55	-0,53	0,07	0,18	-0,65	-0,41	-0,83	-0,32	-0,96	-0,31	-0,29	-0,46	-0,50
$\Delta \rho^{S*}$	-2,55	-5,81	-4,69	-5,83	-5,66	-5,83	-5,01	-6,36	-4,97	-6,34	-5,66	-5,72	-5,85
$\rho^{I*}$	-2,55	1,08	0,02	0,98	0,60	0,89	0,24	0,47	0,36	0,21	0,29	0,21	0,56
$\Delta \rho^{I*}$	-2,55	-6,75	-7,68	-7,30	-7,70	-7,39	-6,89	-6,95	-7,19	-6,72	-6,77	-6,87	-6,98
$ptf^*$	-2,55	0,31	0,57	0,45	0,11	0,02	0,06	-0,48	0,70	-0,68	-0,19	-0,03	0,17
$\Delta ptf^*$	-2,55	-4,91	-5,00	-6,38	-5,80	-4,13	-4,36	-5,14	-5,97	-5,01	-5,52	-5,78	-6,32
$romer$	-2,55	-4,53											
$\Delta romer$	-2,55	-4,12											

Nota: V.C é o valor crítico a 5%.

#### 4.2. Especificações dos modelos para cada país

Utilizou-se o critério de Akaike (AIC) para escolher a defasagem das variáveis endógenas e exógenas dos  $VARX(q_i, q_i^*)$ . Impôs-se a obrigatoriedade de que as defasagens não fossem superiores a 2 períodos.

Os testes de cointegração foram executados pela estatística de Trace e pela estatística do máximo Eigenvalue. A tabela 3 retrata as defasagens de cada VARX e o número de relações de cointegração. A defasagem de dois períodos para a variável endógena e de um período para a variável estrangeira se mostrou adequada para a maioria dos modelos específicos a cada país.

De acordo com Smith e Galesi (2014), embora esses testes forneçam diretrizes para as especificações dos modelos, alguns ajustes podem ser necessários para garantir a estabilidade do GVAR. Consequentemente, além dos testes mencionados, observou-se o Perfil de Persistência (*Persistence Profile*, PP) para ponderar a escolha das defasagens e cointegrações (subseção 4.4 detalha o PP).



Tabela 3: Defasagens e cointegrações dos países

País	VARX ( $q_i, q_i^*$ )		Relações de cointegração
	$q_i$	$q_i^*$	
AUS	1	1	2
CAN	2	1	3
CHINA	2	1	2
EURO	2	1	1
JPN	2	1	2
KOR	2	2	4
NOR	2	1	2
NZL	1	1	2
SWE	2	1	3
SWIT	2	2	2
UK	2	2	2
EUA	1	1	2

### 4.3. Teste de exogeneidade fraca

Esse teste avalia a exogeneidade das variáveis estrangeiras específicas a cada país, o  $x_{i,t}^*$  da equação (14). As defasagens usadas no teste foram escolhidas usando o critério de Akaike, enquanto as estatísticas seguem o teste F. A tabela 4 retrata as estimativas.

A maior parte das variáveis estrangeiras foram consideradas fracamente exógenas, com poucas exceções, como o produto da economia japonesa. A economia de maior relevância mundial, os EUA, teve suas variáveis consideradas como fracamente exógenas.

No tocante à economia norte-americana, seria especialmente preocupante caso as variáveis estrangeiras não fossem fracamente exógenas, pois a não satisfação dessa hipótese poderia comprometer a estabilidade do modelo. Entretanto, como pode ser visto na tabela 4, tanto o produto quanto a PTF atenderam ao critério especificado. Vale mencionar que a economia chinesa e a Zona do Euro também atenderam à hipótese de exogeneidade fraca – exceto para a taxa de inflação no caso chinês.

Tabela 4: Teste de exogeneidade fraca

País	V.C.	Variáveis estrangeiras						
		$y^*$	$\pi^*$	$\rho^{S*}$	$\rho^{L*}$	$ptf^*$	$romer$	
AUS	F(2,119)	3,07	0,49	0,02	1,46	0,60	0,32	0,90
CAN	F(3,123)	2,68	0,42	1,46	0,51	1,63	0,40	1,66
CHINA	F(2,125)	3,07	0,11	3,42*	1,04	1,48	0,43	0,48
EURO	F(1,120)	3,92	1,72	0,13	0,02	0,04	1,19	0,09
JPN	F(2,124)	3,07	3,76*	2,37	0,76	1,35	4,20*	2,53
KOR	F(4,122)	2,45	0,64	0,06	1,39	0,32	0,82	0,12
NOR	F(2,124)	3,07	0,42	0,92	0,79	0,35	0,52	0,10
NZL	F(2,124)	3,07	0,09	1,01	1,73	1,39	0,02	1,22
SWE	F(3,118)	2,68	0,36	3,36*	4,49*	1,35	0,72	0,08
SWIT	F(2,124)	3,07	0,43	0,56	0,88	0,12	1,24	1,44
UK	F(2,124)	3,07	2,21	1,39	10,72*	1,32	2,08	0,21
EUA	F(2,125)	3,07	1,36	-	-	-	1,60	-

Nota: \* denota significativo a 5%.

