

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS  
ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO

RENAN MARTINS ARMILIATO

**AVALIAÇÃO DE REGRAS DE POLÍTICA MONETÁRIA NO  
BRASIL: UMA ABORDAGEM POR MODELO DSGE**

SÃO PAULO

2021

RENAN MARTINS ARMILIATO

**AVALIAÇÃO DE REGRAS DE POLÍTICA MONETÁRIA NO  
BRASIL: UMA ABORDAGEM POR MODELO DSGE**

Dissertação apresentada à Escola de Economia  
de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas,  
como requisito para obtenção do título de  
Mestre em Economia

Área de Concentração: Macroeconomia  
Financeira

Orientador: Prof. Dr. Vladimir Kühl Teles

SÃO PAULO

2021

Armiliato, Renan Martins.

Avaliação de regras de política monetária no Brasil : uma abordagem por modelo DSGE / Renan Martins Armiliato. - 2021.

43 f.

Orientador: Vladimir Kuhl Teles.

Dissertação (mestrado profissional MPFE) – Fundação Getulio Vargas, Escola de Economia de São Paulo.

1. Política monetária - Brasil. 2. Macroeconomia. 3. Modelos macroeconômicos. 4. Economia - Brasil. I. Teles, Vladimir Kuhl. II. Dissertação (mestrado profissional MPFE) – Escola de Economia de São Paulo. III. Fundação Getulio Vargas. IV. Título.

CDU 330.101.541

RENAN MARTINS ARMILIATO

# **AVALIAÇÃO DE REGRAS DE POLÍTICA MONETÁRIA NO BRASIL: UMA ABORDAGEM POR MODELO DSGE**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia

Área de Concentração: Macroeconomia Financeira

Data de aprovação: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

**Prof. Dr. Vladimir Kühl Teles (Orientador)**  
FGV-EESP

---

**Prof. Dr. Rogério Mori**  
FGV-EESP

---

**Prof. Dr. José Coelho Matos Filho**  
UFC-FEAAC

*Este trabalho é dedicado aos meus pais*

# AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, força maior, criadora de tudo.

Agradeço aos meus pais, Maria Aparecida Martins e Sergio Ruiz Armiliato, que já me amavam antes mesmo de eu nascer e que sempre fizeram o melhor que podiam por mim.

Agradeço a todos os meus amigos, que indiretamente me ajudaram a prosseguir com esse trabalho. Em especial a Fernanda Belo Queiroz e a Priscilla Uvo Morais que, desde que nos conhecemos, sempre estiveram ao meu lado.

Agradeço aos meus pares, colegas e ex-colegas de trabalho, aqui representados por Claudio Adilson Gonzalez e Antonio Madeira. Ter contato direto com tantos economistas excelentes e praticar a análise econômica no dia-a-dia, por vários anos, contribuíram muito para a minha formação como economista.

Agradeço a quem mais contribuiu diretamente para esse trabalho, Vladimir Kühl Teles, por toda a paciência e valiosas dicas na orientação desse projeto.

Certamente sou grato a diversas outras pessoas que cruzaram o meu caminho e às experiências que me fizeram ser o que sou hoje e que, dessa forma, contribuíram indiretamente para o resultado desse texto.

Continuar os estudos e produzir esse trabalho, em meio a uma pandemia, foi uma experiência exaustiva. No entanto, foi um período de muitos aprendizados, principalmente sobre o tema e sobre as técnicas aqui aplicadas. Sou grato por completar esse ciclo.

*“God created the integer numbers, everything else is the work of men.”*  
*Leopold Kronecker (1823-1891)*

# RESUMO

Este trabalho pretende avaliar alguns pontos relacionados à política monetária brasileira em um período após a implantação do regime de metas de inflação. De forma mais detalhada, a proposta é responder basicamente a 3 questionamentos. Primeiro (1), supondo que a política monetária do período tenha se guiado por um tipo de regra monetária simples, a estilo de Taylor (TAYLOR, 1993), verificar qual especificação de regra estaria mais próxima de um guia teórico no período, dada a trajetória da taxa Selic observada. Segundo (2), através de uma medida quantitativa, definir qual especificação de regra monetária simples traria menores perdas aos agentes econômicos, em termos de bem-estar, após a ocorrência de choques exógenos. Terceiro (3), estimar uma regra monetária simples otimizada e avaliar se ela estaria muito distante das especificações estimadas nos questionamentos anteriores. Todos os exercícios são feitos com um pequeno modelo DSGE (*Dynamic Stochastic General Equilibrium*) tomado como base e depois reestimado algumas vezes com diferentes especificações de regras monetárias.

**Palavras-chave:** Macroeconomia. Política Monetária. Regras Monetárias.



# ABSTRACT

This work intends to answer some questions related to the Brazilian monetary policy, after the implementation of the inflation targeting regime. It is expected that 3 questions will be answered. First (1), assuming that a simple monetary rule was used by the monetary authority, close to a well-known Taylor rule (TAYLOR, 1993), we propose a few rule specifications and verify which one the evidence suggests that was followed, given the observed trajectory of the interest rate. Second (2), after the occurrence of exogenous shocks, we ask what kind of simple monetary rule would bring smaller losses, in terms of welfare, to economic agents in the economy under study. Third (3), it is estimated an optimized simple monetary rule, and then questioned if this rule is too different from the rules estimated in the previous sections. All exercises are performed based on a small-scale Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) model, which is reestimated a few times, with a different specification of monetary rule each time.

**Keywords:** Macroeconomics. Monetary Policy. Monetary Rules.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Desvio do PIB de sua tendência (Filtro HP) . . . . .	24
Figura 2 – Desvio do PIB de sua tendência, métodos alternativos . . . . .	26
Figura 3 – Desvio do desemprego de sua tendência (Filtro HP) . . . . .	26
Figura 4 – Regra 1: $\pi^p, \hat{y}$ . . . . .	30
Figura 5 – Regra 2: $\pi^p, \hat{y}, \pi^w$ . . . . .	31
Figura 6 – Regra 3: $\pi^p, \hat{y}, \hat{u}$ . . . . .	32
Figura 7 – Regra 4: $\pi^p, \hat{y}, \hat{u}, \pi^w$ . . . . .	33
Figura 8 – Regra ótima: $\pi^p, \hat{y}, \hat{u}, \pi^w$ . . . . .	40

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Calibração inicial dos parâmetros do modelo base . . . . .	23
Tabela 2 – Priors e posteriors: resultados da estimação do modelo base . . . . .	28
Tabela 3 – Coeficientes estimados para diferentes especificações de regras de Taylor . .	34
Tabela 4 – Desvio padrão de variáveis após choque tecnológico e função perda . . . . .	36
Tabela 5 – Desvio padrão de variáveis após choque de preferências e função perda . . .	36
Tabela 6 – Coeficientes estimados para diferentes especificações de regras de Taylor (expandido) . . . . .	38
Tabela 7 – Desvio padrão de variáveis após choque tecnológico e função perda (expandido)	39
Tabela 8 – Desvio padrão de variáveis após choque de preferências e função perda (expandido) . . . . .	39

# SUMÁRIO

	<b>Introdução</b> . . . . .	<b>12</b>
<b>1</b>	<b>BREVE REVISÃO DA LITERATURA</b> . . . . .	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b> . . . . .	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Famílias</b> . . . . .	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Firmas</b> . . . . .	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>Autoridade monetária</b> . . . . .	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Solução do modelo</b> . . . . .	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>MODELO BASE - CASO BRASILEIRO</b> . . . . .	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Calibração inicial</b> . . . . .	<b>23</b>
<b>3.2</b>	<b>Dados brasileiros</b> . . . . .	<b>23</b>
<b>3.3</b>	<b>Resultados da estimação</b> . . . . .	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>ESTIMAÇÃO DAS DIFERENTES REGRAS MONETÁRIAS E RESULTADOS</b> . . . . .	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Regra 1</b> . . . . .	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>Regra 2</b> . . . . .	<b>31</b>
<b>4.3</b>	<b>Regra 3</b> . . . . .	<b>31</b>
<b>4.4</b>	<b>Regra 4</b> . . . . .	<b>32</b>
<b>4.5</b>	<b>Conclusões sobre as regras</b> . . . . .	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>BEM-ESTAR ASSOCIADO A CADA UMA DAS REGRAS E RESULTADOS</b> . . . . .	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>REGRA MONETÁRIA SIMPLES OTIMIZADA</b> . . . . .	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> . . . . .	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>43</b>

# INTRODUÇÃO

Este trabalho pretende responder algumas perguntas sobre a política monetária brasileira das décadas de 2000 e 2010. O debate sobre teoria monetária e política monetária é extenso. Para citar alguns pontos relevantes, ele se estende por mecanismos de transmissão, objetivos, instrumentos, discricionariedade, comprometimento, aspectos institucionais, entre outros. Neste texto, o enfoque é no tema de regras monetárias simples, em uma abordagem com viés prático. Parafraseando Blinder ([BLINDER, 1999](#)), modelos complexos não trazem respostas simples para todas as questões e não devem ser aplicados mecanicamente pelos Bancos Centrais. Por esse motivo, deve haver tanto ciência quanto arte na atuação dessas autoridades. No entanto, a ciência permanece sendo útil. Nesse sentido, ainda que não haja uma relação mecânica entre o valor dos instrumentos sugeridos pelos modelos e a efetiva atuação da autoridade monetária, o uso de regras monetárias simples segue como técnica importante no ferramental à disposição desses formuladores de política. Entende-se aqui como regra monetária simples aquela que indica um determinado valor a um instrumento, usado pela autoridade monetária, com base em determinados valores de outras variáveis relevantes da economia. O exemplo clássico é uma regra que indica o valor da taxa de juro de curto prazo (instrumento), com base em valores observados da inflação e do desvio do produto de sua tendência, assim como no texto seminal de Taylor ([TAYLOR, 1993](#)). Essa regra será mencionada diversas vezes ao longo do presente texto, a qual também será chamada de regra original ou regra clássica.

