

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ECONOMIA**

Pedro Henrique Santos Carvalho

O efeito de choques de oferta sobre a economia brasileira

Juiz de Fora
2022

Pedro Henrique Santos Carvalho

O efeito de choques de oferta sobre a economia brasileira

Monografia apresentada à Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Sidney Martins Caetano

Juiz de Fora
2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Carvalho, Pedro Henrique Santos.

O efeito de choques de oferta sobre a economia brasileira / Pedro Henrique Santos Carvalho. -- 2022.
32 f.

Orientador: Sidney Martins Caetano

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia, 2022.

1. Choque de custos. 2. DSGE. 3. Política monetária. 4. Metas de inflação. I. Caetano, Sidney Martins, orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
REITORIA - FACECON - Depto. de Economia

ATA DE APROVAÇÃO DE MONOGRAFIA II (MONO B)

Na data de 10/08/2022, a Banca Examinadora, composta pelos professores

1 - Sidney Martins Caetano - orientador; e

2 - Wilson Luiz Rotatori Corrêa,

reuniu-se para avaliar a monografia do acadêmico Pedro Henrique Santos Carvalho intitulada: O efeito de choques de oferta sobre a economia brasileira.

Após primeira avaliação, resolveu a Banca sugerir alterações ao texto apresentado, conforme relatório sintetizado pelo orientador. A Banca, delegando ao orientador a observância das alterações propostas, resolveu APROVAR a referida monografia.

ASSINATURA ELETRÔNICA DOS PROFESSORES AVALIADORES



Documento assinado eletronicamente por **Sidney Martins Caetano, Professor(a)**, em 10/08/2022, às 20:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wilson Luiz Rotatori Correa, Professor(a)**, em 10/08/2022, às 21:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **0903411** e o código CRC **42915C4D**.

Dedico este trabalho aos meus pais, José Carlos e Angela.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me colocado nessa universidade que eu tanto amo.

Agradeço à minha família, em especial à minha esposa, meu exemplo do que eu quero me tornar como pesquisador e profissional.

Agradeço aos meus colegas de turma desse período conturbado, em especial à Lorraine, pelo apoio durante o curso.

Agradeço aos colegas da turma de economia da PUC MINAS 02/2009, em especial ao meu amigo Felipe *Eagle*, pelos primeiros passos na economia treze anos atrás.

Agradeço aos colegas da UFJF, em especial da salinha de mestrado, que me apoiaram nessa escolha de cursar Economia.

Agradeço ao meu orientador, Sidney Martins Caetano, por todo o apoio, confiança e transferência de conhecimento.

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é analisar o impacto de um choque de custos sobre a economia brasileira. Para tal, foi utilizado um modelo DSGE de pequeno porte com parâmetros calibrados de forma a simular a economia do país. Os resultados mostram como o impacto sobre a inflação é relevante. Além disso, mostram como a meta de inflação implícita, considerada pela autoridade monetária, sobe nesse cenário.

Palavras-chave: Choque de custos. DSGE. Política monetária. Metas de inflação.

A B S T R A C T

The main objective of this work is to analyze the impact of a cost-push shock on the Brazilian economy. For this purpose, it is used a small DSGE model with calibrated parameters to simulate the country's economy. The results show the relevance of the impact on inflation. In addition, as an implicit inflation target considered by the monetary authority increase in this scenario.

Key-words: Cost-push shock. DSGE. Monetary policy. Inflation target.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – IPCA - Acumulado 12 meses - Variação mensal.	12
Figura 2 – IPCA anual e meta de inflação desde 1999.	15
Figura 3 – Impulso resposta do choque de custos	24
Figura 4 – Impulso resposta do choque na meta de inflação	25
Figura 5 – Impulso resposta de um choque de política monetária	26
Figura 6 – Impulso resposta do choque de preferência	31
Figura 7 – Impulso resposta do choque de tecnologia	32

LISTA DE SIGLAS

AR	<i>Autoregressive</i>
BC	Banco Central
BCB	Banco Central do Brasil
CES	<i>Constant Elasticity of Substitution</i>
COPOM	Comitê de Política Monetária
CMN	Conselho Monetário Nacional
DP	Desvio Padrão
DSGE	<i>Dynamic Stochastic General Equilibrium</i>
EE	Estado Estacionário
FED	<i>Federal Reserve</i>
FIR	Função Impulso Resposta
FG	<i>Forward Guidance</i>
FOMC	<i>Federal Open Market Committee</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
MPC	<i>Monetary Policy Committee</i>
NK	Novo Keynesiano
PIB	Produto Interno Bruto
RBC	<i>Real Business Cycle</i>
SAMBA	<i>Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach</i>
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora

LISTA DE SÍMBOLOS

\forall	Para todo
\in	Pertence

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	MODELOS DSGE	13
2.2	METAS DE INFLAÇÃO	14
3	MODELO	16
3.1	CALIBRAÇÃO DOS PARÂMETROS	21
4	RESULTADOS	24
5	CONCLUSÃO	28
	REFERÊNCIAS	29
	APÊNDICE A – Outros resultados do modelo	31

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos meses, o mundo tem enfrentado uma alta expressiva e generalizada no nível de preços. A economia mundial foi surpreendida pela invasão Russa à Ucrânia, o que prejudicou cadeias de suprimentos globais, ainda fragilizadas pelos efeitos da pandemia de Covid-19. A situação se agrava devido à política chinesa de não tolerância ao Covid, que causou diversas suspensões das atividades em importantes polos produtores de insumos cruciais para a indústria global, como semicondutores. Além do impacto no nível de preços pelo aumento dos custos, existe uma piora das expectativas dos agentes econômicos. Em um trabalho recente, Dräger, Gründler e Potrafke (2022) mostram como a guerra aumentou a expectativa de inflação, em especial no continente europeu.

Este trabalho busca verificar como choques de custos podem afetar a economia brasileira. Para tal, é utilizado o modelo proposto por Ireland (2007). O autor desenvolveu um modelo novo keynesiano, com meta de inflação endógena, para analisar qual foi a meta de inflação implícita praticada pelo FED nas décadas de 1960 e 1970. No presente caso, o modelo é calibrado com parâmetros que refletem a situação atual da economia brasileira, com presença de choques exógenos. Trata-se de um modelo de pequeno porte que em que é possível analisar os impactos sobre variáveis econômicas relevantes, entre elas a meta de inflação.¹

A figura 1 mostra a evolução do Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), acumulado dos últimos 12 meses, desde a adoção do Real. Foram traçadas linhas verticais delimitando eventos relevantes para a taxa de inflação do país, são eles: a eleição do presidente Luís Inácio Lula da Silva, em outubro de 2002; o impeachment da presidente Dilma Rousseff, em agosto de 2016; a pandemia de Covid-19, em março de 2020², seguida do início da invasão da Ucrânia pela Rússia, em 24 de fevereiro de 2022.

