

Resultados das estimações do novo modelo agregado de pequeno porte com estimação bayesiana

No Relatório de Inflação anterior, o Banco Central do Brasil (BCB) publicou boxe sobre o novo modelo agregado semiestrutural de pequeno porte.¹ A estimação do novo modelo, incluindo suas variáveis econômicas não-observáveis, como o hiato do produto e a taxa de juros real neutra, foi realizada com técnicas bayesianas. Além disso, o modelo incorporou outros aperfeiçoamentos, como a representação endógena das expectativas de inflação e uma equação para a taxa de câmbio seguindo a paridade descoberta da taxa de juros.

Em consonância com os esforços do BCB no sentido de aperfeiçoar sua comunicação e transparência com a sociedade, este boxe complementa informações sobre o novo modelo, apresentando as especificações das distribuições a priori, os valores dos parâmetros estimados e seus respectivos intervalos de credibilidade referentes à especificação apresentada. Cabe observar, entretanto, que o desenvolvimento e a estimação de modelos econômicos no BCB é um processo contínuo. Nesse sentido, tanto as equações quanto os valores dos parâmetros apresentados representam uma “fotografia” daquele momento em particular. Ressalta-se ainda que as projeções apresentadas nos documentos oficiais do Copom são resultado da combinação dos seguintes elementos: i. projeções de especialistas para preços livres para horizontes mais curtos e para preços administrados até determinado horizonte; ii. utilização de modelos macroeconômicos, de modelos específicos para os itens de preços administrados e de modelos satélites; iii. emprego de determinadas trajetórias para os condicionantes; e iv. avaliação sobre o estado e perspectivas da economia. Essa abordagem é padrão na experiência internacional em bancos centrais.

Especificação do modelo e parâmetros obtidos com a estimação

O modelo é formado por cinco equações comportamentais: curva de Phillips, curva IS, regra de Taylor, paridade descoberta de juros (UIP) e curva de expectativas de inflação. Para as projeções de inflação do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), a inflação de preços livres obtida por meio da curva de Phillips é combinada com projeções para a inflação de preços administrados, que dependem de avaliação de especialistas e de modelos específicos integrados, capazes de captar a dinâmica individual de cada componente.

Abaixo, seguem as equações já descritas no boxe supracitado², com algum detalhamento adicional:

$$(1) \text{ Curva de Phillips} \quad \pi_t^{L,sa} = \alpha_1 \pi_{t-1}^{L,sa} + (1 - \alpha_1) \pi_{t,t+4|t}^e + \alpha_2 \hat{\pi}_t^* + \alpha_3 \widehat{\Delta e}_{t-2} + \alpha_4 h_t + \alpha_5 \frac{\sum_{i=1}^2 \text{Clima}_{t-i}^2}{2} + \epsilon_t^L,$$

onde $\pi_t^{L,sa}$ é a inflação de preços livres do IPCA com ajuste sazonal; $\pi_{t,t+4|t}^e$ é a expectativa em t , apurada pela pesquisa Focus, acerca da inflação esperada para quatro trimestres à frente; $\hat{\pi}_t^*$ é o desvio da inflação externa, medida pelo Índice de *Commodities* Brasil (IC-Br) em reais, em relação à meta de inflação doméstica; $\widehat{\Delta e}_t$ é o desvio da variação da taxa de câmbio (R\$/US\$) em relação à sua variação de longo prazo prevista pela teoria da paridade do poder de compra (PPC)³; Clima_t^2 representa a variável que captura choques de oferta provenientes de anomalias climáticas⁴; e ϵ_t^L é um termo de erro.

1/ “Novo modelo agregado de pequeno porte com estimação bayesiana” (Relatório de Inflação de setembro de 2020).

2/ Em relação ao boxe do relatório anterior foram excluídas algumas variáveis que não se mostraram relevantes nessa estimação.

3/ Esse termo procura captar possíveis efeitos da taxa de câmbio que não passam pelo preço de *commodities*.

4/ Em virtude do papel que os fenômenos *El Niño* e *La Niña* exercem para o comportamento da inflação de alimentos, utiliza-se variável de controle que reflete as temperaturas do Oceano Pacífico. A série utilizada é o *Oceanic Niño Index* (ONI), provida pelo *Climate Prediction Center*, vinculado ao *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) – EUA. Para mais detalhes, ver boxe “Modelo agregado de pequeno porte – 2017” (Relatório de Inflação de junho de 2017).