#### 4.4. Estabilidade estrutural

Uma forma de verificar a estabilidade no modelo, segundo Eickmeier e Ng (2015), é observar o Perfil de Persistência (PP). O PP indica a velocidade de convergência para o equilíbrio de longo prazo após choques. Esses perfis iniciam com o valor de 1 e decrescem ao longo do tempo para o valor de zero – no caso de existir estabilidade de longo prazo no modelo. Segundo Smith e Galesi (2014), o PP é um guia adicional para verificar a estabilidade do modelo. No caso de padrões não convergentes para zero, ou trajetórias errantes em direção a zero, pode-se questionar a estabilidade do modelo.

Na tabela 5, pode-se ver que todos os países convergem para zero ao final do período. No período 8, os valores já se mostram significativamente reduzidos, exceto para China, Coreia, Suécia, Suíça, Reino Unido e EUA. Todavia, nos intervalos subsequentes todos estão muito próximos de zero. Dessa forma, há evidência de estabilidade no modelo, com os valores retornando ao equilíbrio após choques. A convergência ocorre de forma contínua para zero, e não oscilando entre valores maiores e menores a cada período – o que seria evidência desfavorável para a estabilidade do modelo (Smith e Galesi, 2014).

Tabela 5: Perfil de Persistência (PP)

Horizonte	AUS	CAN	CHINA	EURO	JPN	KOR	NOR	NZL	SWE	SWIT	UK	EUA
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0,75	0,50	0,89	1,21	1,11	0,97	0,30	0,44	0,84	1,03	0,81	1,02
4	0,29	0,14	0,91	0,37	0,42	0,78	0,19	0,06	0,47	0,62	0,48	0,58
8	0,10	0,02	0,40	0,09	0,10	0,30	0,09	0,06	0,65	0,34	0,26	0,27
12	0,03	0,01	0,15	0,04	0,04	0,07	0,03	0,03	0,27	0,16	0,13	0,18
20	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,06	0,02	0,04
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

#### 4.5. Correlações Pair-Wise cross-section

Como demonstrado por Dees et al (2007), o GVAR tem como uma de suas principais hipóteses a convergência da covariância das variáveis estrangeiras com os erros do modelo para zero conforme o tamanho da amostra se eleve, ou seja:

$$cov(x_{i,t}^*, u_{i,t}) \rightarrow 0 \text{ quando } N \rightarrow \infty \quad (19)$$

Assim, ter-se-ia a garantia da fraca exogeneidade das variáveis estrangeiras. A subseção 4.3 apontou evidências dessa hipótese ao realizar testes de exogeneidade fraca. A presente subseção fornecerá mais indícios da verificação dessa hipótese.

No GVAR, os modelos específicos de cada país são condicionados com variáveis estrangeiras fracamente exógenas, as quais funcionam como *proxies* para fatores globais comuns. Consequentemente, pode-se esperar que o grau de correlação de choques entre países seja modesto, isto é, fracamente correlacionados. Por condicionando os modelos específicos de cada país em variáveis estrangeiras fracamente exógenas, é razoável esperar que o grau de correlação dos choques remanescentes entre países seja modesto. As interdependências residuais poderiam refletir efeitos de *spillovers* de comércio e políticas econômicas. Em particular, contextualizando com o artigo, também poderiam retratar efeitos tecnológicos e difusão de ideias.

Para analisar o quanto as variáveis estrangeiras foram efetivas em reduzir a correlação cross-section, usa-se a correlação Pair-Wise cross-section. A tabela 6 retrata as correlações Pair-Wise em nível e em primeira diferença para as variáveis endógenas. O principal interesse na tabela, todavia, reside nos resíduos dos VARX. Elevados resíduos significariam que as variáveis estrangeiras podem não retratar tão bem os fatores globais.

A tabela 6 mostra esse teste, o qual analisa as variáveis endógenas. A primeira coluna retrata a média das correlações cross-section e a segunda coluna a média em relação à primeira diferença das

variáveis endógenas. Todas as variáveis endógenas têm elevada correlação em nível (exceto a taxa de inflação), enquanto essa média decresce no caso da primeira diferença. O PIB em nível mostra a maior correlação cross-section (93-98%), seguido pela taxa de juros de longo prazo (90-94%). Quando em primeira diferença, a maior média de correlação cross-section é da taxa de juros de longo prazo (29-48%). No geral, há significativa evidência de correlação cross-section das variáveis no modelo GVAR, variando a magnitude dessa correlação de acordo com a transformação da variável endógena.

A terceira coluna retrata a correlação cross-section dos resíduos. Os valores são baixos em todas as variáveis e países. Destaque para a taxa de juros de curto prazo (0-2%) e para a taxa de juros de longo prazo (0-7%). Mesmo considerando a variável com maior correlação nos resíduos, o PIB, a sua oscilação foi reduzida (1-11%). Isso evidencia que o modelo conseguiu capturar os efeitos comuns entre as variáveis. Também mostra a importância das variáveis específicas aos países em lidar com significativas dependências que existem ao longo de variáveis macroeconômicas.