Segundo Friedman (1968, p. 39, apud Ireland, 2007), a inflação é sempre e em qualquer lugar um fenômeno monetário. Friedman defendia que a inflação sistemática só ocorreria com a ajuda da política monetária. Cabe destacar que a taxa Selic atingiu seu menor patamar histórico, 2%, entre agosto de 2020 e março de 2021, e desde então acumula várias altas, até o patamar atual de 13,75%.³

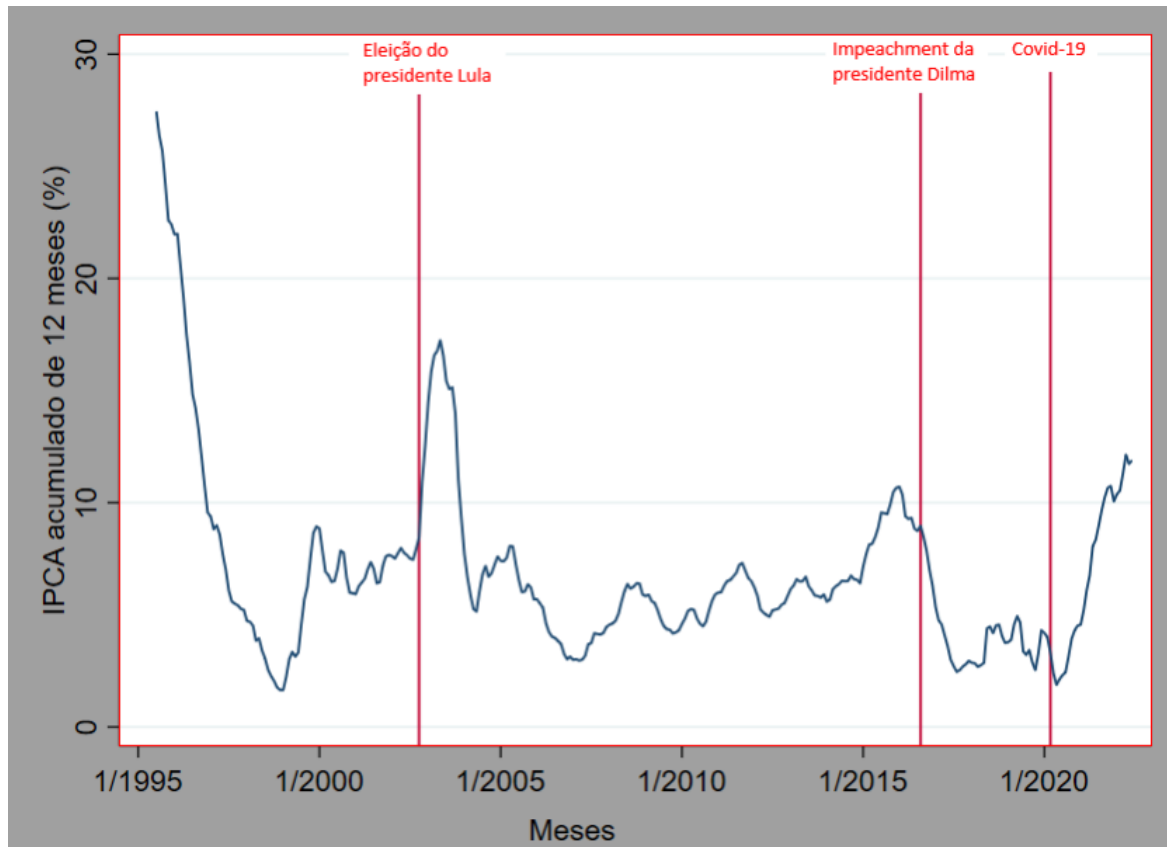
O trabalho foi organizado em outras quatro seções. A seção 2 apresenta uma breve revisão a respeito dos modelos DSGE e do sistema de metas de inflação adotado pelo Banco Central. A seção 3 apresenta o modelo utilizado para a simulação e as equações finais do modelo log-linearizadas. A seção 4 apresenta os resultados da simulação, com as funções de impulso resposta relativas aos choques presentes no modelo, a decomposição

¹ A meta proposta pelo Banco Central não foi cumprida no ano de 2021 e provavelmente não será em 2022. Até a conclusão desse trabalho, a inflação acumulada de 2022 era de 4,77%, sendo que a banda superior da meta é de 5%.

² A data escolhida foi baseada no anúncio da Organização Mundial da Saúde de que se tratava de uma pandemia, em 11 de março de 2020.

³ Reunião de 02 e 03 de agosto de 2022.

Figura 1 – IPCA - Acumulado 12 meses - Variação mensal.



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE.

da variância e as diferenças em relação ao modelo de Ireland (2007). Por fim, a seção 5 conclui o trabalho, expondo os principais pontos encontrados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo tem o objetivo de revisar brevemente a literatura a respeito dos modelos DSGE e o sistema de metas de inflação.

2.1 MODELOS DSGE

Para o economista Narayana Kocherlakota, Dinâmico se refere ao comportamento *forward looking* das famílias e das firmas. Estocástico se refere à inclusão de choques. Geral se refere à inclusão da economia como um todo. Por fim, Equilíbrio se refere à inclusão de restrições explícitas e objetivos para as famílias e firmas. Estes quatro elementos são os marcos da revolução iniciada por Lucas nos anos 70 (VROEY, 2016).

Os modelos dinâmicos, estocásticos, de equilíbrio geral começaram a ser desenvolvidos a partir da década de 1980. Isso ocorreu após a crítica de Lucas, começando pelo artigo seminal de Kydland e Prescott (1982), que foi responsável por oferecer uma estrutura baseada em expectativas racionais e com microfundamentação teórica, tornando-se cada vez mais utilizada. A Teoria dos Ciclos Reais de Negócios⁴ revolucionou os modelos, e foi base para os modelos novo keynesianos que viriam posteriormente. Para os autores da vertente Novo Keynesiana, a rigidez de preços e salários responde por flutuações cíclicas em variáveis macroeconômicas.⁵ Por fim, choques que afetam o equilíbrio econômico eram realizados, a fim de se observar como o modelo se comportaria e em quanto tempo ele voltaria para seu estado inicial.

O trabalho de Ireland (2007) estima os parâmetros de seu modelo através de máxima verossimilhança. Entretanto, foram as estimações de parâmetros através de inferência bayesiana que mais se popularizaram, passando a ter papel fundamental na pesquisa em macroeconomia. Essa metodologia de estimação dos parâmetros é empregada pelos artigos utilizados na calibração do modelo.⁶ Segundo An e Schorfheide (2007), a estimação bayesiana se tornou mais popular pois a estimação por máxima verossimilhança não leva em conta informações adicionais que o pesquisador dispõe, levando muitas vezes a estimação de parâmetros com valores fora da realidade.

No caso brasileiro, o principal modelo com estimação bayesiana é o de grande porte utilizado pelo Banco Central do Brasil, conhecido como SAMBA.⁷ Trata-se de um modelo que busca reproduzir características da economia brasileira utilizando alguns insights de trabalhos relevantes da literatura DSGE, como Christiano, Eichenbaum e Evans (2005),

⁴ Em inglês: *Real Business Cycles* (RBC).

⁵ Os modelos Novo Keynesianos surgem como contraponto aos Novos Clássicos.

⁶ Entre os principais artigos dessa literatura, destacam-se os trabalhos de Smets e Wouters (2003) e Smets e Wouters (2004) com estimações para a Zona do Euro e o seminal Smets e Wouters (2007) com uso da técnica para análise de choques e fricções na economia americana.

⁷ *Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach*. Ver Castro et al. (2015).

Adolfson et al. (2007), Adolfson et al. (2008) e Medina, Soto et al. (2007). Razão pela qual é a principal fonte para calibragem dos parâmetros do modelo utilizado neste trabalho.

2.2 METAS DE INFLAÇÃO

O sistema de metas de inflação é uma política macroeconômica que visa dar maior previsibilidade aos agentes econômicos com relação à inflação. Seu uso foi iniciado pelo Banco Central neozelandês, na década de 1990, e logo se espalhou para vários países, sendo eles desenvolvidos ou emergentes⁸ (CARARE; STONE, 2006).