$$(2) \text{ Curva IS} \quad h_t = \beta_1 h_{t-1} - \beta_2 \hat{r}_{t-1} - \beta_3 \widehat{rp}_t - \beta_4 \widehat{ie}_t + \epsilon_t^h,$$

$$\text{onde:} \quad (2.1) \quad \hat{r}_t = i_{t,t+4|t}^e - \pi_{t,t+4|t}^e - r_t^{eq},$$

onde h_t é o hiato do produto; \hat{r}_t é uma medida de hiato de taxa de juros real, obtida pela diferença entre a expectativa da taxa Selic um ano à frente ($i_{t,t+4|t}^e$) e expectativa de inflação referente ao mesmo período ($\pi_{t,t+4|t}^e$), ambas apuradas pela pesquisa Focus, e a taxa de juros real neutra (r_t^{eq}); \widehat{rp}_t é uma medida do resultado primário do governo central corrigido pelo ciclo econômico e por *outliers*, e representado pelo desvio de sua tendência; \widehat{ie}_t representa uma medida do grau de incerteza na economia⁵; e, por fim, ϵ_t^h é um termo de erro.

$$(3) \text{ Regra de Taylor} \quad i_t = \theta_1 i_{t-1} + \theta_2 i_{t-2} + (1 - \theta_1 - \theta_2) * [r_t^{eq} + \pi_t^{meta} + \theta_3 (\pi_{t,t+4|t}^e - \pi_t^{meta})] + \epsilon_t^i,$$

$$\text{onde:} \quad (3.1) \quad i_{t,t+4|t}^e = (0,5i_t + E_t i_{t+1} + E_t i_{t+2} + E_t i_{t+3} + 0,5E_t i_{t+4})/4 + \epsilon_t^{i-e},$$

onde i_t representa a taxa Selic nominal, que é função de seu próprio valor no passado e de respostas do banco central aos desvios das expectativas em relação à meta de inflação (π_t^{meta}) e ϵ_t^{i-e} é um termo de erro.

$$(4) \text{ UIP} \quad \Delta e_t = \Delta e^{ppc} - \delta (i_t^{dif} - i_{t-1}^{dif}) + \epsilon_t^e,$$

$$\text{onde:} \quad (4.1) \quad i_t^{dif} = i_t - (i_t^* + CDS_t),$$

$$(4.2) \quad \Delta e^{ppc} = \pi^{meta-ss} - \pi^{*ss},$$

onde a variação da taxa de câmbio (Δe_t) é relacionada com a variação do diferencial de juros (i_t^{dif}) domésticos e externos (no caso, a *Fed Funds rate*), ajustados pelo prêmio de risco, medido nesta estimação pelo *Credit Default Swap* (CDS) de cinco anos para o Brasil. A variação esperada para o câmbio no longo prazo (Δe^{ppc}) segue a PPC e é dada pelo diferencial entre a meta de inflação doméstica de longo prazo ($\pi^{meta-ss}$)⁶ e a inflação de equilíbrio externa (π^{*ss})⁷.

$$(5) \text{ Curva de expectativas de inflação} \quad \hat{\pi}_{t,t+4|t}^e = \varphi_1 \hat{\pi}_{t-1,t+3|t-1}^e + \varphi_2 E_t \hat{\pi}_{t,t+4} + \varphi_3 \sum_{i=1}^4 \hat{\pi}_{t-i} + \varphi_4 \widehat{\Delta e}_t + \epsilon_t^e,$$

onde $\hat{\pi}_{t,t+4|t}^e$ é o desvio de expectativa de inflação para os próximos quatro trimestres à frente apurada pela pesquisa Focus em relação à meta de inflação; $E_t \hat{\pi}_{t,t+4}$ representa a expectativa de inflação consistente com o modelo (*model-consistent expectations*); $\hat{\pi}_t$ é o desvio da inflação trimestral em relação à meta de inflação; e ϵ_t^e é um termo de erro.

(6) Equações de informação do hiato do produto

$$fpib_t = h_t + \sigma^h \epsilon_t^{pib},$$

$$(fnuci_t/\gamma_{nuci}) = h_t + \sigma^h \epsilon_t^{nuci},$$

$$(femp_t/\gamma_{emp}) = h_{t-1} + \sigma^h \epsilon_t^{emp},$$

$$(fcaged_t/\gamma_{caged}) = h_{t-1} + \sigma^h \epsilon_t^{caged},$$

5/ Na presente estimação, foi utilizado o Indicador de Incerteza da Economia – Brasil (IIE-Br), produzido pela Fundação Getúlio Vargas, como desvio da sua média.

6/ A meta de inflação determinada pelo Conselho Monetário Nacional (CMN) de 3,25% a.a. para 2023 foi considerada como meta de longo prazo nesta estimação.

7/ Sobre a utilização da PPC nas projeções, vide boxe “Condicionantes de câmbio nas projeções do Banco Central do Brasil e a paridade do poder de compra”, no Relatório de Inflação de setembro de 2020.

onde $f x_t$ representa o componente cíclico da variável x no período t ; σ^h é a variância do erro de mensuração, que, por suposição, é igual para todas as observáveis; e os termos de erro são dados por ϵ_t^x . Especificamente, são utilizados o Produto Interno Bruto (PIB), o Nível de Utilização da Capacidade Instalada (Nuci, calculado pela Fundação Getúlio Vargas – FGV), a taxa de desocupação (medida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE) e o estoque de empregos formais medido pelo Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Caged – Ministério da Economia).