Para a investigação aqui, em primeiro lugar, assume-se que o Banco Central do Brasil (BCB), após a implementação do regime de metas de inflação, tenha adotado uma regra monetária simples. Não se afirma que isso efetivamente ocorreu de forma única e estrita por todos esses anos. É uma hipótese simplificadora, tais quais muitas outras adotadas na análise econômica. Se pudessemos resumir o método seguido, ainda que informalmente, seria aquele baseado em Friedman ([FRIEDMAN, 1953](#)). É “como se” o BCB tivesse seguido uma dessas regras. Isto é, supomos que o BCB adotou uma dessas regras e, a partir dessa premissa, analisamos o que aconteceria, quais seriam as consequências teóricas, se ele tivesse seguido esse modelo. Ao observar os dados, analisamos se as consequências teóricas são verificadas na prática. Em caso positivo, a teoria seria corroborada, em caso negativo, a teoria não seria corroborada e deveria ser aperfeiçoada ou até mesmo descartada. Ainda assim, feita essa consideração, ao olhar para as publicações oficiais do período, são mencionadas diversas vezes modelos com regras monetárias simples. No primeiro trabalho publicado após a instituição do Departamento de Estudos e Pesquisas (Depep-BCB) ([BOGDANSKI; TOMBINI; WERLANG, 2000](#)), já existe a exposição de um pequeno modelo estrutural, com a presença de regras monetárias do tipo. Ao longo do tempo foram publicadas outras pesquisas relevantes, em diversos relatórios (textos para discussão, estudos especiais, boxes dos relatórios trimestrais de inflação, entre outros). Uma das

versões mais recentes, exposta em publicações oficiais, dado o momento que o presente texto estava sendo escrito, foi no “Novo modelo agregado de pequeno porte com estimação bayesiana” no Relatório de Inflação do 3º trimestre de 2020 (BANCO... , 2020), onde a regra monetária segue uma especificação também parecida com a regra de Taylor original. Dessa forma, apesar de ressaltarmos que nossa hipótese adotada é simplificadora, ela não está muito longe daquelas usadas nos modelos do BCB. Por fim, cabe mencionar como um aviso, que o BCB também explicita que faz uso de uma vasta gama de informações, de projeções de especialistas para prazos mais curtos, de modelos específicos para determinados itens, de modelos satélites e de modelos macroeconômicos na condução da política monetária, sendo parte deles, os modelos com regras monetárias simples (LIMA; ARAUJO; SILVA, 2011).

O exercício aqui é feito com um pequeno modelo DSGE (*Dynamic Stochastic General Equilibrium*) usado como base, e posteriormente reestimado outras vezes com diferentes regras monetárias simples. Este tipo de modelo possui uma estrutura econômica, com interrelação dinâmica relativamente complexa entre as variáveis, o que nos permite responder a diversas perguntas. Entre os benefícios dessa modelagem está a facilidade em realizar simulações e obter funções de impulso-resposta após a ocorrência de choques exógenos. Outro benefício é que, em alguma medida, essa abordagem, responde parcialmente à crítica de Lucas (LUCAS, 1976). Parte-se de blocos de agentes maximizadores com microfundamentação, que podem responder a mudanças de política econômica, e a partir disso chega-se em um sistema de equações de equilíbrio que representa a economia.

Ao aplicar o método proposto, chega-se a 3 conclusões. Primeiro, propomos 4 especificações possíveis para a regra monetária e a que mais se adequa aos dados é aquela que reage diretamente a preços e ao desvio do produto. Dito de outra forma, a análise dos dados sugere que o BCB tenha seguido a regra de Taylor na sua especificação clássica, durante o período. Segundo, verificamos como cada uma das especificações das regras se comporta após a simulação de choques exógenos na produtividade e nas preferências dos agentes, que podem ser entendidos como choques de oferta e demanda, respectivamente. O impacto é registrado em termos de variabilidade de variáveis econômicas de interesse, como inflação de preços de bens, desvio do produto, salários e desemprego. Com esses fatores também é possível calcular o valor de uma função perda dos agentes, baseada nas variâncias das variáveis elencadas anteriormente. O resultado que obtemos para a economia brasileira é no mesmo sentido daquele obtido para a economia norte-americana por Galí (GALÍ, 2011), em que as especificações que levam em conta o desemprego geram menores perdas de bem-estar aos agentes, após a ocorrência de choques exógenos. Terceiro, após a estimativa de uma regra monetária simples otimizada, com algumas restrições impostas a priori, chega-se à conclusão que inflação de bens e desemprego deveriam ter pesos relevantes na regra monetária, caso a autoridade monetária desejasse suavizar flutuações em variáveis relevantes para o bem-estar dos agentes econômicos.

Uma pequena descrição dos capítulos. No **Capítulo 1** é feita uma breve revisão de

literatura, sobre a avaliação de regras monetárias e sobre a metodologia do tipo de modelo aplicado. No [Capítulo 2](#) é definido o modelo usado neste trabalho, com seus blocos de agentes econômicos e a solução teórica, com o sistema de equações de equilíbrio. No [Capítulo 3](#) é feita a estimação do modelo base para a economia brasileira. No [Capítulo 4](#) há a comparação de 4 especificações de regras monetárias, que também são estimadas, e os resultados são apresentados para qual regra se ajustou mais aos dados. Aqui é respondido o questionamento 1. No [Capítulo 5](#) são apresentadas comparações das regras em termos de bem-estar dos agentes econômicos. Aqui é respondido o questionamento 2. No [Capítulo 6](#) estão as comparações das regras estimadas com a regra monetária simples otimizada. Aqui é respondido o questionamento 3. No [Capítulo 7](#) estão as conclusões.

# 1 BREVE REVISÃO DA LITERATURA

Como mencionado anteriormente, um dos trabalhos seminais da área é o de Taylor (TAYLOR, 1993). A influência foi tão grande que, posteriormente ao artigo, as regras monetárias simples passaram a serem chamadas usualmente de regras de Taylor, mesmo que isso não tivesse ocorrido no texto original. O hábito será adotado também aqui. O artigo se propunha a acrescentar ao debate sobre discricionariedade e regras monetárias práticas. Há a defesa de que as regras práticas não necessariamente precisam ser elementos rígidos e mecânicos, mas em geral são superiores à pura discricionariedade. Taylor propõe uma regra que capturaria o espírito da pesquisa acadêmica da época, supondo que a *Fed Funds Rate* reagiria 1) à inflação e 2) ao desvio porcentual do produto real dos Estados Unidos de uma tendência de crescimento de 2,2% ao ano. Ao comparar com o histórico de 1987-1992, percebe-se que os valores observados ficam bastante próximos dos valores prescritos pela regra.

Regras monetárias simples apresentam muitos pontos positivos. Dada a complexidade existente na condução da política monetária, técnicas que foquem em algumas poucas variáveis facilitam muito o processo interno de decisão das autoridades e a comunicação com o público. Alguns autores as tratam como uma heurística, um método tentativo para encontrar respostas razoáveis para problemas complexos (BOFINGER; REISCHLE; SCHACHTER, 2001). Taylor prossegue com os estudos sobre regras monetárias ao organizar uma conferência em 1998, que reuniu mais de 30 pesquisadores na Universidade de *Stanford*. O evento se transformou diretamente em ao menos uma dezena de trabalhos, que posteriormente foram também consolidados em um livro (TAYLOR, 1999b). Os textos contam com uma variedade de hipóteses e abordagens: modelos estruturais com poucas equações, modelos estruturais com muitas equações, além de premissas diferentes para tipos de agentes, formação de expectativas e graus de microfundamentação. Há um texto com abordagem histórica (TAYLOR, 1999a), no qual parte dos próximos capítulos também é inspirada, ainda que de forma modesta. No trabalho, Taylor realiza uma análise da política monetária norte-americana desde a década de 1880, faz comentários históricos e analisa supostos "erros" na condução da política, evidenciando desvios das prescrições teóricas e seus impactos sobre a economia.

Em termos de uma análise em modelos estruturais, que também inspirou parte de nosso trabalho, o destaque é para o texto de Rotemberg e Woodford (ROTEMBERG; WOODFORD, 1999). Em um pequeno modelo para a economia dos Estados Unidos, os autores encontram que regras em que a taxa básica do *Federal Reserve* responde 1) à sua própria defasagem e 2) à inflação tem resultados muito semelhantes ao de regras mais complexas. Os autores também realizam uma aproximação de segunda ordem para determinar uma função perda dos agentes econômicos. Em termos da literatura de modelos estruturais, em si, cabe mencionar a importância



desses modelos, e o motivo de não serem realizadas análises mais simples pela estimação de uma equação única. Através de várias equações e restrições é imposta uma estrutura econômica mais complexa e com rica dinâmica aos modelos. Além disso, ressalta-se a possibilidade de realizar mudanças de políticas, simular a ocorrência de choques exógenos e analisar os impactos sobre toda a economia.