A meta é definida pelo Conselho Monetário Nacional, composto atualmente pelo Ministro da Economia (presidente do conselho), Presidente do Banco Central do Brasil e o Secretário Especial do Tesouro e Orçamento do Ministério da Economia.⁹

Em 1999, o Banco Central, sob o comando do economista Armínio Fraga, optou pela adoção do sistema de metas de inflação. Segundo o Banco Central:

Inflação baixa, estável e previsível traz vários benefícios para a sociedade. A economia pode crescer mais, pois a incerteza na economia é menor, as pessoas podem planejar melhor seu futuro e as famílias não têm sua renda real corroída. Para alcançar esse objetivo, o Brasil adota o regime de metas para a inflação, que está em vigor desde 1999. Esse regime tem sido exitoso no Brasil e no amplo conjunto de países que o adotam. Por esse sistema, os bancos centrais atuam para que a inflação efetiva esteja em linha com uma meta pré-estabelecida. Nesse sistema, a meta para a inflação é anunciada publicamente e funciona como uma âncora para as expectativas dos agentes sobre a inflação futura, permitindo que desvios da inflação em relação à meta sejam corrigidos ao longo do tempo. (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2022)

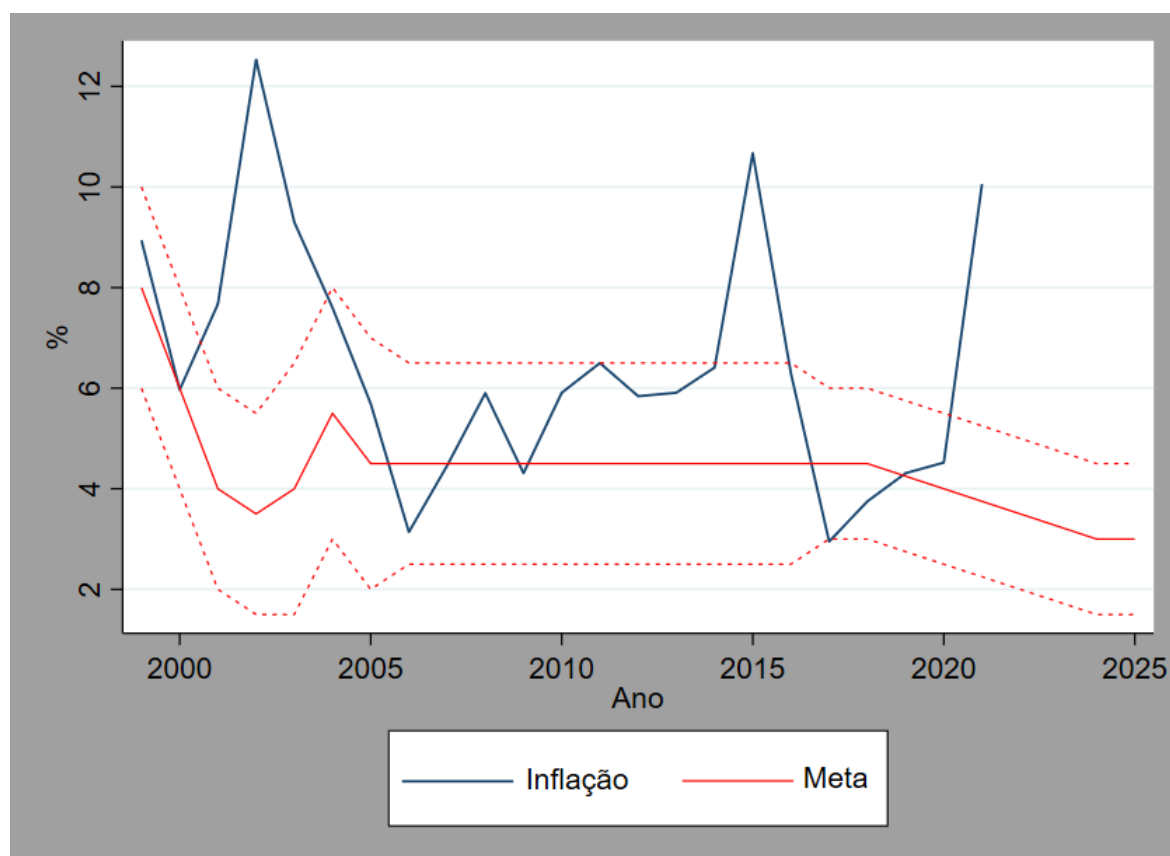
Na configuração atual, o CMN define as metas de inflação para três anos à frente, visando maior previsibilidade e redução de incertezas por parte dos agentes econômicos. O sistema ainda prevê um intervalo de tolerância (atualmente, 2 pontos percentuais para mais ou para menos). Quando a inflação não fica dentro do intervalo de tolerância da meta estabelecida, o presidente do Banco Central tem que divulgar carta aberta ao Ministro da Economia, explicitando detalhadamente as causas e ações que levaram a inflação a não convergir para a meta.

A figura 2 apresenta a inflação anual e a meta de inflação desde a adoção do sistema, em 1999. Podemos notar três momentos em que a meta não conseguiu ser cumprida. Em linha com o observado na figura 1, a meta não foi cumprida no período em torno da primeira eleição do presidente Lula (2002), em torno do início do segundo mandato de Dilma Rousseff (2015) e no período recente pós Covid-19 e Guerra da Ucrânia. É

⁸ Para mais informações a respeito do sistema de metas de inflação, ver Croce e Khan (2000), Carare et al. (2002) e Mariscal, Powell e Tavella (2018).

⁹ Até o fim de 2018, o então Ministro do Planejamento ocupava o lugar do secretário.

Figura 2 – IPCA anual e meta de inflação desde 1999.



Fonte: Elaboração própria com dados do BCB.

importante notar que em carta aberta, no dia 21 de janeiro de 2003, a autoridade monetária ajustou as metas de 2003 e 2004 para 8,5% e 5,5%, respectivamente.¹⁰

¹⁰O valor anterior para 2004 era de 3,75% (2,5% de intervalo).

3 MODELO

O modelo descrito nessa seção é retirado do trabalho de Ireland (2007). Entretanto, há uma diferença crucial quanto ao modelo apresentado pelo autor. Os choques de custo considerados neste trabalho são um evento exógeno desfavorável à economia.

A descrição do modelo resume-se a descrição do comportamento otimizado de uma família representativa, de uma firma que produz bens finais representativa e de uma firma que produz bens intermediários representativa, além da Regra de Taylor Generalizada que define o comportamento da autoridade monetária.

A família representativa entra em cada período t com uma quantidade de dinheiro M_{t-1} e de títulos B_{t-1} . No início do período ela recebe uma transferência nominal de T_t do banco central. Depois, os títulos adquiridos vencem, adicionando um quantidade B_{t-1} de dinheiro. A família usa uma parte deste dinheiro para comprar B_t novos títulos a um preço de $1/R_t$ unidades de moeda por título, em que R_t representa a taxa de juros nominal entre os períodos t e $t + 1$. A família oferta uma quantidade de trabalho h_t a várias das firmas produtoras de bens intermediários e recebe como pagamento um salário nominal W_t . A família consome C_t unidades de bens finais, compradas a um preço P_t da firma representativa produtora de bens finais. No fim do período a família representativa recebe um lucro nominal de D_t na forma de dividendos pagos pelas firmas produtoras de bens intermediários. A família carrega M unidades de moeda para o período seguinte. Logo, a restrição orçamentária da família é dada por:

$$M_{t-1} + T_t + B_{t-1} + W_t h_t + D_t \geq P_t C_t + M_t + \frac{B_t}{R} \quad (3.1)$$

A família escolhe C_t , h_t , B_t e M_t para todo $t = 0, 1, 2, \dots$ buscando maximizar a função de utilidade esperada, sujeito à restrição orçamentária dada pela equação 3.1.

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t a_t \ln(C_t - \gamma C_{t-1}) + \ln \frac{M_t}{P_t} - h_t \quad (3.2)$$

Em que β e γ são parâmetros de valores entre zero e um. β representando o fator de desconto e γ a formação de hábito das famílias. O choque de preferência a_t segue um processo autoregressivo dado por:

$$\ln(a_t) = \rho_a \ln(a_{t-1}) + \sigma_a \varepsilon_{a,t} \quad (3.3)$$

para todo $t = 0, 1, 2, \dots$ e $1 > \rho_a \geq 0$ e $\sigma_a \geq 0$ em que a inovação serial não correlacionada é dada por $\varepsilon_{a,t}$ com uma distribuição normal padrão.