Tabela 6: Correlações Pair-Wise cross-section

País	Log PIB real ( $y$ )			Taxa de inflação ( $\pi$ )			Log PTF ( $ptf$ )		
	Nível	1st dif.	VECMX* Residuals	Nível	1st dif.	VECMX* Residuals	Nível	1st dif.	VECMX* Residuals
CHINA	0,98	0,12	-0,11	0,13	0,10	-0,10	0,80	0,09	-0,09
EURO	0,98	0,32	-0,03	0,62	0,27	0,01	0,90	0,25	-0,02
JPN	0,93	0,20	-0,01	0,42	0,13	0,02	0,84	0,14	-0,03
UK	0,98	0,30	-0,02	0,57	0,14	-0,02	0,83	0,25	-0,01
EUA	0,99	0,30	-0,05	0,56	0,30	0,07	0,92	0,17	-0,06

País	Juros curto-prazo ( $\rho^s$ )			Juros longo-prazo ( $\rho^l$ )		
	Nível	1st dif.	VECMX* Residuals	Nível	1st dif.	VECMX* Residuals
CHINA	0,63	0,10	-0,02	-	-	-
EURO	0,84	0,23	-0,03	0,93	0,48	-0,07
JPN	0,79	0,04	-0,02	0,90	0,29	-0,02
UK	0,84	0,23	-0,01	0,94	0,44	-0,01
EUA	0,76	0,14	0,00	0,91	0,43	0,00

#### 4.6. Generalized impulse response function (GIRF)

A análise dinâmica do modelo GVAR ocorre por meio de choques locais ou globais. Esses choques podem ser construídos para se originarem de variáveis globais ou endógenas. Dessa forma podem-se vislumbrar os efeitos *spillovers* e canais internacionais de difusões de choques entre os países.

Enquanto o trabalho de Sims (1980) utilizou a Função impulso resposta (FIR), com choques ortogonalizados e dependente da ordenação das variáveis, a GIRF não exige ortogonalização, sendo também invariante ao ordenamento das variáveis e dos países – este último ponto seria de difícil superação dada a quantidade de países na amostra.

O comportamento das GIRFs também servem como teste para estabilidade do GVAR. A necessidade de vários períodos para o choque se estabilizar, ou o comportamento explosivo da variável em resposta ao choque são evidências de falhas na estabilização.

Serão analisados 3 choques. O primeiro é um choque global da variável produtividade da pesquisa. Os outros dois são choques locais nos EUA. Em todos os choques o interesse estará na difusão do choque e o seu impacto sobre os demais países (*spillovers*). As figuras a serem exibidas retratam estimativas *bootstrap* com limite de 90% de confiança. Todos os choques são negativos em 1 desvio padrão. Por fim, para facilitar a exposição, todos os países serão agrupados sob a rubrica RESTO, exceto os EUA, o Japão, a China, o Reino Unido e a Zona do Euro.

A figura 1 apresenta o choque global negativo da produtividade da pesquisa e o seu efeito sobre o PIB dos países. Todos são afetados de forma adversa, reduzindo o PIB, com a exceção do Reino Unido, o qual responde de forma positiva ao choque. A resposta dos países ao choque se estabiliza entre o período de 12 a 16 trimestres.

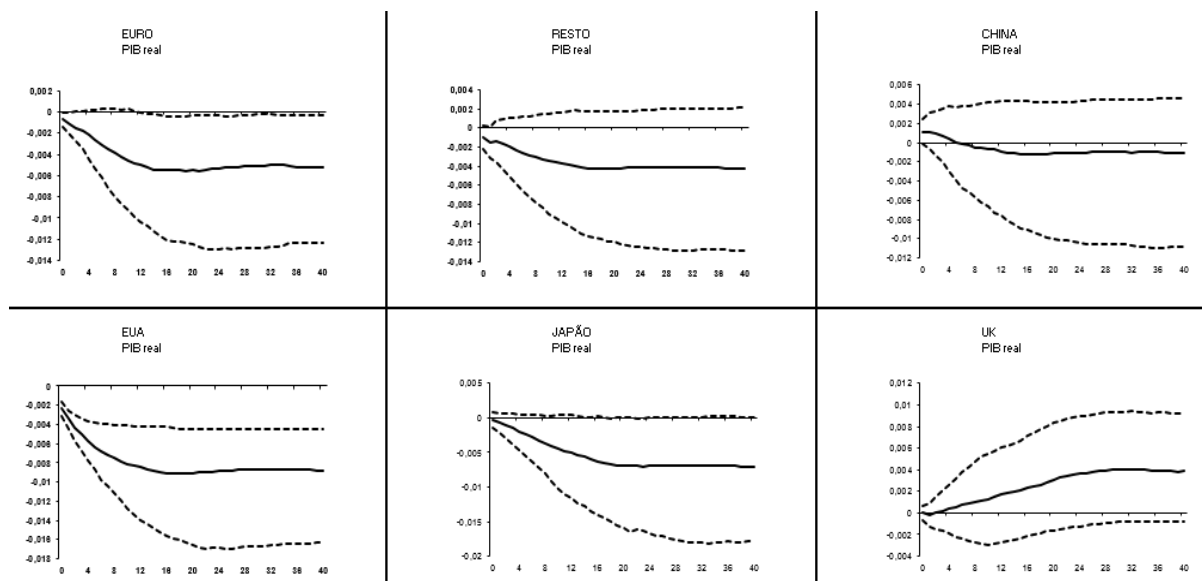


Figura 1: Choque global negativo da GIRF sobre a produtividade da pesquisa

Dos países que são afetados de forma desfavorável, a China é a nação menos afetada. Na verdade, até o período de um ano ela se beneficia do choque, mas posteriormente esse efeito dá lugar para um PIB menor. A diferenciação na forma como o choque dos EUA ressoa nas demais localidades pode refletir a exposição, a integração e particulares das matrizes produtivas de cada região e país em relação aos EUA.