Como base teórica, aqui usaremos para essa dissertação uma especificação pequena do modelo Novo Keynesiano com rigidez de preços, rigidez de salários e desemprego, baseados em uma referência da literatura na construção de modelos DSGE (GALÍ, 2015). Trata-se de fonte relevante na área, onde há a construção dos principais blocos e componentes dos modelos teóricos. Neles, separadamente, famílias maximizam utilidade intertemporalmente, firmas maximizam o lucro intertemporalmente e um Banco Central executa a política monetária. Ao juntar as partes, chega-se a um sistema de equações de equilíbrio que descrevem o funcionamento da economia. Pretendemos avançar, além da simulação, também na estimação de alguns parâmetros através de métodos bayesianos para tentar refletir melhor as condições da economia brasileira no período da amostra. As técnicas bayesianas possibilitam a obtenção de um amplo conjunto de informações ao estimar distribuições para os parâmetros de interesse. Para alguns parâmetros, onde há relativo consenso na literatura, serão usados e mantidos os valores calibrados encontrados em textos de referência, como aqueles do modelo SAMBA (CASTRO et al., 2015).

Os modelos desse tipo estão avançando para incluir cada vez mais detalhes e equações. Entre os desenvolvimentos estão os esforços para incluir variáveis que no início não costumavam fazer parte dos estudos. Nesse sentido, Galí (GALÍ, 2011) se propõe a adicionar variáveis de mercado de trabalho, em especial a taxa de desemprego, ao modelo tradicional Novo Keynesiano. Por muito tempo, essa variável esteve ausente nessa literatura, e Galí sugere uma forma de acrescentá-la, argumentando que essa variável é relevante para explicar as flutuações do ciclo econômico e que ela poderia fazer parte das variáveis relevantes para decisões de política monetária.

## 2 METODOLOGIA

O modelo utilizará a construção de uma especificação usual Novo Keynesiana, seguindo de perto o texto de Galí (GALÍ, 2015), exposto aqui em uma tradução livre.

### 2.1 Famílias

A economia é caracterizada por muitas famílias iguais, com exatamente as mesmas preferências. Cada família possui infinitos membros, representados por um quadrado unitário e indexados a um par ordenado  $(j, s) \in [0, 1] \times [0, 1]$ . Existem trabalhos diferenciados e com salários diferenciados. O primeiro elemento do par ordenado,  $j$ , representa o tipo de trabalho que o membro da família executa. O segundo elemento do par ordenado,  $s$ , é um valor que fará parte do cálculo da desutilidade enfrentada no trabalho por esse membro. Esse valor da desutilidade é dado por  $\chi s^\varphi$ , se o membro está empregado, ou zero, caso o membro esteja desempregado ( $\chi > 0, \varphi > 0$ ).

A função utilidade da família em cada período é dada por:

$$U(C_t, N_t(j); Z_t) = \left( \frac{C_t^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \chi \int_0^1 \int_0^{N_t(j)} s^\varphi ds dj \right) Z_t \quad (2.1)$$

E maximizada intertemporalmente:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t, N_t(j); Z_t) \quad (2.2)$$

Onde  $C_t$  é um índice de consumo,  $N_t$  é a fração de membros empregados e especializados no tipo de trabalho  $j$ , e  $Z_t$  é uma variável exógena para representar alterações nas preferências. O parâmetro  $\beta$  representa o fator de desconto intertemporal, e portanto, na hipótese de que há preferência para consumir hoje, ao invés de amanhã, seu valor deve estar entre 0 e 1.  $E_t$  é o operador esperança, condicional ao conjunto de informações disponível no período  $t$ . A variável de preferência segue um processo autorregressivo AR(1) como abaixo, com  $\log Z_t = z_t$  e  $\rho_z \in [0, 1]$ :

$$z_t = \rho_z z_{t-1} + \epsilon_t^z \quad (2.3)$$

A função de utilidade é maximizada, sujeita à sequência de restrições orçamentárias a seguir, para todo  $t$ :

$$\int_0^1 P_t(i) C_t(i) + Q_t B_t \leq B_{t-1} + \int_0^1 W_t(j) N_t(j) dj + D_t \quad (2.4)$$

Onde  $P_t(i)$  é o preço do bem de consumo  $i$ ,  $W_t(j)$  é o salário nominal recebido pelo trabalho  $j$ ,  $B_t$  se refere a quantidade de títulos, livres de risco, comprados no período  $t$ , com vencimento em  $t+1$ , que resultam, cada um, em 1 unidade monetária no vencimento,  $Q_t$  é o preço do título e  $D_t$  são os dividendos recebidos pela posse das firmas. Valem também condições de transversalidade, para impedir que ocorram esquemas de pirâmide, onde os agentes se endividem de forma explosiva.

Os salários  $W_t(j)$  são determinados pelos sindicatos. Há poder de mercado para cada tipo de trabalho e rigidez na alteração desses salários. A abordagem para inclusão de rigidez salarial é, assim como na rigidez de preços de bens das firmas, na forma de Calvo (CALVO, 1983). Os trabalhadores representantes de um tipo de trabalho  $j$  tem seus salários alterados, a cada período, com uma probabilidade  $1 - \theta_w$ .

## 2.2 Firmas

A economia é povoada por infinitas firmas indexadas pelo indicador  $i \in [0, 1]$ . Todas as firmas possuem as mesmas características produtivas e enfrentam a mesma função de produção. No entanto, cada firma produz um bem diferente das demais:

$$Y_t(i) = A_t N_t(i)^{1-\alpha} \quad (2.5)$$

Onde  $Y_t(i)$  representa a produção do bem  $i$  e  $N_t(i)$  é um índice de trabalho usado pela firma para produzir o bem  $i$ , com base em trabalhos do tipo  $j$ , definido da seguinte forma:

$$N_t(i) = \left( \int_0^1 N_t(i, j)^{1-\frac{1}{\epsilon_w}} dj \right)^{\frac{\epsilon_w}{\epsilon_w-1}} \quad (2.6)$$

Nesse caso,  $N_t(i, j)$  é a quantidade de trabalho  $j$  usado para produzir o bem  $i$  no período  $t$ . O parâmetro  $\epsilon_w$  representa a elasticidade de substituição entre os diferentes tipos de trabalho. Por fim,  $A_t$  representa o nível tecnológico, que evolui de acordo com um processo autorregressivo do tipo abaixo, com  $\log A_t = a_t$  e  $\rho_a \in [0, 1]$ :

$$a_t = \rho_a a_{t-1} + \epsilon_t^a \quad (2.7)$$

Para a adicionar a rigidez de preços no modelo, também será usada a forma proposta por Calvo (CALVO, 1983). A cada período, as firmas podem ajustar seu preço com probabilidade  $1 - \theta_p$ .

As firmas maximizam o valor presente esperado do seus lucros futuros, escolhendo o preço  $P^*$ :

$$\sum_{k=0}^{\infty} \theta_p^k E_t [Q_{t,t+k} (1/P_{t+k}) (P_t^* Y_{t+k|t} - C_{t+k}(Y_{t+k|t}))] \quad (2.8)$$

sujeita a uma sequência de restrições das demandas enfrentadas pela firma:

$$Y_{t+k|t} = \left( \frac{P_t^*}{P_{t+k}} \right)^{-\epsilon_p} C_{t+k} \quad (2.9)$$

Onde  $Q_{t,t+k}$  é o fator de desconto estocástico entre  $t$  e  $t+k$ ,  $C_{t+k}$  é a função de custo nominal no período  $t+k$ ,  $Y_{t+k|t}$  é a produção da firma no período  $t+k$ , condicional ao preço em  $t+k$  continuar fixo à última otimização realizada em  $t$ , ou seja,  $P_t^*$ , e o parâmetro  $\epsilon_p$  representa a elasticidade de substituição entre os diferentes tipos de bens.

## 2.3 Autoridade monetária

A autoridade monetária segue uma regra de Taylor:

$$i_t = \rho + \phi_i i_{t-1} + (1 - \phi_i) (\phi_p \pi_t^p + \phi_y \hat{y}_t) \quad (2.10)$$

Onde  $\rho$  é o intercepto,  $\phi_i$  é coeficiente de suavização da regra monetária,  $\phi_p$  é o coeficiente de reação da autoridade monetária em relação à inflação de preços de bens,  $\pi_t^p$  é a inflação de preços de bens,  $\phi_y$  é o coeficiente de reação da autoridade ao desvio do produto e  $\hat{y}_t$  é o desvio do produto.