A firma representativa produtora de bens finais usa $Y_t(i)$ unidades de cada bem intermediário i (em que $0 \leq i \leq 1$), comprados a um preço nominal $P_t(i)$ durante cada período t , a fim de manufaturar Y_t unidades de bens finais, de acordo com a tecnologia com retornos constante de escala descrita por:

$$\int_0^1 Y_t(i)^{(\vartheta_t \square 1)/\vartheta_t} dt \geq Y_t \quad (3.4)$$

em que ϑ_t segue um processo autorregressivo estacionário descrito por:

$$\ln(\vartheta_t) = (1 \square \rho_\vartheta) \ln(\vartheta) + \rho_\vartheta \ln(\vartheta_{t-1}) + \sigma_\vartheta \varepsilon_{\vartheta,t} \quad (3.5)$$

Para todo $t = 0, 1, 2, \dots$, $1 > \rho_\vartheta \geq 0$ e $\sigma_\vartheta \geq 0$, em que a inovação serial não correlacionada é ditada por $\varepsilon_{\vartheta,t}$ com uma distribuição normal padrão. A firma age para maximizar os lucros. As condições de primeira ordem do problema são dadas por:

$$Y_t(i) = \frac{P_t(i)^{\# \square \vartheta_t}}{P_t} Y_t \quad (3.6)$$

$\forall i \in [0, 1]$ e $t = 0, 1, 2, \dots$

Esta condições ótimas revelam que $\square \vartheta_t$ mede a elasticidade de demanda intertemporal para cada bem intermediário i . Logo, os choques aleatórios ϑ_t se traduzem em choques nas firmas produtoras de bens intermediários, alterando seus *markups*. A competição faz com que as firmas produtoras de bens finais passem a convergir ao lucro zero, fazendo com que P_t seja:

$$P_t = \int_0^1 P_t(i)^{1 \square \vartheta_t} di^{\# 1/(1 \square \vartheta_t)} \quad (3.7)$$

para todo $t = 0, 1, 2, \dots$

A firma representativa, produtora de bens intermediários, contrata $h_t(i)$ unidades de trabalho da família representativa durante cada período para produzir $Y_t(i)$ unidades de bens intermediários i , de acordo com a tecnologia com retornos constantes de escala descrita por:

$$Z_t h_t(i) \geq Y_t(i) \quad (3.8)$$

O choque de tecnologia segue um passeio aleatório com drift:

$$\ln(Z_t) = \ln(z) + \ln(Z_{t-1}) + \sigma_z \varepsilon_{z,t} \quad (3.9)$$

Para todo $t = 0, 1, 2, \dots$, $z > 1$ e $\sigma_z \geq 0$, em que a inovação serial não correlacionada é ditada por $\varepsilon_{z,t}$ com uma distribuição normal padrão. A suposição do passeio aleatório com drift acontece para distinguir os efeitos do choque de custo. Como a firma produtora de bens intermediários substitui de forma imperfeita alguma outra produtora intermediária para produção do bem final, a firma representativa de bens intermediários vende sua produção em uma mercado monopolisticamente competitivo. Durante o período t , a firma estabelece o preço nominal $P_t(i)$ para seu produto, sujeito a satisfazer a demanda da firma representativa produtora de bens finais a um preço escolhido. A firma produtora de

bens intermediários possui uma função de custo quadrática, que ajusta o preço entre os períodos, medido em termos do bem final:

$$\frac{\phi}{2} \frac{P_t(i)^2}{\Pi_{t-1}^\alpha (\Pi_t^\square)^{1-\alpha} P_{t-1}(i)} - 1 \quad Y_t \quad (3.10)$$

em que $\phi \geq 0$ determina a magnitude deste ajustamento; $\Pi_t = P_t/P_{t-1}$, logo, Π_{t-1} representa a inflação entre os períodos $t-2$ e $t-1$; Π_t^\square representa a meta de inflação no período t ; e α é um parâmetro com valor entre 0 e 1.

O banco central conduz a política monetária de acordo com a regra de Taylor generalizada:

$$\ln(R_t) - \ln(R_{t-1}) = \rho_\pi \ln(\Pi_t/\Pi_t^\square) + \rho_{gy} \ln(g_t/g^y) + \ln(v_t) \quad (3.11)$$

para todo $t = 0, 1, 2, \dots$, em que os coeficiente $\rho_\pi > 0$ e $\rho_{gy} \geq 0$ são escolhidos pelo Banco Central. Este mesmo Banco Central aumenta a taxa de juros nominal, R_t , sempre quando a inflação supera a meta Π_t^\square . Um valor estritamente positivo para ρ_π mostra a existência de apenas uma expectativa racional de equilíbrio sob um taxa de juros deste tipo. O banco central responde a uma taxa de crescimento do produto:

$$g_t^y = \frac{Y_t}{Y_{t-1}} \quad (3.12)$$

O choque de política monetária v_t segue um processo autorregressivo estacionário:

$$\ln(v_t) = \rho_v \ln(v_{t-1}) + \sigma_v \varepsilon_{v,t} \quad (3.13)$$

para todo $t = 0, 1, 2, \dots$, com $1 > \rho_v \geq 0$ e $\sigma_v \geq 0$, em que a inovação serial não correlacionada é ditada por $\varepsilon_{v,t}$ com uma distribuição normal padrão. A regra de Taylor generalizada incorpora neste modelo uma variação temporal da meta de inflação Π_t^\square , que evolui de acordo com:

$$\ln(\Pi_t^\square) = \ln \Pi_{t-1}^\square + \delta_\vartheta \varepsilon_{\vartheta,t} - \delta_z \varepsilon_{z,t} + \sigma_\pi \varepsilon_{\pi,t} \quad (3.14)$$

para todo $t = 0, 1, 2, \dots$, em que os coeficientes $\delta_\vartheta \geq 0$ e $\delta_z \geq 0$ são de novo escolhidos pelo Banco Central, $\sigma_\pi \geq 0$ e a inovação serial não correlacionada é ditada por $\varepsilon_{\pi,t}$ com uma distribuição normal padrão.

Em um equilíbrio simétrico, todas as firmas produtoras de bens intermediários fazem decisões idênticas, tal que $Y_t(i) = Y_t$, $h_t(i) = h_t$, e $P_t(i) = P_t \forall i \in [0, 1]$ e $t = 0, 1, 2, \dots$. Além disso, as condições de *market clearing* para moeda e títulos, $M_t = M_{t-1} + T_t$ e $B_t = B_{t-1} = 0$ precisa acontecer para todo período t . O crescimento da taxa de inflação é dado por:

$$g_t^\pi = \frac{\Pi_t}{\Pi_{t-1}} \quad (3.15)$$

A proporção da taxa nominal de juros em relação a taxa de juros:

$$r_t^{r\pi} = \frac{R_t}{\Pi_t} \quad (3.16)$$

As condições de equilíbrio do modelo implicam que na ausência de choques, no estado estacionário, as variáveis são dadas por:

$$y_t = y = \frac{\vartheta \square 1}{\vartheta} \quad \frac{z \square \beta \gamma}{z \square \beta} \quad (3.17)$$

$$c_t = c = \frac{\vartheta \square 1}{\vartheta} \quad \frac{z \square \beta \gamma}{z \square \beta} \quad (3.18)$$

$$r_t = r = \frac{z}{\beta} \quad (3.19)$$

$$g_t^y = g^y = z \quad (3.20)$$

$$r_t^{r\pi} = r^{r\pi} = \frac{z}{\beta} \quad (3.21)$$

$$\lambda_t = \lambda = \frac{\vartheta}{1 \square \vartheta} \quad (3.22)$$

$$\pi_t = \pi = g_t^\pi = g^\pi = \alpha_t = \alpha = \vartheta_t = \vartheta = z_t = z = v_t = v = \pi_t^\square = \pi^\square = 1 \quad (3.23)$$