As componentes cíclicas de PIB e Caged foram obtidas a partir da aplicação de filtro Hodrick-Prescott (HP) sobre as séries de PIB real e do estoque de empregos formais (Caged), ambas com ajuste sazonal. As componentes cíclicas de Nuci e desocupação foram calculadas a partir das respectivas séries com ajuste sazonal, subtraídas de respectivas médias amostrais. Por fim, a especificação das equações de observação dessas quatro variáveis procura captar o componente cíclico comum a essas medidas de atividade, normalizadas pela variância do PIB.

A estimação foi realizada com dados trimestrais, considerando o período de 2003T4 a 2019T4. Excluiu-se, assim, o período inicial do regime de metas, caracterizado por elevada volatilidade, e o período atípico recente, afetado pela pandemia da Covid-19. A Tabela 1 detalha a construção das distribuições a priori de cada parâmetro estimado por meio de técnicas bayesianas, bem como apresenta a moda e o intervalo de credibilidade de 90% das distribuições a posteriori estimadas.

A estimação dessa versão do modelo teve como premissa básica trabalhar com distribuições a priori pouco restritivas, limitando apenas o seu suporte. Dessa forma, o resultado final da estimação reflete principalmente o ajustamento das equações aos dados observados. Assim, existe espaço para a utilização de distribuições a priori menos abertas, de forma a incorporar informação e julgamentos de fora do modelo.

As elasticidades de algumas variáveis aparecem com magnitudes significativamente diferentes das usualmente obtidas em modelos do BCB estimados por métodos econométricos tradicionais. Assim, a evolução desse trabalho inclui analisar essas diferenças e continuar aperfeiçoando a especificação e a estimação do modelo.

Considerações finais

Este box apresenta os resultados da estimação do novo modelo semiestrutural de pequeno porte do BCB, visando dar maior transparência sobre os resultados obtidos e contribuir no debate econômico acerca das magnitudes dos impactos de variáveis relevantes sobre a atividade econômica e a inflação. Cabe enfatizar que as especificações do modelo assim como sua estimação são continuamente reavaliadas e revisadas.

Tabela 1 – Parâmetros estimados

Parâmetro	Descrição da variável ou do parâmetro	Priori	Posteriori	
		Distribuição*	Moda	Intervalo de credibilidade (90%)
Curva de Phillips				
α_1	Inércia da inflação	Uniforme ([0; 1])	0,14340	[0,0001 ; 0,3191]
α_2	Inflação importada	Uniforme ([0; 1])	0,02260	[0,0076 ; 0,0404]
α_3	Variação do câmbio	Uniforme ([0; 1])	0,01590	[0,0038 ; 0,0278]
α_4	Hiato do produto	Uniforme ([0; 1])	0,17850	[0,1213 ; 0,2384]
α_5	Anomalia climática	Uniforme ([0; 0,01])	0,00205	[0,001217 ; 0,002707]
Curva IS				
β_1	Autorregressivo da IS	Uniforme ([-1; 1])	0,70480	[0,6377 ; 0,7598]
β_2	Juro real	Uniforme ([0; 1])	0,56430	[0,4274 ; 0,7348]
β_3	Resultado primário	Uniforme ([0; 1])	0,02430	[0 ; 0,1008]
β_4	Incerteza da economia	Uniforme ([0; 1])	0,05490	[0,0447 ; 0,0671]
Regra de Taylor				
θ_1	Suavização dos juros, 1ª defasagem	Uniforme ([0; 2])	1,48570	[1,4162 ; 1,539]
θ_2	Suavização dos juros, 2ª defasagem	Uniforme ([-1; 1])	-0,58360	[-0,6362 ; -0,5214]
θ_3	Desvio da expectativa de inflação em relação à meta	Uniforme ([0; 6])	1,91200	[1,4858 ; 2,5932]
Expectativas de inflação				
φ_1	Inércia das expectativas	Uniforme ([0; 1])	0,72180	[0,616 ; 0,7867]
φ_2	Expectativa consistente com o modelo	Uniforme ([0; 1])	0,13500	[0,0973 ; 0,1707]
φ_3	Inflação passada	Uniforme ([0; 1])	0,02710	[0,0004 ; 0,066]
φ_4	Variação do câmbio	Uniforme ([0; 1])	0,00300	[0,0014 ; 0,0049]
Outras curvas				
δ	Diferencial de taxa de juros interna e externa	Uniforme ([0; 10])	1,59900	[0,325 ; 3,057]
γ_{nuci}	Coefficiente de proporcionalidade da Nuci	Uniforme ([0; 3])	1,99900	[1,7487 ; 2,2948]
γ_{emp}	Coefficiente de proporcionalidade do emprego	Uniforme ([0; 3])	1,05160	[0,9218 ; 1,2064]
γ_{caged}	Coefficiente de proporcionalidade do Caged	Uniforme ([0; 3])	0,74830	[0,6503 ; 0,8469]

* As distribuições uniformes são definidas com os limites dos intervalos da distribuição.