## 2.4 Solução do modelo

A partir daqui todas as variáveis minúsculas representam desvios em logaritmos do estado estacionário. Por exemplo,  $x_t = \ln(\bar{X}) - \ln(X_t)$ . A solução do modelo é dada por um sistema de condições de equilíbrio, representado por um sistema de equações expectacional log-linearizado (GALÍ, 2011), (GALÍ, 2015). As principais equações do sistema são as seguintes:

$$\tilde{y}_t = -\frac{1}{\sigma} (i_t - E_t \pi_{t+1}^p - r_t^n) + E_t \tilde{y}_{t+1} \quad (2.11)$$

Onde  $\tilde{y}_t$  é a diferença do produto  $y_t$  e o produto natural  $y_t^n$ , e  $r_t^n$  é a taxa de juro natural.

$$\pi_t^p = \beta E_t \pi_{t+1}^p + \aleph_p \tilde{y}_t + \lambda_p \tilde{\omega}_t + \varepsilon_p \quad (2.12)$$

Onde  $\aleph_p$  é a sensibilidade da inflação de bens quando ocorrem alterações no desvio do produto de seu valor natural,  $\lambda_p$  é sensibilidade da inflação de bens quando ocorrem alterações

no hiato de salários e  $\tilde{\omega}_t$  é o hiato de salários, a diferença entre o salário real e o salário real natural.

$$\pi_t^w = \beta E_t \pi_{t+1}^w + \aleph_w \tilde{y}_t + \lambda_w \tilde{\omega}_t + \varepsilon_w \quad (2.13)$$

Onde  $\pi_t^w$  é a inflação de salários,  $\aleph_w$  é a sensibilidade da inflação de salários quando ocorrem alterações no desvio do produto de seu valor natural e  $\lambda_w$  é sensibilidade da inflação de salários quando ocorrem alterações no hiato de salários.

$$r_t^n = -\sigma \psi_{ya} (1 - \rho_a) a_t + (1 - \rho_z) z_t \quad (2.14)$$

Onde  $r_t^n$  é a taxa de juro natural e seu valor é dado pelas trajetórias do choque tecnológico  $a_t$  e do choque de preferências  $z_t$ .

$$\tilde{\omega}_t = \tilde{\omega}_{t-1} + \pi_t^w - \pi_t^p - \Delta \omega_t^n \quad (2.15)$$

Onde  $\tilde{\omega}_t$  é o hiato de salários, dado pela inflação de preços de bens, de salários e pela variação do salário natural real.

$$\varphi \hat{u}_t = \tilde{\omega}_t - \left( \sigma + \frac{\varphi}{1 - \alpha} \right) \tilde{y}_t \quad (2.16)$$

Onde  $\hat{u}_t$  é o desvio do desemprego do desemprego natural.

$$\mu_p = -\frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \tilde{y}_t - \tilde{w}_t \quad (2.17)$$

Onde  $\mu_p$  é o desvio do *markup* médio de preços de bens do seu valor de *steady-state*.

$$\mu_w = \varphi u_t \quad (2.18)$$

Onde  $\mu_w$  é o desvio do *markup* médio de salários.

$$\hat{y}_t = y_t - \bar{y} \quad (2.19)$$

Onde  $\hat{y}_t$  é o desvio do produto do produto de *steady-state* e  $\bar{y}$  é o produto de *steady-state*.

E então, algumas definições mais diretas:

$$\tilde{y} = y_t - y_t^n \quad (2.20)$$

$$y_t^n = \psi_{ya} a_t \quad (2.21)$$

$$\hat{\omega}_t^n = \psi_{wa} a_t \quad (2.22)$$

$$\hat{u}_t = u_t - u_t^n \quad (2.23)$$

$$u_t = l_t - n_t \quad (2.24)$$

$$\tilde{\omega}_t = \omega_t - \tilde{\omega}_t^n \quad (2.25)$$

$$y_t = a_t + (1 - \alpha)n_t \quad (2.26)$$

$$\omega_t = w_t - p_t \quad (2.27)$$

$$\pi_t^p = p_t - p_{t-1} \quad (2.28)$$

$$a_t = \rho_a a_{t-1} + \epsilon_t^a \quad (2.29)$$

$$z_t = \rho_z z_{t-1} + \epsilon_t^z \quad (2.30)$$

$$\nu_t = \rho_\nu \nu_{t-1} + \epsilon_t^\nu \quad (2.31)$$

$$\epsilon_t^p = \rho_p \epsilon_{t-1}^p + \epsilon_t^p \quad (2.32)$$

$$\epsilon_t^w = \rho_w \epsilon_{t-1}^w + \epsilon_t^w \quad (2.33)$$

$$i_t = \phi_i i_{t-1} + (1 - \phi_i)(\phi_p \pi_t^p + \phi_y \hat{y}_t) + \nu_t \quad (2.34)$$

## 3 MODELO BASE - CASO BRASILEIRO

Para trazer o modelo para a realidade brasileira, realizamos uma estimação bayesiana dos parâmetros, através da aplicação do Filtro de Kalman. Esse método passou a ganhar muita importância nas últimas décadas, por apresentar muitos benefícios quando comparado à simples calibração. De forma sucinta, na econometria bayesiana atribui-se distribuições iniciais para os parâmetros de interesse, que representam a estrutura econômica do modelo. Como exemplo, importante para nossos objetivos, podem ser citados os coeficientes  $\phi$  associados às variáveis presentes nas regras monetárias simples. A aplicação da estimação permite que sejam estimados conjuntamente distribuições para todos os parâmetros, além de estimativas para as séries não observáveis. Dito de outra forma, em termos da literatura, a combinação de uma distribuição *a priori* (distribuição *prior*) com uma função de verossimilhança (*likelihood*) e a aplicação dos algoritmos nos traz uma distribuição *a posteriori* (distribuição *posterior*).

## 3.1 Calibração inicial

Abaixo estão indicados os parâmetros calibrados que serão usados inicialmente, antes de qualquer estimação, na [Tabela 1](#).

Tabela 1 – Calibração inicial dos parâmetros do modelo base

Parâmetro	Definição	Valor	Fonte
$\beta$	Fator de desconto intertemporal	0.99	CASTRO (2015)
$\sigma$	Elasticidade intertemporal do consumo (hoje vs amanhã)	1.3	CASTRO (2015)
$\varphi$	Elasticidade intertemporal do consumo (lazer vs trabalho)	5	CASTRO (2015)
$\epsilon_p$	Elasticidade de substituição entre os tipos de bens	3	CASTRO (2015)
$\epsilon_w$	Elasticidade de substituição entre os tipos de trabalho	11	CASTRO (2015)
$\theta_p$	Fator de rigidez de preços dos bens	0,65	CASTRO (2015)
$\theta_w$	Fator de rigidez de salários	0.75	CASTRO (2015)
$\alpha$	Participação do capital na renda (função produção)	0.448	CASTRO (2015)
$\phi_i$	Suavização da taxa de juro na regra monetária	0.6	CASTRO (2015)
$\phi_p$	Sensibilidade da inflação de bens na regra monetária	2	CASTRO (2015)
$\phi_y$	Sensibilidade do desvio do produto na regra monetária	0.25	CASTRO (2015)
$\rho_a$	Persistência do choque de produtividade	0.9	GALÍ (2015)
$\rho_\nu$	Persistência do choque monetário	0.9	GALÍ (2015)
$\rho_z$	Persistência do choque de preferências	0.5	GALÍ (2015))
$\rho_p$	Persistência do choque de inflação de bens	0.9	GALÍ (2015)
$\rho_w$	Persistência do choque de inflação de salários	0.9	GALÍ (2015)
$\sigma_{\epsilon_\nu}$	Desvio padrão do choque monetário	0.025	GALÍ (2015)
$\sigma_\epsilon$	Desvio padrão dos demais choques	0.01	GALÍ (2015)

Fonte: Elaboração própria

## 3.2 Dados brasileiros

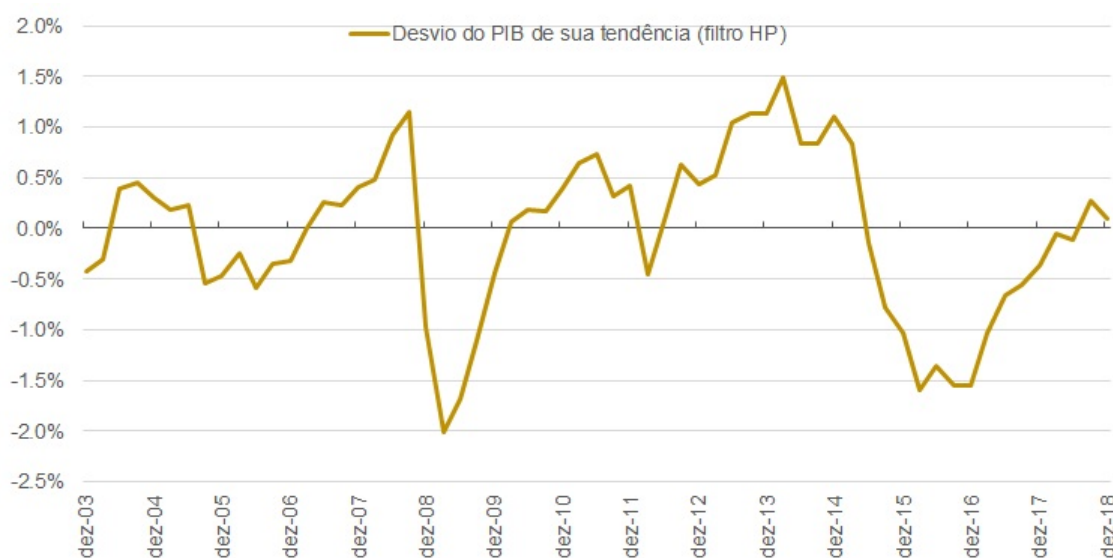
Foram escolhidas para serem usadas como variáveis observáveis: taxa de juro nominal ( $i_t$ ), inflação de salários ( $\pi_t^w$ ), inflação de preços de bens ( $\pi_t^p$ ), desvio do produto de seu *steady-state* ( $\hat{y}_t$ ) e desvio do desemprego ( $\hat{u}_t$ ). Os dados são trimestrais, com a amostra de dezembro de 2003 até dezembro de 2018, com o objetivo principal de evitar os períodos de elevada volatilidade pré-2003 e pós-2018. Para o juro nominal é usada a taxa Selic acumulada no trimestre, com média centrada em zero. Para a inflação de salários é usado a variação mensal do rendimento médio habitual das famílias, segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua - IBGE), retroagidos até o início dos anos 2000, com base na extinta Pesquisa Mensal de Emprego (PME - IBGE). Para a inflação de preços é usado o Índice Nacional



de Preços ao Consumidor Amplo - Livres (IPCA Livres - IBGE) <sup>1</sup> acumulado no trimestre, com média centrada em zero.