As variáveis são log-linearizadas em torno do estado estacionário a fim de descrever como respondem aos choques propostos. Portanto, as variáveis descritas a seguir com acento circunflexo indicam o desvio percentual com relação ao estado estacionário. As equações de equilíbrio aproximadas por primeira ordem de Taylor são descritas abaixo:

$$(z \square \gamma)(z \square \beta \gamma)\hat{\lambda}_t = \gamma z \hat{y}_{t-1} \square (z^2 + \beta \gamma^2)\hat{y} + \beta \gamma z E_t \hat{y} + \hat{\pi}_t + (z \square \gamma)(z \square \beta \gamma \rho_\alpha)\hat{\alpha}_t \square \gamma z \hat{z} \quad (3.24)$$

$$\hat{\lambda}_t = E_t \hat{\lambda}_{t+1} + \hat{r}_t \square E_t \hat{\pi}_{t+1} \quad (3.25)$$

$$(1 + \beta \alpha)\hat{\pi}_t = \alpha \hat{\pi}_{t-1} + \beta E_t \hat{\pi}_{t+1} + \psi(\hat{\alpha}_t \square \hat{\lambda}_t) + \hat{e}_t \square \alpha \hat{\pi}_t \quad (3.26)$$

$$\hat{r}_t \square \hat{r}_{t-1} = \rho_\pi \hat{\pi}_t + \rho_{gy} \hat{g}_t^y \square \hat{\pi}_t + \hat{v}_t \quad (3.27)$$

$$\hat{\pi}_t^\square = \sigma_\pi \varepsilon_{\pi,t} + \delta_e \varepsilon_{e,t} \square \delta_z \varepsilon_{z,t} \quad (3.28)$$

A equação (3.24) mede a utilidade marginal do consumo e inclui termos *forward* e *backward looking* baseado na especificação de formação de hábitos para preferências. A equação (3.25) tem a forma de uma curva IS Novo Keynesiana que liga a utilidade marginal do consumo no período t com seu valor futuro esperado e o valor *ex ante* da taxa de juros real. A equação (3.26) tem a forma de uma Curva de Philips Novo Keynesiana híbrida *forward* e *backward looking*.

As equações (3.27) e (3.28) descrevem a condução da política monetária. A primeira delas representa o ajuste da Regra de Taylor à taxa de juros nominal adotada para estabilizar a inflação real em torno da sua meta. A segunda representa a evolução endógena da meta para inflação estipulada pela autoridade monetária. Ainda com relação à equação (3.28): ela é adicionada no modelo porque, segundo o autor, permite que a autoridade monetária modifique a meta para inflação em resposta a choques de custo ou de tecnologia, isto é, abrange o caso em que a meta não é constante ao longo do tempo.

As equações de taxa de crescimento do produto, da inflação e da relação entre taxa de juros e inflação também fazem parte do conjunto de equações de equilíbrio e são, respectivamente, apresentadas abaixo. Sobre elas foi realizada uma aproximação de Taylor de primeira ordem:

$$\hat{g}_t^y = \hat{y}_t - \hat{y}_{t-1} + \hat{z}_t \quad (3.29)$$

$$\hat{g}_t^\pi = \hat{\pi}_t - \hat{\pi}_{t-1} + \hat{\pi}_t \quad (3.30)$$

$$\hat{r}_t^r = \hat{r}_t - \hat{\pi}_t \quad (3.31)$$

As próximas equações de equilíbrio representam, respectivamente, os choques de preferência, custos, tecnologia e de política monetária. De forma análoga, sobre elas também foi realizada uma aproximação de Taylor de primeira ordem:

$$\hat{a}_t = \rho_a \hat{a}_{t-1} + \sigma_a \varepsilon_{a,t} \quad (3.32)$$

$$\hat{e}_t = \rho_e \hat{e}_{t-1} + \sigma_e \varepsilon_{e,t} \quad (3.33)$$

$$\hat{z}_t = \sigma_z \varepsilon_{z,t} \quad (3.34)$$

$$\hat{v}_t = \rho_v \hat{v}_{t-1} + \sigma_v \varepsilon_{v,t} \quad (3.35)$$

Optou-se por renormalizar o choque de custo ϑ_t em $e_t = (1/\phi)\vartheta_t$. Logo, os parâmetros foram redefinidos como: $\psi = (\vartheta - 1)/\phi$, $\delta_e = \delta_\vartheta$, $\rho_e = \rho_\vartheta$ e $\sigma_e = \sigma_\vartheta/\phi$.

É necessário ainda incluir neste modelo a equação que descreve o comportamento do hiato do produto (diferença entre o nível eficiente e o nível efetivo do produto). A equação do nível eficiente de produto é igual a:

$$\frac{1}{Z_t} = \frac{1}{Q_t - \gamma Q_{t-1}} - \beta \gamma E_t \left[\frac{a_{t-1}}{a_t} \frac{1}{Q_{t+1} - \gamma Q_t} \right] \quad (3.36)$$

Sua versão log-linearizada é igual a:

$$0 = \gamma z \hat{q}_{t-1} - (z^2 + \beta \gamma^2) \hat{q}_t + \beta \gamma z E_t \hat{q}_{t+1} + \beta \gamma (z - \gamma) (1 - \rho_a) \hat{a}_t - \gamma z \hat{z}_t \quad (3.37)$$

A equação do hiato do produto é dada por:

$$x_t = \frac{Q_t}{Y_t} \quad (3.38)$$

Sua versão log-linearizada é:

$$x_t = \hat{y}_t - q_t \quad (3.39)$$

Por fim, seguindo o autor, foram inseridas duas equações no código que anualizam a taxa de inflação e a taxa de juros:

$$\pi_{ano} = 4\pi_t \quad (3.40)$$

$$r_{ano} = 4r_i \quad (3.41)$$

3.1 CALIBRAÇÃO DOS PARÂMETROS

O modelo foi calibrado com parâmetros que simulam a economia brasileira. O grau de inovação da economia (z) foi determinado a fim de representar o crescimento recente do PIB per capita da economia. Já o parâmetro de resposta à inflação acima da meta presente na regra de Taylor (π_r), foi retirado do modelo de pequeno porte do Banco Central, presente no último relatório de inflação de 2021 da instituição.

A taxa de desconto (β); o parâmetro *backward looking* do ajuste dos preços (α); o parâmetro da regra de Taylor de resposta ao aumento do produto (ρ_{gy}); o custo de ajustamento dos preços (ψ); e o desvio padrão da maioria choques, foram retirados de Castro et al. (2015). Trata-se do mais difundido modelo DSGE de grande porte estimado para a economia brasileira na literatura, o modelo SAMBA.

O parâmetro de formação de hábitos de consumo (γ) e os coeficientes autorregressivos dos choques de preferência e custos (ρ_a e ρ_e), são oriundos de Carvalho e Vilela (2015). Neste trabalho os autores estimam um DSGE levando em consideração a transição cambial que ocorreu em 1999. Já o parâmetro de persistência do choque monetário (ρ_v) foi retirado de Silveira (2015). Por fim, optou-se por manter os parâmetros que controlam as respostas

da meta de inflação aos choques de oferta (choque de custo, δ_c e choque de tecnologia, δ_z), do modelo original. A ideia é de que existe um padrão semelhante de comportamento da autoridade monetária, uma vez que não se trata de uma meta explícita, e sim implícita, endógena no modelo.