Para analisar efeitos de *spillovers*, o próximo choque ocorre sobre a PTF dos EUA, sendo negativo em um desvio padrão. Dessa forma, poderá ser analisado a integração econômica da economia norte-americana com o resto do mundo, verificando a existência da difusão dos efeitos dos EUA sobre diferentes regiões, ao mesmo tempo propondo uma explicação adicional para o desempenho econômico dessas regiões, uma vez que as GIRFs apresentarão as respostas do PIB dessas localidades.

Na figura 2, observa-se que a Euro Zona, o Japão, os EUA e o RESTO (Austrália, Canadá, Coreia, Noruega, Nova Zelândia, Suécia e Suíça) são afetados de forma negativa, enquanto a China responde de forma positiva. O Reino Unido apresenta queda do PIB nos primeiros períodos, mas reverte para uma resposta positiva nos demais períodos.

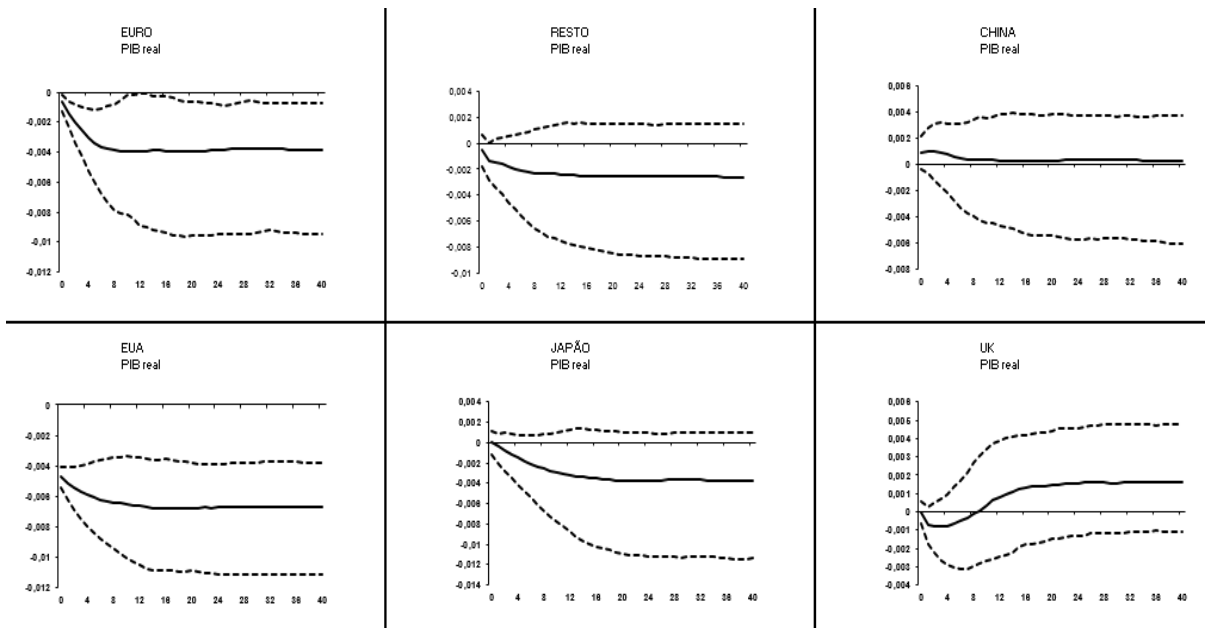
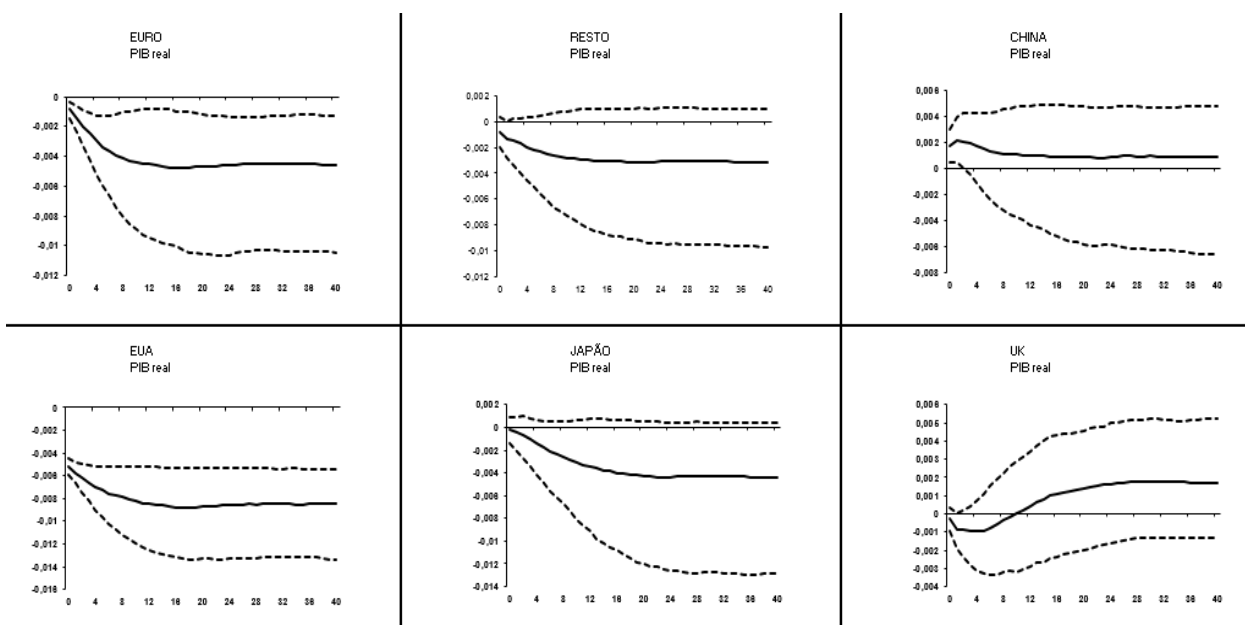