Para desvio do produto do *steady-state* e desvio do desemprego, que a partir de agora chamaremos simplesmente de desvio do produto e desvio do desemprego, a situação é mais complicada. O intuito inicial é que se usasse alguma medida dessas duas variáveis que fosse obtida, de forma relativamente fácil, a partir das séries observáveis. É prática comum a aplicação do filtro Hodrick-Prescott (HP) sobre as variáveis, para a decomposição das séries em duas partes: uma tendência de longo prazo e o ciclo econômico. O filtro HP é uma abordagem puramente estatística. Existem diversos problemas, de ordem teórica e prática para essa aplicação, e aqui vamos tentar atenuá-los. Para o desvio do produto, com a especificação de um  $\lambda = 1600$ , usual para séries trimestrais, encontramos a parte cíclica com o comportamento na Figura 1.

Figura 1 – Desvio do PIB de sua tendência (Filtro HP)



Elaboração Própria.

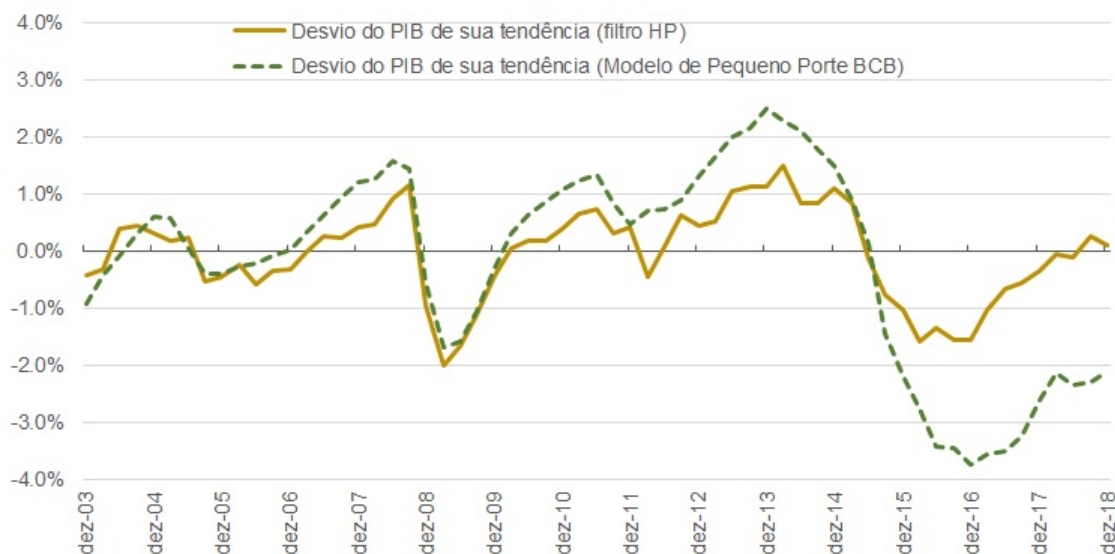
Existe um grave problema ao se realizar esse procedimento na série. O resultado indicaria que a crise econômica iniciada em 2014 teria tido curta duração e a recuperação da atividade teria ocorrido já à partir de 2016, com o PIB tendo retornado para o *steady-state* em 2018. Na realidade há relativo consenso de que o hiato do produto no período permaneceu bastante negativo e, inclusive, até 2021 ainda não teria sido fechado.

<sup>1</sup> É adotada aqui a prática de utilizar somente os dados de preços livres do IPCA, assim como em modelos semiestruturais de pequeno porte usados pelo BCB. Modelos de pequeno porte costumam tratar dentro da estrutura econômica somente os preços livres, ao contrário de modelos de maior porte com equações adicionais ou blocos setoriais específicos para componentes administrados. Para os fins da análise desse trabalho, sobre as regras monetárias simples, também foi testada a aplicação do IPCA cheio e os resultados encontrados foram semelhantes.

Uma pequena digressão. Em literaturas alternativas, não especificamente a respeito de modelos DSGE, é muito comum o resultado de parte da decomposição pelo filtro HP ser chamado de hiato do produto ou desvio do produto do potencial. A essência nesses textos é que se trata de um desvio de uma média de longo prazo, de um *steady-state*, mas os termos não devem ser confundidos com o que se entende por hiato do produto na literatura DSGE. Nesta literatura, hiato do produto ( $\tilde{y}_t$ ) é comumente definido como a diferença entre o produto observado ( $y_t$ ) e o produto natural ( $y_t^n$ ). O produto natural ( $y_t^n$ ), por sua vez, é definido como aquele produto que existiria na ausência de rigidezes, isto é, caso todos os preços fossem flexíveis. Há ainda uma definição alternativa de hiato do produto ( $x_t$ ), também comum na literatura DSGE, só que mais abrangente. Nesse caso, hiato do produto ( $x_t$ ) é definido como a diferença entre o produto observado ( $y_t$ ) e o produto eficiente ( $y_t^e$ ). O produto eficiente ( $y_t^e$ ) seria aquele existente na ausência de todas as rigidezes e com competição perfeita em todos os mercados. Esse será o conceito usado no [Capítulo 5](#) para avaliação de bem-estar das regras monetárias.

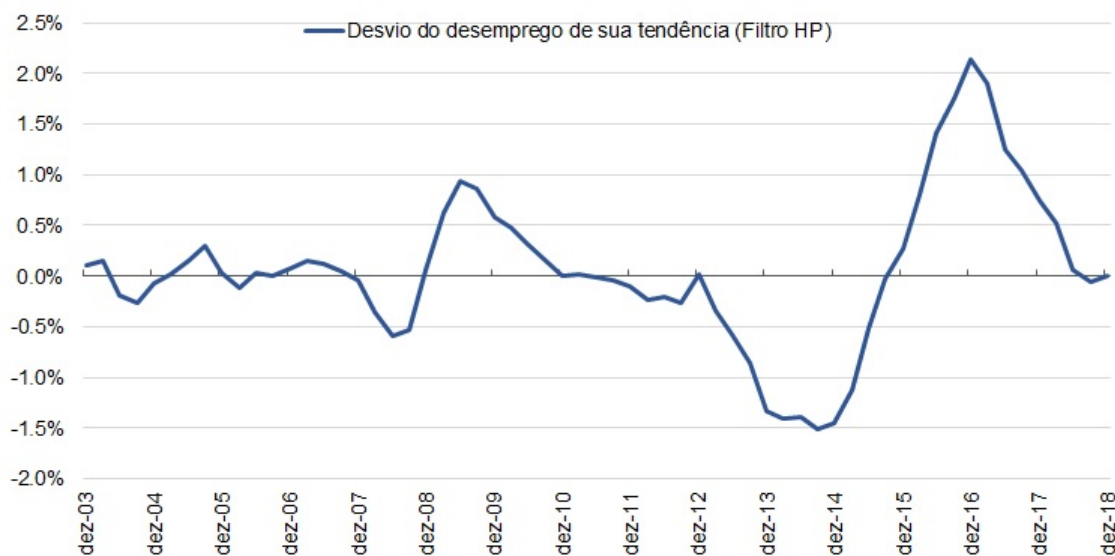
Retomando o ponto inicial, precisamos de uma série que represente o desvio do produto do *steady-state* ( $\hat{y}_t$ ), para alimentá-la ao modelo. Existem diversas técnicas alternativas ao filtro HP, que retornam medidas que podem ser entendidas como desvio do produto, e aqui citaremos algumas. Uma opção é utilizar uma decomposição com algum significado econômico, como a de Blanchard-Quah ([BLANCHARD; QUAH, 1993](#)). Outra opção é um misto entre os métodos da função de produção e filtro estatístico, como proposto por Araujo-Areosa-Guillén ([ARAUJO; AREOSA; GUILLÉN, 2004](#)). Essas alternativas indicam que o PIB brasileiro ainda estaria, desde 2015, longe de seu *steady-state*. Decidimos, por fim, usar uma série estimada pelo próprio BCB, em seu recente modelo agregado de pequeno porte ([BANCO. . . , 2020](#)). O BCB estima um modelo semiestructural seguindo equações tradicionais com algumas alterações. Isto é, o boxe que apresenta o modelo não mostra uma derivação microfundamentada da estrutura econômica, mas descreve equações de curvas tradicionais como uma curva IS, uma curva de Phillips, uma regra de Taylor, uma condição de paridade de juros, entre outras, com pequenas modificações. Um dos resultados do modelo é a estimação de séries não observáveis, como o componente cíclico do PIB. Usaremos essa série de componente cíclico do PIB como o nosso desvio do produto do *steady-state* ( $\hat{y}_t$ ). Sendo o objetivo final aqui analisar o comportamento de regras de monetárias, que incluem um desvio do produto em sua formulação, é razoável usar estimativas de desvio do produto que apresentem um comportamento relativamente consensual na área, para que o comportamento dessa variável não seja um ponto de disputa ou crítica fundamental para as conclusões obtidas à frente. Ou seja, partindo do pressuposto que temos o mesmo entendimento que o BCB sobre a capacidade ociosa da economia, podemos tirar conclusões sobre as regras monetárias nas próximas seções. A série traz as características esperadas e na [Figura 2](#) abaixo é possível ver que ela é muito parecida com a estimativa obtida pelo filtro HP, com exceção dos períodos mais recentes, que sugerem ainda muita capacidade ociosa.