Tabela 1 – Parâmetros do modelo

Parâmetro	Descrição	Valor	Fonte
β	Taxa de desconto	0.989	Castro et al. (2015)
γ	Formação de hábito de consumo	0.68	Carvalho e Vilela (2015)
α	Parâmetro <i>backward looking</i> dos preços	0.2095	Castro et al. (2015)
ρ_π	Resposta da regra de Taylor à inflação acima da meta	1.2998	Banco Central Do Brasil (2021)
ρ_{gy}	Resposta da regra de Taylor ao crescimento do produto	0.16	Castro et al. (2015)
ρ_a	Coeficiente AR(1) do choque de preferências	0.60	Carvalho e Vilela (2015)
ρ_e	Coeficiente AR(1) do choque de custo	0.12	Carvalho e Vilela (2015)
ρ_v	Coeficiente AR(1) do choque monetário	0.38	Silveira (2015)
σ_a	DP do choque de de preferências	2.0510	Castro et al. (2015)
σ_e	DP do choque de custo	2.08	Carvalho e Vilela (2015)
σ_z	DP do choque de tecnologia	0.1020	Castro et al. (2015)
σ_v	DP do choque monetário	0.0332	Castro et al. (2015)
σ_π	DP do choque na meta de inflação	0.0102	Castro et al. (2015)
δ_e	Resposta da meta de inflação à choques de custo	0.001	Ireland (2007)
δ_z	Resposta da meta de inflação à choques de tecnologia	0.0002	Ireland (2007)
z	Grau de inovação	1.0046	Crescimento do PIB per capita ¹¹
ψ	Custo de ajustamento dos preços	0.7	Castro et al. (2015)

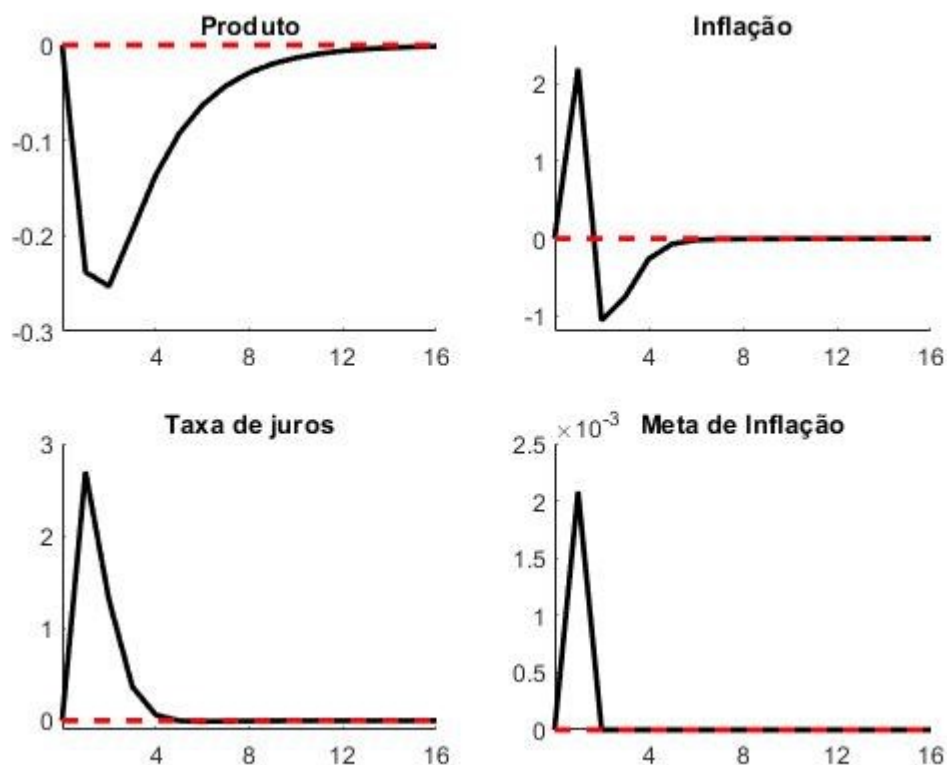
Fonte: Elaboração Própria

¹¹Baseado na média do crescimento do PIB per capita dos últimos 20 anos, 1,185% ao ano.

4 RESULTADOS

Essa seção apresenta os principais resultados das funções de impulso resposta simulada neste trabalho.¹² Primeiramente, a figura 3 apresenta o resultado para um choque de custos de um desvio padrão. A figura mostra que, o choque de custo é responsável por uma diminuição máxima no produto de cerca de 25 pontos base entre 2 e 3 trimestres após o choque, demorando cerca de 15 períodos para se dissipar completamente. Com relação à inflação, o choque é responsável por um aumento de mais de 2% no período seguinte, entretanto o impacto inverte no próximo período, devido ao efeito do choque sobre outras variáveis, como a diminuição do produto. A taxa de juros sobe tentando conter a alta da inflação e retorna ao estado estacionário próximo a 4 períodos após o choque. Por fim, a meta de inflação aumenta em 2,5 bps no período seguinte ao choque, retornando ao estado estacionário no período seguinte.

Figura 3 – Impulso resposta do choque de custos



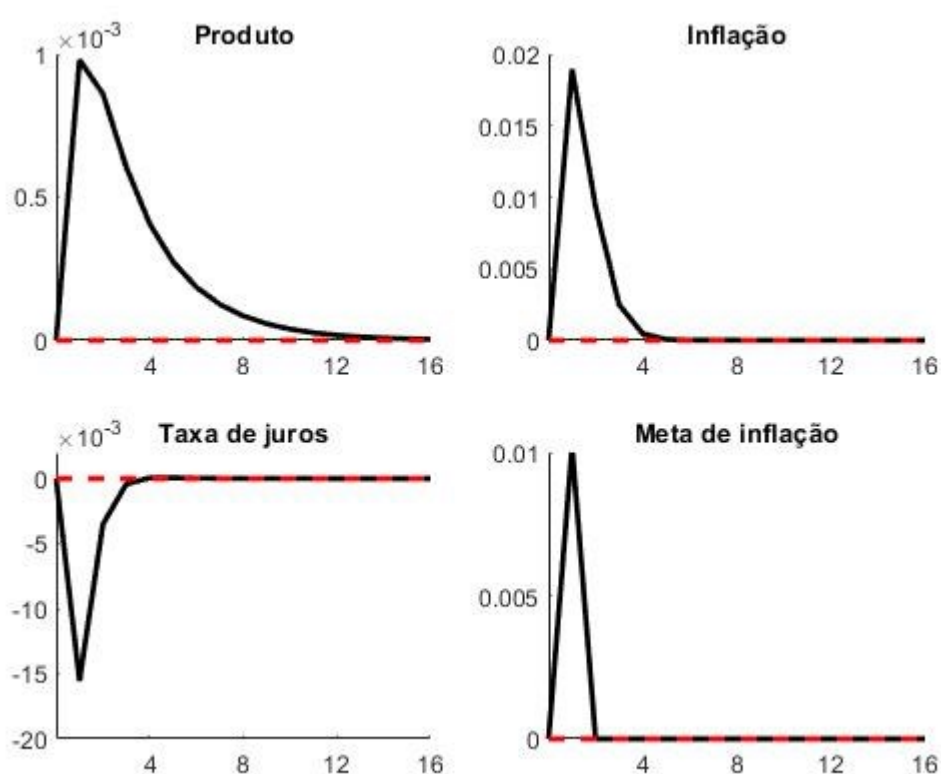
Fonte: Elaboração própria.

Outro resultado relevante é referente ao choque na meta de inflação. A figura 4 apresenta seu impacto nas principais variáveis do modelo. Como esperado, o aumento

¹²As simulações foram realizadas utilizando o software *Dynare 5.1*. Inflação e taxa de juros estão expressas em valores anualizados.

da meta em um desvio padrão é responsável por um aumento no produto e na inflação. O aumento do produto é de 0,1 ponto base e demora cerca de 12 períodos para retornar ao estado estacionário. Já a inflação aumenta em cerca de 0,2% logo após o choque e retorna ao estado estacionário 4 períodos depois. Uma vez que a meta de inflação é maior, a taxa de juros nominal passa a ser menor, reduzindo em 1,5 pontos base logo após o choque. Note que os impactos são de pequena magnitude, visto que o desvio padrão é baixo. Contudo, podemos observar que inflação e juros aumentam em proporção maior do que a meta de inflação.