Figura 2: Choque negativo da GIRF sobre a PTF dos EUA

Esse resultado está em consonância com os trabalhos que mostram que a PTF é um dos fatores para o fraco crescimento dos países envolvidos na estagnação secular (Fernald et al, 2017; Gordon, 2018). A contribuição aqui é a de mostrar que os efeitos *spillovers* da PTF também podem ser considerados. Em particular, enquanto o Reino Unido não é afetado de forma negativa por um choque da PTF dos EUA, ele é afetado de forma negativa quando o choque da PTF ocorre na Zona do Euro<sup>2</sup>. Como afirmado anteriormente, isso pode decorrer da integração e proximidade econômica dos países.

Prosseguindo a análise dos *spillovers*, a figura 3 retrata um choque negativo no PIB dos EUA e a resposta do PIB das demais regiões do globo. A resposta dos países segue muito de perto a da figura 2. Enquanto a Zona do Euro, os EUA, o “RESTO” e o Japão percebem reduções do PIB, China e Reino Unido mostram resultado contrário e divergente. Dada a restrição de espaço, não serão apresentados outras GIRFs, mas choques do PIB da Zona do Euro afetam todos os países da amostra negativamente, exceto a China. Por outro lado, quando o choque negativo ocorre no Japão, a China responde negativamente. Talvez a proximidade regional seja fator relevante para compreender essas diferentes respostas para esses choques.



<sup>2</sup> Caso solicitado, os autores enviarão as GIRFs de choques locais da Zona do Euro.

Figura 3: Choque negativo da GIRF sobre o PIB dos EUA

No tocante à estagnação secular, essa subseção mostrou que os efeitos *spillovers* de choques sobre a PTF e o PIB dos EUA repercutem de forma negativa sobre a Zona do Euro e sobre o Japão, dois blocos centrais para a discussão de crescimento econômico em desaceleração nessa literatura. Ademais, a produtividade da pesquisa também afetou de forma desfavorável esses países, incluindo os EUA. Esse resultado fornece subsídios para a proposição de Bloom et al (2020) de queda da produtividade da pesquisa e possível repercussão negativa sobre o crescimento dos EUA. A figura 1 endereçou essa questão, e a expandiu para os demais países.

#### 4.7. Generalized forecast error variance decomposition (GFEVD)

A GFEVD auxilia a compreender a dinâmica de propagação do choque ao mostrar como determinadas variáveis são afetadas por ele. A DVEPG tem a mesma intuição que a decomposição da variância dos modelos VAR: o quanto da variação da variável afetada é explicada pelo choque. Em situações nas quais alguma variável mostre maior variação perante o choque, há evidências de que ela seja um potencial canal de transmissão internacional.

Boschi (2011; 2012) utiliza a GFEVD para retratar a importância de choques domésticos e choques externos. Para isso, ele separa a GFEVD em 3 painéis. O painel A mostra os choques externos. Nesse artigo, serão mostrados choques externos dos EUA, da Zona do Euro, do Reino Unido, da China e do Japão e o quanto explicam a variação do PIB. No painel B são os choques domésticos. Eles mostrarão o quanto do PIB é explicado por choques no PIB, na PTF e nas taxas de juros de curto e de longo prazo. Por fim, o painel C mostra a soma dos choques domésticos e externos. Os valores são normalizados para somarem 100, em porcentagem. A tabela 7 apresenta a GFEVD para os EUA, o Japão e a Zona do Euro.

Começando pelos EUA, dos choques externos, o da China é o que exerce maior influência. Mas os choques externos não parecem ser o principal fator para a variação do PIB norte-americano. No painel B, dos fatores domésticos, a PTF aparece com maior poder explicativo, seguida pelo PIB. Interessante notar que no período 1, o PIB é responsável por 43,4% da variação, enquanto a PTF é de 42,9%. Todavia, ao longo do tempo o PIB perde papel explicativo, terminando com praticamente metade do valor inicial (22,5%) – esse tipo de perda de relevância do PIB ao longo dos anos ocorrerá em todos os países da tabela. A PTF, por sua vez, manteve razoavelmente o mesmo valor do período inicial, terminando com 40,4% de poder explicativo. O painel C confirma o prognóstico sobre os choques. Choques domésticos são primordialmente responsáveis pela variação do PIB. Todavia, ao longo do período os choques externos aumentam de importância, passando de 4,6% no período 1 para 12,3% no período final.