Figura 2 – Desvio do PIB de sua tendência, métodos alternativos



BCB/Elaboração Própria.

Figura 3 – Desvio do desemprego de sua tendência (Filtro HP)



Elaboração Própria.

Para o desemprego, encontramos situação com uma semelhança e com uma diferença. A diferença é que o modelo original define  $\hat{u}_t$  como o desvio do desemprego ( $u_t$ ) do desemprego natural ( $u_t^n$ ). No entanto, o desemprego natural ( $u_t^n$ ) é uma constante dentro da estrutura desse modelo simplificado, dado principalmente pelo poder de mercado dos sindicatos na determinação de salários. Por esse motivo, após as transformações no processo de loglinearização, o desemprego natural transforma-se em 0. A semelhança é que ao adotarmos a prática comum, de usar como variável observável o componente cíclico da taxa de desemprego, enfrentamos também o problema do “efeito ponta” após o uso do filtro HP, no qual as estimativas mais recentes são

muito influenciadas pelos últimos valores realizados. Para atenuar esse efeito, aplicamos o filtro HP para uma amostra estendida da taxa de desemprego, até dezembro de 2019. Ressaltamos, entretanto, que nas estimações dos modelos, truncamos o resultado do filtro HP e usamos a amostra somente até 2018, assim como em todos as demais variáveis citadas anteriormente. Na [Figura 3](#) está exibido o desvio do desemprego ( $\hat{u}_t$ ) usado no modelo. O resultado não é tão satisfatório quanto a solução encontrada para o desvio do produto ( $\hat{y}_t$ ), no entanto, ele ao menos registra números de acordo com a intuição em momentos críticos, de forte sobreutilização do fator trabalho, em 2014, e de forte subutilização, em 2016.

### 3.3 Resultados da estimação

Como mencionado no início do capítulo, para trazer o modelo para a realidade brasileira, realizamos uma estimação bayesiana dos parâmetros. Na teoria, a distribuição assumida *a priori* não deveria ser ponto muito importante no método, contanto que a escolha inicial não seja muito restritiva ou exclua valores possíveis para os parâmetros. Isto é, o processo bayesiano de estimação, ao realizar sorteios suficientes para a estimar a distribuição *posterior*, deveria trazer resultados semelhantes qualquer que fosse a distribuição *prior* escolhida. Na escolha das *priors* aqui, limitamos somente algumas distribuições que teoricamente sabemos que devem estar em intervalos fechados. Por exemplo, sabemos que os coeficientes de persistência dos choques devem estar em um intervalo entre 0 e 1, e portanto assumimos distribuições betas condizentes com a teoria para esses coeficientes, que estão presentes na equações autorregressivas.

E como foi mencionado na introdução, o BCB já se manifestou a respeito das regras monetárias em seus modelos. Para essa primeira estimação, assumimos então que o BCB segue a regra monetária com inflação de bens e desvio do produto. Na [Tabela 2](#) estão indicadas as distribuições assumidas *a priori* e os resultados da estimação. Dessa forma, assumimos, como hipótese simplificadora, que esses parâmetros representam a estrutura da economia base. Os valores médios dessas distribuições serão tomados como os parâmetros calibrados para as estimações realizadas nos próximos capítulos, nas quais somente haverá variação da especificação de regra monetária no modelo.

Tabela 2 – Priors e posteriors: resultados da estimação do modelo base

Parâmetro	Média da Prior	Média da Posterior	Limite inferior	Limite superior	Prior
$\epsilon_w$	3	3.7143	1.7299	5.3389	Normal
$\epsilon_p$	11	11.2132	9.3007	12.8867	Normal
$\varphi$	5	5.3383	4.0179	6.8167	Normal
$\phi_p$	2.5	1.6553	0.9781	2.4368	Normal
$\phi_y$	1.5	2.1242	1.6525	2.5986	Normal
$\phi_i$	0.6	0.9055	0.8603	0.9426	Beta
$\rho_a$	0.5	0.7758	0.7093	0.8432	Beta
$\rho_\nu$	0.5	0.6388	0.4585	0.8038	Beta
$\rho_z$	0.5	0.8286	0.7450	0.9277	Beta
$\rho_p$	0.5	0.4083	0.2767	0.5384	Beta
$\rho_w$	0.5	0.5493	0.4064	0.6939	Beta

Fonte: Elaboração própria

# 4 ESTIMAÇÃO DAS DIFERENTES REGRAS MONETÁRIAS E RESULTADOS

Neste capítulo está a resposta da primeira pergunta: qual especificação de regra monetária mais se adapta aos dados observados? Assumimos que o BCB possa ter seguido 4 especificações diferentes, expostas abaixo. Todas as equações também adicionam um coeficiente de suavização das decisões, de forma que parte da taxa de juro de curto prazo seja bastante influenciada pela taxa no período imediatamente anterior, impedindo mudança bruscas no juro. O modelo base é calibrado com valores para os parâmetros igual à media das distribuições posteriores encontradas no [Capítulo 3](#). A partir daí, para cada especificação de regra, o modelo é então reestimado, para serem encontrados os novos parâmetros das regras de juros.

$$i_t = \phi_i i_{t-1} + (1 - \phi_i)(\phi_p \pi_t^p + \phi_y \hat{y}_t) \quad (4.1)$$

$$i_t = \phi_i i_{t-1} + (1 - \phi_i)(\phi_p \pi_t^p + \phi_y \hat{y}_t + \phi_w \pi_t^w) \quad (4.2)$$

$$i_t = \phi_i i_{t-1} + (1 - \phi_i)(\phi_p \pi_t^p + \phi_y \hat{y}_t + \phi_u \hat{u}_t) \quad (4.3)$$

$$i_t = \phi_i i_{t-1} + (1 - \phi_i)(\phi_p \pi_t^p + \phi_y \hat{y}_t + \phi_w \pi_t^w + \phi_u \hat{u}_t) \quad (4.4)$$

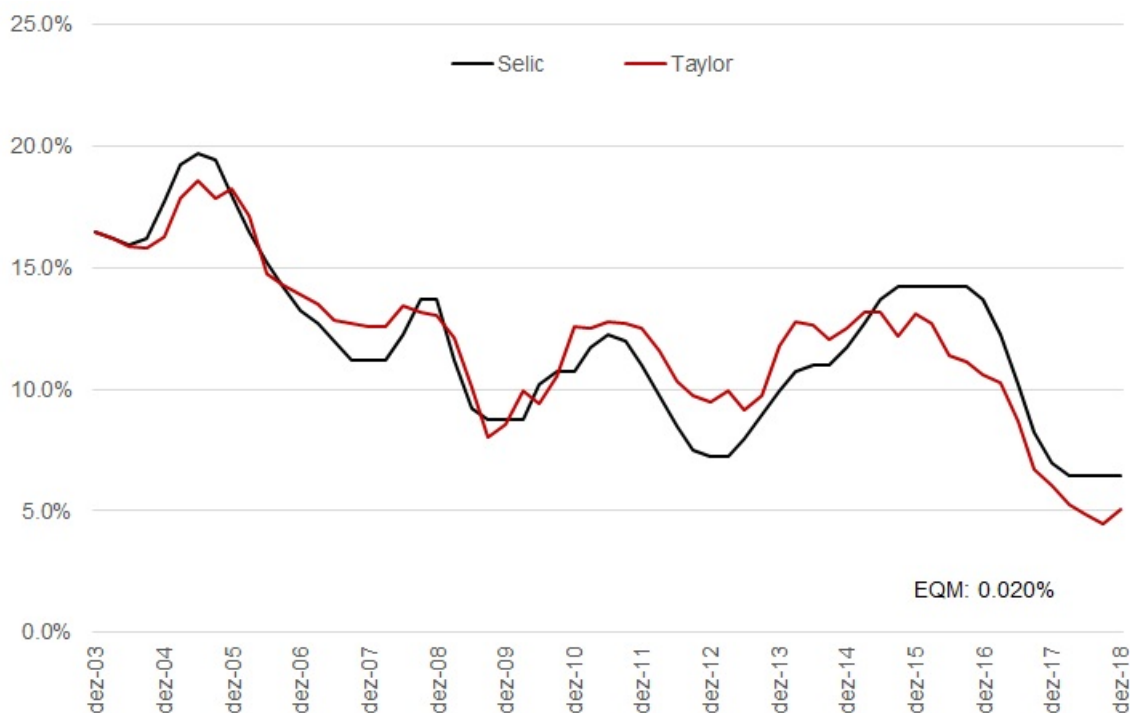
Antes de responder a pergunta, na conclusão do capítulo, em todas as subsecções a seguir mencionaremos brevemente quais são as variáveis presentes em cada especificação, exibiremos um gráfico e o Erro Quadrático Médio respectivo, quando comparado com a série observada.

Isso significa que podemos também avaliar, de um ponto de vista diferente, o que as regras simples prescreveriam em cada momento e comparar com o que efetivamente ocorreu na realidade. Isto é, se persistentemente ocorreram desvios em relação ao que as regras prescreveriam.