Figura 4 – Impulso resposta do choque na meta de inflação

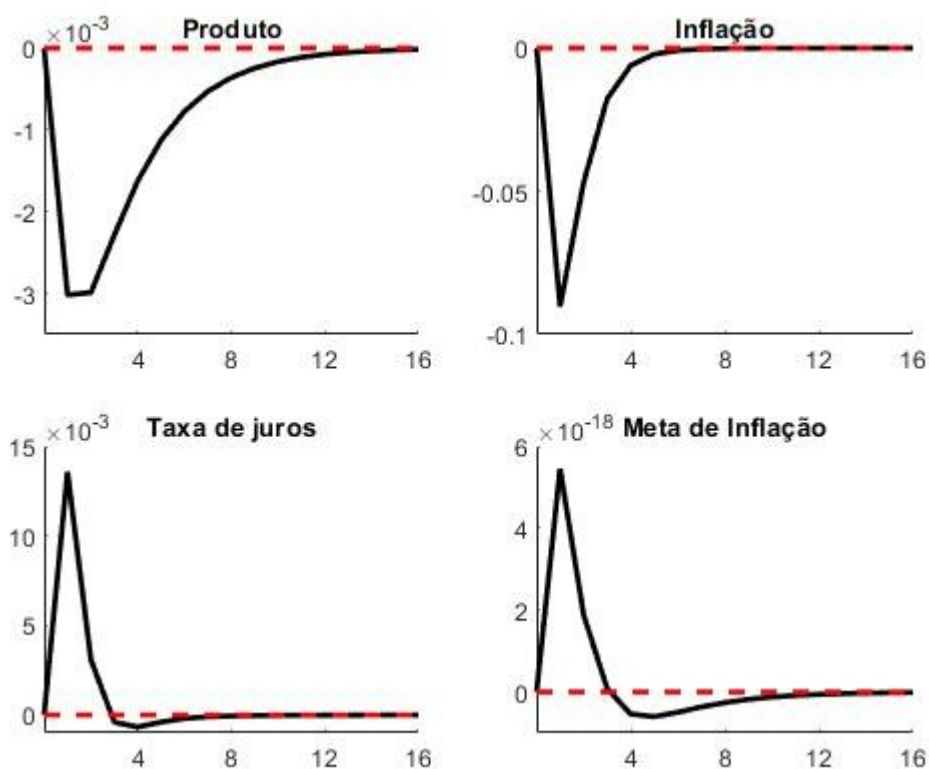


Fonte: Elaboração própria.

Por fim, a figura 5 apresenta os efeitos de um choque de política monetária.¹³ O choque tem impacto negativo sobre o produto e sobre a inflação. O produto reduz em 0.3 pontos base logo após o choque, com o efeito demorando cerca de 12 períodos para se dissipar completamente. Já com relação à inflação, o efeito é maior, com uma queda de cerca de 0,85%, porém retornando ao estado estacionário cerca de 5 períodos após a incidência do choque. Com relação à meta de inflação, o choque de política monetária tem efeito insignificante.

¹³Outros choques do modelo podem ser vistos no Apêndice A.

Figura 5 – Impulso resposta de um choque de política monetária



Fonte: Elaboração própria.

Se compararmos os resultados obtidos com a calibração original do modelo de Ireland (2007), o impacto do choque de custos sobre a inflação e a consequente resposta dos juros é mais de duas vezes maior (2% de aumento na inflação contra 0,8%). Entretanto, o efeito negativo sobre o produto é maior na economia americana em comparação à brasileira (0,4% contra 0,25%). Além disso, o impacto do choque sobre a meta de inflação é o dobro do modelo original.

Por fim, a tabela 4 apresenta a decomposição da variância em diferentes trimestres após os choques. É possível observar que os choques de preferência e custos são responsáveis pela maior parte da variação nas variáveis analisadas, uma vez que a calibração para o desvio padrão desses choques é consideravelmente maior se comparado aos outros três. Essa situação gera um resultado questionável, de que os choques de política monetária, tecnologia e metas de inflação são desprezíveis.

Tabela 2 – Decomposição da variância para o modelo com os choques propostos

Produto					
Período	Preferências	Custo	Tecnologia	Política mon.	Meta de inf.
1	65.46	31.81	2.72	0.01	0.00
4	73.51	25.26	1.23	0.00	0.00
8	76.11	22.82	1.07	0.00	0.00
12	76.34	22.60	1.05	0.00	0.00
16	76.36	22.58	1.05	0.00	0.00
Inflação					
Período	Preferência	Custo	Tecnologia	Política mon.	Meta de inf.
1	16.26	83.59	0.01	0.14	0.01
4	14.44	85.41	0.01	0.14	0.01
8	14.79	85.06	0.01	0.14	0.01
12	14.79	85.06	0.01	0.14	0.01
16	14.79	85.06	0.01	0.14	0.01
Taxa de juros					
Período	Preferência	Custo	Tecnologia	Política mon.	Meta de inf.
1	23.11	76.89	0.00	0.00	0.00
4	37.83	62.16	0.00	0.00	0.00
8	38.74	61.25	0.00	0.00	0.00
12	38.76	61.23	0.00	0.00	0.00
16	38.76	61.23	0.00	0.00	0.00

5 CONCLUSÃO

Os últimos meses tem sido de preocupação para os Bancos Centrais devido à inflação causado por significativos choques provenientes de eventos recentes, como a pandemia de Covid-19 e a Guerra da Ucrânia.¹⁴ Este trabalho buscou fazer uma simulação do efeito de um choque de oferta sobre a economia brasileira, a partir do modelo DSGE utilizado por Ireland (2007). Os resultados mostram como um choque de custos têm impacto sobre a inflação, em magnitude maior do que ao produto. O choque de custos considerado é proveniente da estimação de uma modelo realizado por Carvalho e Vilela (2015), portanto, é razoável imaginar que atualmente sofremos de um choque de custos bem mais agudo e de maior persistência.

A ideia foi mostrar através de um modelo de pequeno porte como choque de custos se transmite pelas principais variáveis macroeconômicas. A inflação sobe consideravelmente, fazendo com que a taxa de juros nominal suba numa magnitude ainda maior para conter a pressão inflacionária, o que promove um impacto no produto.

Comparado ao modelo original de Ireland (2007), o choque de custos tem efeitos maiores sobre as variáveis do modelo, com destaque para o impacto pelo menos duas vezes maior sobre a inflação e a meta de inflação.

Apesar da autoridade monetária brasileira seguir o regime de metas, não parece possível convergir a inflação à meta pré estabelecida aumentando juros no cenário atual. Não obstante, é importante elevar os juros para que as taxas de inflação não contaminem a economia, aumentando seu componente inercial, em especial por se tratar de uma economia com histórico de hiperinflação.

¹⁴Para mais informações, ver Brinca, Duarte e Castro (2021). Os autores estimam uma sequência de choques de oferta de trabalho e de demanda por setores nos Estados Unidos.