A Zona do Euro segue padrão similar, com choques externos pouco relevantes para a totalidade da variação da produção, mas apresentando crescimento ao longo dos anos, saindo de 6,3% para 10,3% no período final. O Reino Unido é o choque externo mais importante, enquanto a PTF é o principal choque doméstico. Sobre esse último, a PTF ganha relevância para explicar a variação do PIB ao longo dos anos, passando de 53% no período 1 para 62% no período final, enquanto o PIB perde importância gradativamente.

No Japão, confirmando o retratado nas GIRFs, a China é o principal choque externo, e a PTF é o principal fator doméstico responsável pela variação do PIB. Ao contrário dos EUA e da Zona do Euro, a importância dos choques externos e domésticos não se altera de forma significativa ao longo dos anos. Entretanto, entre os choques domésticos, observa-se padrão similar de ganho de importância da PTF enquanto o PIB declina em seu poder explicativo.

Uma peculiaridade dos EUA é a influência das taxas de juros sobre o PIB. Enquanto na Zona do Euro e no Japão essas variáveis têm reduzida importância, no caso dos norte-americanos elas são significativas, em especial a taxa de juros de longo prazo, com 15% de PIB explicado no último período.

Tabela 7: GFEVD para os EUA, o Japão e a Zona do Euro

Horizonte	Painel A					Painel B				Painel C	
	Choques externos por país					Choques domésticos				Soma dos choques externos	Soma dos choques domésticos
	EURO	JPN	UK	CHN	EUA	$y$	$ptf$	$\rho^s$	$\rho^l$		
EUA											
1	0,70	0,18	0,38	3,33		43,47	42,87	6,12	2,95	4,59	95,41
4	0,55	0,27	0,38	5,02		35,46	43,41	8,29	6,62	6,22	93,78
8	0,60	0,35	0,54	6,93		28,84	43,73	9,01	10,00	8,42	91,58
12	0,78	0,45	0,80	7,79		25,68	43,67	8,97	11,86	9,82	90,18
20	1,06	0,58	1,27	7,81		23,58	42,49	9,40	13,80	10,73	89,27
40	1,35	0,70	1,81	8,43		22,51	40,44	9,77	14,98	12,29	87,71
EURO											
1		1,01	2,37	2,90	0,30	38,93	53,15	1,12	0,22	6,28	93,42
4		1,52	4,13	3,03	0,37	27,61	61,62	1,31	0,40	8,68	90,95
8		2,12	5,39	2,56	0,48	20,07	67,39	1,40	0,57	10,08	89,44
12		2,79	5,80	2,23	0,56	18,04	68,22	1,57	0,80	10,81	88,63
20		3,45	5,20	2,05	0,64	20,35	65,11	2,11	1,09	10,71	88,66
40		3,66	4,70	1,98	0,65	23,11	62,00	2,58	1,31	10,34	89,01
JPN											
1	1,51		1,39	0,62	0,16	44,61	46,56	3,90	1,26	3,52	96,33
4	1,55		1,10	0,73	0,21	40,97	48,57	4,83	2,05	3,37	96,42
8	1,17		0,83	1,52	0,24	36,67	51,81	4,94	2,82	3,52	96,24
12	0,90		0,76	2,24	0,26	32,89	54,36	5,27	3,33	3,90	95,84
20	0,76		0,72	2,35	0,29	29,77	57,31	5,27	3,53	3,83	95,88
40	0,62		0,59	2,10	0,32	28,38	59,99	4,50	3,49	3,32	96,36

Resumindo, a GFEVD confirma algumas hipóteses, como a diferenciação de repostas dos países a choques dependendo da localização regional destes (sugerindo que a proximidade regional seja relevante), e o papel da PTF como importante fator para a variação do PIB tanto no curto quanto no longo prazo. Em particular, a sua importância em explicar a variação do PIB aumenta ao longo dos anos, sugerindo efeitos de longo prazo sobre o desempenho econômico<sup>3</sup>. Embora não predominantes, os choques externos exercem influência sobre o desempenho econômico dos EUA e da Zona do Euro, com variação do PIB explicada ao final do período em 12,3% e 10,3%, respectivamente.

#### 4.8. Estagnação secular

O último exercício de estimação irá avaliar se o comportamento das variáveis taxa de inflação e taxas de juros do modelo estão em consonância com os movimentos delas na literatura de estagnação secular. De acordo com Lo e Rogoff (2015), Togati (2015) e Blanchard, Lorenzoni e L'Huillier (2017), no cenário de estagnação secular essas variáveis tendem a apresentar valores reduzidos, sofrendo pressão para baixo.

Destarte, para investigar esses movimentos, será analisado um choque global negativo da produtividade da pesquisa sobre a taxa de inflação e sobre as taxas de juros. Pela GIRF da figura 1 foi visto que esse choque deprime o PIB da maioria dos países. Agora o efeito será visto sobre as demais variáveis. As figuras 4, 5 e 6 apresentam os resultados para cada variável em resposta ao choque da produtividade da pesquisa.

<sup>3</sup> “A produtividade não é tudo, mas no longo prazo é quase tudo”, famosa frase de Paul Krugman.