## 4.1 Regra 1

A Regra 1 é a mesma da economia base e tem o formato da regra de Taylor em sua formulação clássica, no qual o BCB olharia para o desvio do produto e para a inflação de preços de bens.

$$i_t = 0.9055 i_{t-1} + (1 - 0.9055)(1.6553 \pi_t^p + 2.1242 \hat{y}_t) \quad (4.5)$$

Figura 4 – Regra 1:  $\pi^p, \hat{y}$ 

Elaboração Própria.

Segundo nossa estimativa, na [Figura 4](#), a taxa Selic no período teria seguido trajetória razoavelmente em linha com o que é prescrito pela regra, com alguns desvios.

Nesse sentido, chama a atenção o longo período de Selic abaixo do recomendado, de 2010 até 2014. Uma retrospectiva da conjuntura do período pode ajudar a explicar o ocorrido. Do lado da política econômica houve um impulso fiscal, através do que convencionou-se chamar de Nova Matriz Econômica (NME). Apesar de não haver um setor governamental em nosso modelo, os impactos se propagaram pelas demais variáveis do sistema econômico. Entre as medidas da NME podem ser citadas: flexibilizações das metas de superávit primário, instituição de desonerações tributárias, intervenções em setores específicos (como energia) e utilização de bancos públicos para expansão de crédito subsidiado. Do lado da política monetária, o BCB parece ter deixado de buscar o centro da meta e ter se conformado com os limites superiores da banda de flutuação. Há até uma evidência anedótica, no 3º trimestre de 2011, quando houve o que ficou conhecido "cavalo-de-pau" da política monetária, em que o BCB começa um ciclo de afrouxamento monetário de forma completamente inesperada.

O desvio entre a taxa prescrita pela regra de Taylor e a taxa efetivamente observada só muda de sinal com a eclosão da recessão econômica em 2014. A partir de 2015, nossa estimativa sugere que o Banco Central manteve persistentemente a taxa acima do recomendado. Provavelmente o movimento teve o intuito de reconquistar a credibilidade de uma autoridade monetária autônoma *de facto* e em busca de fazer a inflação convergir para o centro das metas instituídas pelo Conselho Monetário Nacional.

## 4.2 Regra 2

A Regra 2 é uma regra de Taylor que além de olhar para as duas variáveis anteriores, também há o acréscimo de uma variável relacionada ao mercado de trabalho, a inflação de salários.

$$i_t = 0.7634i_{t-1} + (1 - 0.7634)(0.3067\pi_t^p + 0.9406\hat{y}_t + 0.9862\pi_t^w) \quad (4.6)$$

Figura 5 – Regra 2:  $\pi^p, \hat{y}, \pi^w$



Elaboração Própria.

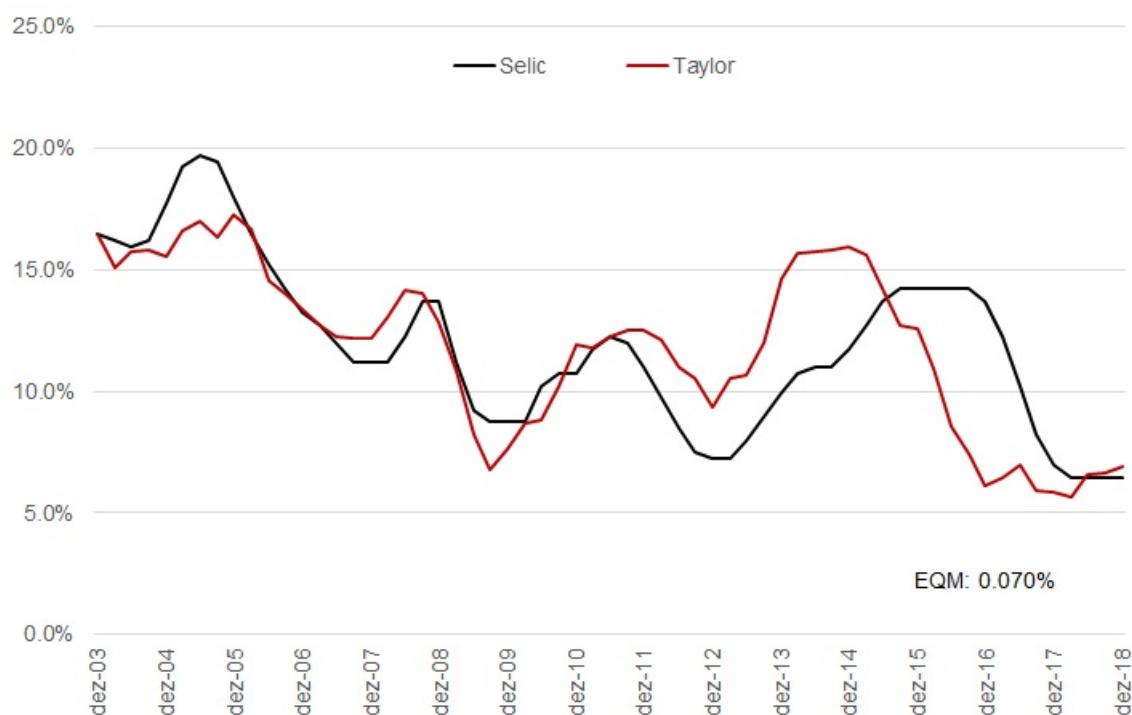
Apesar de haver mudança relevante nas variáveis e nos coeficientes estimados, a taxa de juro prescrita pela Regra 2 é muito semelhante àquela observada na Regra 1. Além dos desvios citados para a Regra 1, destacam-se pequenas diferenças no início da amostra, quando a Selic esteve um pouco acima do recomendado pela Taylor.

## 4.3 Regra 3

A Regra 3 mantém a presença do desvio do produto e inflação de preços de bens, mas a variável relacionada ao mercado de trabalho é o desvio do desemprego.

$$i_t = 0.7540i_{t-1} + (1 - 0.7540)(0.3666\pi_t^p + 0.3905\hat{y}_t - 2.8065\hat{u}_t) \quad (4.7)$$



Figura 6 – Regra 3:  $\pi^p$ ,  $\hat{y}$ ,  $\hat{u}$ 

Elaboração Própria.

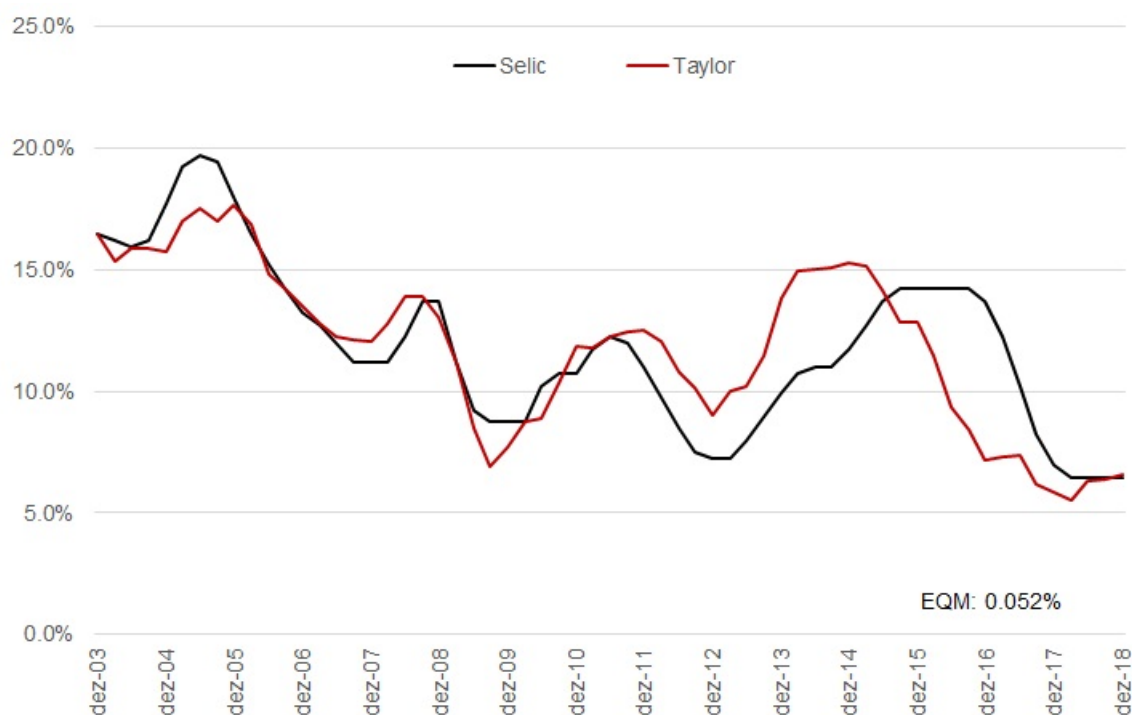
Nesse caso também valem os comentários realizados para as especificações anteriores, mas aqui os desvios passam a ser muito mais pronunciados. Tome como o exemplo a prescrição de que deveria ocorrer um forte ciclo de aperto monetário ao redor de 2013 e que o nível deveria ser mantido até o fim de 2014. Por outro lado, com a presença do desemprego na regra de Taylor, haveria também a recomendação de afrouxamento monetário muito rápido a partir do início da recessão. A crise de 2014-2016 teve grande impacto na atividade econômica e na taxa de desemprego.