REFERÊNCIAS

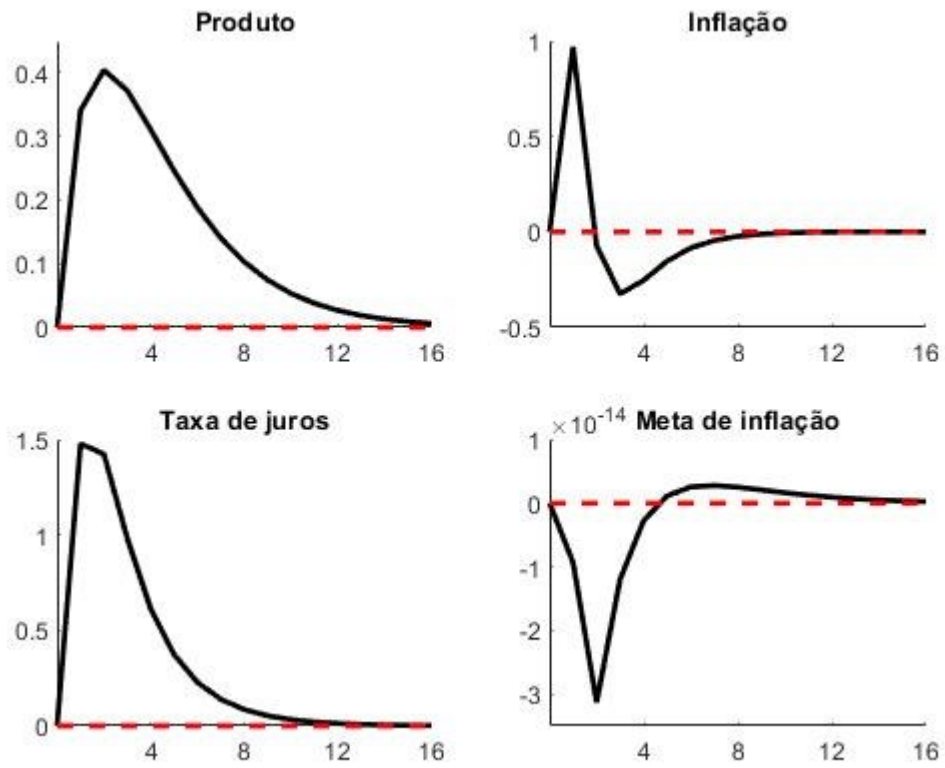
- ADOLFSON, M. et al. Bayesian estimation of an open economy dsge model with incomplete pass-through. **Journal of International Economics**, Elsevier, v. 72, n. 2, p. 481–511, 2007.
- ADOLFSON, M. et al. Evaluating an estimated new keynesian small open economy model. **Journal of Economic Dynamics and Control**, Elsevier, v. 32, n. 8, p. 2690–2721, 2008.
- AN, S.; SCHORFHEIDE, F. Bayesian analysis of dsge models. **Econometric reviews**, Taylor & Francis, v. 26, n. 2-4, p. 113–172, 2007.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório de inflação**. volume 23, número 4. 2021. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/ri>. Acesso em: 19 jul. 2022.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Banco Central do Brasil - Política Monetária - Metas para inflação**. 2022. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/metainflacao>. Acesso em 21 jul. 2022.
- BRINCA, P.; DUARTE, J. B.; CASTRO, M. Faria-e. Measuring labor supply and demand shocks during covid-19. **European Economic Review**, Elsevier, v. 139, p. 103901, 2021.
- CARARE, A. et al. **Establishing Initial Conditions in Support of Inflation Targeting**. International Monetary Fund Working Papers, v. 02, 01 2002.
- CARARE, A.; STONE, M. R. **Inflation targeting regimes**. **European Economic Review**, Elsevier, v. 50, n. 5, p. 1297–1315, 2006.
- CARVALHO, C.; VILELA, A. What if brazil hadn't floated the real in 1999? **Brazilian Review of Econometrics**, Sociedade Brasileira de Econometria-SBE, v. 35, n. 2, p. 265–308, 2015.
- CASTRO, M. R. D. et al. Samba: Stochastic analytical model with a bayesian approach. **Brazilian Review of Econometrics**, Sociedade Brasileira de Econometria-SBE, v. 35, n. 2, p. 103–170, 2015.
- CHRISTIANO, L. J.; EICHENBAUM, M.; EVANS, C. L. Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy. **Journal of political Economy**, The University of Chicago Press, v. 113, n. 1, p. 1–45, 2005.
- CROCE, E.; KHAN, M. S. Monetary regimes and inflation targeting. **Finance & Development**, International Monetary Fund, v. 37, n. 003, 2000.
- DRÄGER, L.; GRÜNDLER, K.; POTRAFKE, N. **Political Shocks and Inflation Expectations: Evidence from the 2022 russian invasion of ukraine**. CESifo Working Paper, 2022.
- IRELAND, P. N. Changes in the federal reserve's inflation target: Causes and consequences. **Journal of Money, credit and Banking**, Wiley Online Library, v. 39, n. 8, p. 1851–1882, 2007.

- KYDLAND, F. E.; PRESCOTT, E. C. Time to build and aggregate fluctuations. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, JSTOR, p. 1345–1370, 1982.
- MARISCAL, R.; POWELL, A.; TAVELLA, P. On the credibility of inflation-targeting regimes in latin america. **Economía**, JSTOR, v. 18, n. 2, p. 1–24, 2018.
- MEDINA, J. P.; SOTO, C. et al. The chilean business cycles through the lens of a stochastic general equilibrium model. **Central Bank of Chile Working Papers**, v. 457, 2007.
- SILVEIRA, M. A. C. d. **A small open economy as a limit case of a two-country new keynesian dsge model**: A bayesian estimation with brazilian data. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2015.
- SMETS, F.; WOUTERS, R. An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area. **Journal of the European economic association**, Oxford University Press, v. 1, n. 5, p. 1123–1175, 2003.
- SMETS, F.; WOUTERS, R. Forecasting with a bayesian dsge model: an application to the euro area. **JCMS: Journal of Common Market Studies**, Wiley Online Library, v. 42, n. 4, p. 841–867, 2004.
- SMETS, F.; WOUTERS, R. Shocks and frictions in us business cycles: A bayesian dsge approach. **American economic review**, v. 97, n. 3, p. 586–606, 2007.
- VROEY, M. D. **A history of macroeconomics from Keynes to Lucas and beyond**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2016.

APÊNDICE A – Outros resultados do modelo

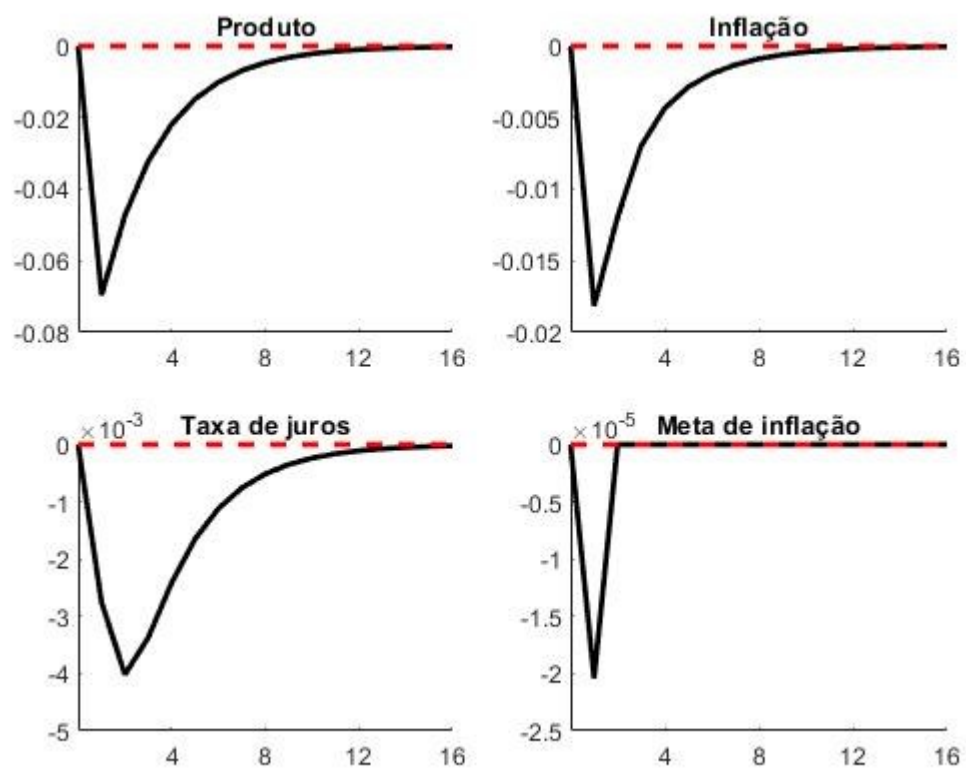
Outros choques simulados no modelo proposto:

Figura 6 – Impulso resposta do choque de preferência



Fonte: Elaboração própria.

Figura 7 – Impulso resposta do choque de tecnologia



Fonte: Elaboração própria.