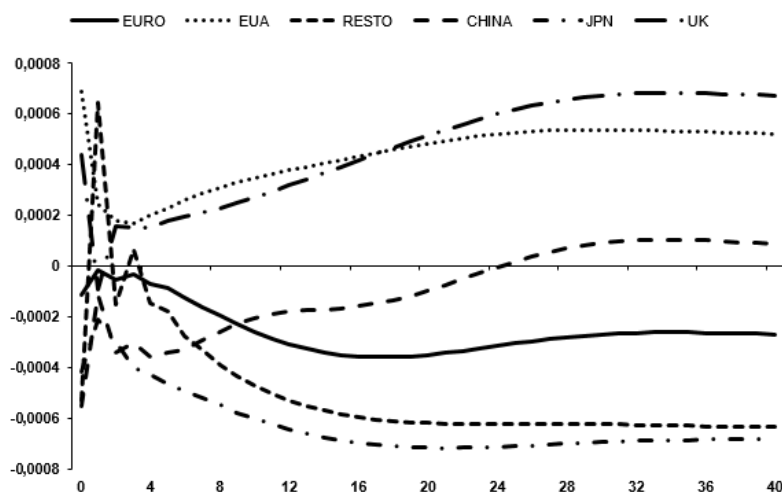


Figura 4: Choque global negativo da GIRF sobre a produtividade da pesquisa e a resposta da taxa de inflação

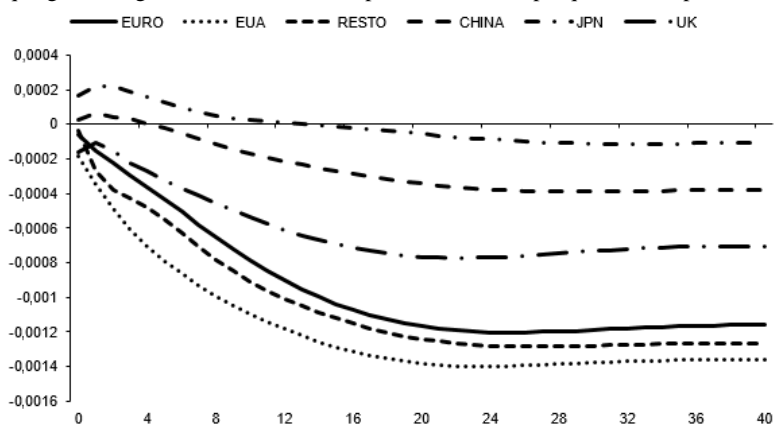


Figura 5: Choque global negativo da GIRF sobre a produtividade da pesquisa e a resposta da taxa de juros de curto prazo

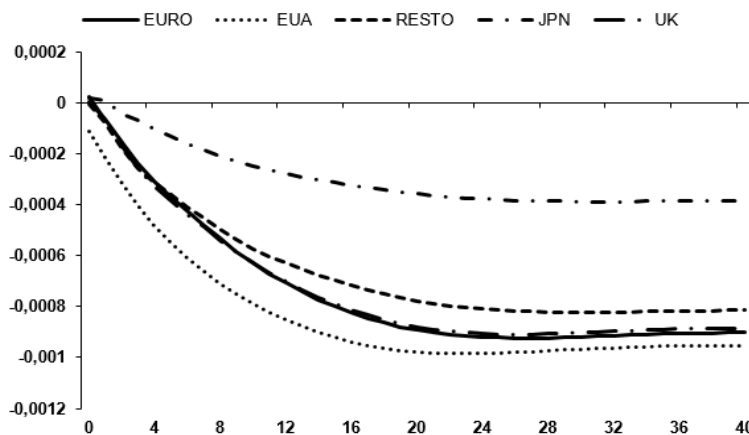


Figura 6: Choque global negativo da GIRF sobre a produtividade da pesquisa e a resposta da taxa de juros de longo prazo

Na figura 4, o resultado é misto. Enquanto 16 países da amostra mostram queda da taxa de inflação (Zona do Euro, Japão e RESTO), os EUA, a China e o Reino Unido mostram taxa de inflação positiva após o choque. No caso dos dois últimos não é uma surpresa, pois eles mostraram evolução diferente se comparada com os demais países após choques na PTF e do PIB dos EUA (figuras 2 e 3). Há nos primeiros 4 períodos repiques da inflação para cima e para baixo, e depois ela se normaliza na maioria dos países, exceto a China, quando ela toma maior tempo de ajustamento.

Resultados mais promissores são vistos nas figuras 5 e 6. Nas duas figuras as taxas de juros de curto e longo prazo se reduzem ao longo do tempo, com a economia japonesa apresentando a



menor queda e a economia norte-americana a maior queda. As taxas de curto prazo apresentam maior dispersão se comparadas com as de longo prazo.

Uma curiosidade é visualizar a resposta da taxa de juros de curto prazo, a qual depende da autoridade monetária, e contrastá-la com a taxa de juros de longo prazo, esta definida primordialmente pelo mercado financeiro. Enquanto no curto prazo as respostas das autoridades monetárias da Zona do Euro e do Reino Unido são diferentes em magnitude (figura 5), no longo prazo as duas taxas convergem em valor (figura 6), o que pode ser indício de que o mercado financeiro avalia de forma parecida os dois blocos.

Em resumo, considerando todas as GIRFs e as relacionando com a estagnação secular, choques negativos da produtividade da pesquisa reduzem o produto, a taxa de inflação e as taxas de juros de curto e de longo prazo, movimentos em consonância com o retratado pelos trabalhos desse tema.

## 5. Conclusão

Bloom et al (2020) mostraram que a produtividade da pesquisa dos EUA não se comportou como um parâmetro fixo ao longo do tempo. O presente trabalhou ao longo desse ponto e verificou se ela teria efeitos globais sobre a economia. As GIRFs sugerem que há efeitos dessa variável sobre o produto.

Como contribuição para a discussão de estagnação secular, o termo produtividade da pesquisa foi acrescentado como fator para a compreensão do menor dinamismo das economias avançadas. Também foi mostrado efeitos de *spillovers* partindo dos EUA e atingindo os demais países. Por outro lado, esse resultado deve ser visto com parcimônia, dado o fato dos choques domésticos serem predominantes em explicar variações do produto, como visto na GFEVD – embora os choques externos apresentem tendência crescente ao longo do tempo.

Pode-se supor que os países em desenvolvimento, distantes da fronteira tecnológica mundial, também sofram efeitos de choques globais negativos da produtividade da pesquisa e da PTF, com possíveis implicações sobre o *catching-up*. Discutir os possíveis efeitos *spillovers* sobre essas nações, a importância de choques domésticos e externos sobre o desempenho econômico e a resposta a esses eventos parece ser um desdobramento adequado do presente trabalho.

## Referências bibliográficas

- BLANCHARD, O., LORENZONI, G. e L'HUILLIER, J. Short-run effects of lower productivity growth: a twist on the secular stagnation hypothesis. NBER Working Paper Series. Working paper 23160, 2017.
- BLOOM, N., JONES, C., VAN REENEN, J. e WEBB, M. Are ideas getting harder to find? **American economic review**, v. 110, n. 4, p. 1104-1144, 2020.
- BOSCHI, M. Long and short-run determinants of capital flows to Latin America: a long-run structural GVAR model. **Empirical economics**, v. 43, p. 1041-1071, 2012.
- BOSCHI, M. e GIRARDI, A. The contribution of domestic, regional and international factors to Latin America's business cycle. **Economic modelling**, v. 28, p. 1235-1246, 2011.
- COLE, H., OHANIAN, L., RIASCOS, A. e SCHMITZ JR., J. Latin America in the rearview mirror. **Journal of monetary economics**, v. 52, p. 69-107, 2005.
- DEES, S., MAURO, F., PESARAN, M. e SMITH, V. Exploring the international linkages of the Euro area: a global VAR analysis. **Journal of applied econometrics**, v. 22, p. 1-38, 2007.
- EICHENGREEN, B. Secular stagnation: a review of the issues. Orgs: TEULINGS, C. e BALDWIN, R. In: **Secular stagnation: facts, causes and cures**. Centre for economic policy research (CEPR), 2014.
- EGGERTSSON, G., MEHROTRA, N. e ROBBINS, J. A model of secular stagnation: theory and quantitative evaluation. **American economic review: macroeconomics**, v. 11, n. 1, p. 1-48, 2019.
- EICKMEIER, S. e NG, T. How do US credit supply shocks propagate internationally? A GVAR approach. **European economic review**, v. 74, p. 128-145, 2015.

- FERNALD, J., HALL, R., STOCK, J. e WATSON, M. The disappointing recovery of output after 2009. NBER Working paper series. Working paper 23543, 2017.
- GORDON, R. Secular stagnation: a supply side view. **American economic review**, v. 105, n. 5, p. 54-59, 2015.
- GORDON, R. Why has economic growth slowed when innovation appears to be accelerating? NBER Working Paper Series. Working Paper 24554, 2018.
- GREENSPAN, A. e WOOLDRIDGE, A. **Capitalism in America: a history**. Penguin Press, 2018.
- HANSEN, A. Economic progress and declining population growth. **American economic Review**, v. 29, n. 1, p. 1-15, 1939.
- ILLING, G., ONO, Y. e SCHLEGL, M. Credit booms, debt overhang and secular stagnation. **European economic review**, v. 108, p. 78-104, 2018.
- JONES, C. R&D-based models of economic growth. **The Journal of Political Economy**, v. 103, n.4, p. 759-784, 1995.
- LO, S. e ROGOFF, K. Secular stagnation, debt overhang and other rationales for sluggish growth, six years on. BIS Working Papers 482, 2015.
- MAURO, F. e PESARAN, M. **The GVAR Handbook: Structure and applications of a macro model of the global economy for policy analysis**. Oxford University Press, 2013.
- MOHADDES, K. e RAISSI, M. Compilation, Revision and Updating of the Global VAR (GVAR) Database, 1979Q2-2016Q4. University of Cambridge: Faculty of Economics (mimeo), 2018.
- ROMER, P. Endogenous technological change. **The journal of political economy**, v. 98, n. 5, p. S71-S102, 1990.
- SMITH, V. e GALES, A. GVAR toolbox 2.0: user guide, 2014.
- SIMS, C. Macroeconomics and reality. **Econometrica**, v. 48, p. 1-48, 1980.
- SUMMERS, L. Reflections on the “New Secular Stagnation Hypothesis”. Orgs: TEULINGS, C. e BALDWIN, R. In: **Secular stagnation: facts, causes and cures**. Centre for economic policy research (CEPR), 2014.
- TOGATI, T. How can we explain the persistence of the Great Recession? A balanced stability approach. **Cambridge Journal of Economics**, v. 40, p. 1077-1101, 2015.