## 4.4 Regra 4

A Regra 4 é a mais completa, na qual se assume que a decisão de política monetária leva em conta as 4 variáveis.

$$i_t = 0.8017i_{t-1} + (1 - 0.8017)(0.4527\pi_t^p + 0.4526\hat{y}_t + 0.5503\pi_t^w - 2.9537\hat{u}_t) \quad (4.8)$$

Na Regra 4, ao se incorporar desemprego e inflação de salários, há uma pequena suavização na trajetória em relação à Regra 3. Por fim, um detalhe curioso, é que apesar de grandes desvios ao longo da década de 2010, no final 2018 a taxa Selic parecia estar exatamente no nível em que a Regra 4 apontaria.

Figura 7 – Regra 4:  $\pi^p$ ,  $\hat{y}$ ,  $\hat{u}$ ,  $\pi^w$ 

Elaboração Própria.

## 4.5 Conclusões sobre as regras

Ao usar o critério do Erro Quadrático Médio, há evidência para acreditar que o BCB tenha adotado um tipo de regra mais tradicional, a Regra 1, que compreende somente o desvio do produto e a inflação de preços de bens. Em todas as regras adotadas existem desvios significativos em alguns períodos. Em todas as especificações o período ao redor de 2011 indicou que a regra foi levada a valores menores que os recomendados. A ideia, portanto, de que tenha havido um "cavalo-de-pau" na política monetária é corroborada por essas estimações. No sentido contrário, em todas as especificações, o período ao redor de 2015 indicou que a taxa Selic permaneceu em valores elevados por mais tempo do que o recomendado. Ainda que talvez isso tenha ocorrido com o objetivo de reconquistar a credibilidade perdida, e aumentar a eficácia de sua atuação no futuro, a ideia de que o BCB foi muito conservador no período também é corroborada por essas estimativas.

A inclusão de variáveis do mercado de trabalho altera também de forma relevante a prescrição da taxa de juro. Comparando as três especificações que possuem alguma variável relacionada ao mercado de trabalho (Regras 2, 3 e 4), a variável que mais altera as prescrições parece ser a taxa de desemprego.

Um resumo dos coeficientes encontrados estão na [Tabela 3](#):

Tabela 3 – Coeficientes estimados para diferentes especificações de regras de Taylor

Parâmetro	Regra 1	Regra 2	Regra 3	Regra 4
$\phi_i$	0.9055	0.7634	0.7540	0.8017
$\phi_p$	1.6553	0.3067	0.3666	0.4527
$\phi_y$	2.1242	0.9406	0.3905	0.4256
$\phi_u$	-	-	-2.8065	-2.9537
$\phi_w$	-	0.9862	-	0.5503

Fonte: Elaboração própria

## 5 BEM-ESTAR ASSOCIADO A CADA UMA DAS REGRAS E RESULTADOS

Com os modelos estimados e as regras de Taylor assumidas anteriormente, existe alguma recomendação de qual o Brasil deveria seguir? Algumas são as formas possíveis de avaliar essa questão. Uma abordagem simples é analisar os impactos que ocorrem na variância das variáveis após a ocorrência de choques exógenos e a consequente atuação da autoridade monetária. Variâncias elevadas não são desejáveis do ponto de vista de bem-estar. Além de olhar separadamente para as variâncias, uma literatura se desenvolveu como uma forma de avaliação de política monetária por meio de um critério quantitativo de bem-estar. Isso ocorre através da aproximação de segunda ordem das perdas de utilidade dos agentes após a ocorrência de choques, resultando em uma função perda  $L$ , com ponderação para cada uma das variâncias. (ROTEMBERG; WOODFORD, 1999)

Prosseguindo por partes, em primeiro lugar, para avaliação de bem-estar dentro de nosso modelo, é necessário definir uma medida de hiato do produto para registrar desvios do produto de seu valor eficiente. Lembrando, o produto eficiente é aquele que existiria em uma economia teórica onde não houvesse qualquer rigidez de preços e salários, e onde todos os mercados fossem perfeitamente competitivos. Define-se então esse hiato como um desvio em log das variáveis  $x_t = y_t - y_t^e$ , onde  $x_t$  é o hiato do produto eficiente,  $y_t$  é o produto e  $y_t^e$  é o produto eficiente. O hiato do produto eficiente pode ser escrito como uma aproximação de primeira ordem em termos das variáveis do modelo. Mais detalhes para essa definição e as derivações da função perda estão na referência. (GALÍ, 2011).

$$x_t = \left( \frac{1 - \alpha}{1 + \varphi} \right) (\mu_t^p + \mu_t^w) \quad (5.1)$$

Isto é, o hiato do produto relevante em termos de bem-estar é uma ponderação dos *markups* de preços de bens e de salários na economia. Dito de outra forma, essa é uma primeira medida de perda de bem-estar: a perda de produto causada pelas imperfeições tanto no mercado de bens quanto no mercado de trabalho.

Em segundo lugar, é preciso avaliar quais são as perdas percebidas diretamente na utilidade dos agentes. Os agentes enfrentam perdas pelo produto estar longe do eficiente e também pela variância em variáveis que afetam suas escolhas, como a inflação de bens e a inflação de salários.

A função perda é obtida por uma aproximação de segunda ordem das perdas de utilidades dos agentes, após a ocorrência de choques. Essa função é o valor esperado do somatório abaixo:

$$L = \frac{1}{2} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left( \frac{1+\varphi}{1-\alpha} \right) \text{var}(x_t) + \left( \frac{\epsilon_p}{\lambda_p} \right) \text{var}(\pi_t^p) + \left( \frac{\epsilon_w(1-\alpha)}{\lambda_w} \right) \text{var}(\pi_t^w) \quad (5.2)$$

Ou, para a função perda em um dado período:

$$L^* = \frac{1}{2} \left( \frac{1+\varphi}{1-\alpha} \right) \text{var}(x_t) + \left( \frac{\epsilon_p}{\lambda_p} \right) \text{var}(\pi_t^p) + \left( \frac{\epsilon_w(1-\alpha)}{\lambda_w} \right) \text{var}(\pi_t^w) \quad (5.3)$$

Em resumo, ela é uma soma das variâncias do hiato do produto eficiente ( $x_t$ ), da inflação de preços de bens ( $\pi_t^p$ ) e da inflação de salários ( $\pi_t^w$ ), ponderadas por parâmetros do modelo.

Cada uma das regras estimadas no [Capítulo 4](#) atribui pesos diferentes para reação às oscilações nas variáveis da economia. Realizamos a seguir exercícios baseados em dois choques, um choque tecnológico, que pode ser entendido como um choque do lado da oferta, e um choque de mudança em preferências, que pode ser entendido como um choque no lado da demanda. Nas tabelas a seguir elencamos o resumo do exercício. Nas colunas estão os resultados para as especificações de regras monetárias de 1 até 4. Nas primeiras 4 linhas estão os desvios padrão de variáveis relevantes para os agentes. Na última linha está a função perda.

Tabela 4 – Desvio padrão de variáveis após choque tecnológico e função perda

Variável	Regra 1	Regra 2	Regra 3	Regra 4
$\sigma(\pi^p)$	0.9172	0.9166	0.3391	0.3368
$\sigma(\pi^w)$	0.9527	0.9460	0.0902	0.0864
$\sigma(x)$	1.5771	1.5163	0.3089	0.3158
$\sigma(\hat{u})$	2.8500	2.7291	0.3667	0.3827
L	0.2854	0.2726	0.0070	0.0071

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Desvio padrão de variáveis após choque de preferências e função perda

Variável	Regra 1	Regra 2	Regra 3	Regra 4
$\sigma(\pi^p)$	0.0358	0.1108	0.0222	0.0165
$\sigma(\pi^w)$	0.0799	0.1588	0.0322	0.0274
$\sigma(x)$	0.2925	0.3289	0.0869	0.0941
$\sigma(\hat{u})$	0.5813	0.6502	0.1726	0.1871
L	0.0059	0.0102	0.0006	0.0006

Fonte: Elaboração própria

Como pode ser observado, o acréscimo de variáveis relacionadas ao mercado de trabalho nas regras monetárias é positivo para os agentes, pois de uma forma geral suaviza os efeitos dos choques na variabilidade da inflação de preços de bens, da inflação de salários, do hiato do produto eficiente e do desvio do desemprego. Após choques tecnológicos na [Tabela 4](#), de forma quantitativa, olhando somente para a função perda  $L$ , a Regra Monetária 3 seria a mais recomendada. A Regra Monetária 4 também ficou muito próxima da Regra 3, com diferenças muito pequenas entre as duas. Já após choques de preferências na [Tabela 5](#), no mesmo critério, assim como no exercício anterior, as Regras 3 e 4 ficam empatadas. Em conclusão, quando a autoridade monetária usa regras sem considerar diretamente o mercado de trabalho, como a Regra 1 clássica que concluímos que seja mais provável que ele tenha usado no período, as perdas dos agentes são maiores após os choques.

## 6 REGRA MONETÁRIA SIMPLES OTIMIZADA

Seguindo os mesmos critérios de bem-estar, supostamente quão distantes essas regras estão de uma regra monetária simples otimizada? Usando o modelo base, aqui executamos um algoritmo para minimização da função perda  $L$ , que nos encontre os parâmetros  $\phi$  da Regra Monetária mais completa possível:

$$i_t = \phi_i i_{t-1} + (1 - \phi_i)(\phi_p \pi_t^p + \phi_y \hat{y}_t + \phi_w \pi_t^w + \phi_u \hat{u}_t) \quad (6.1)$$

As primeiras tentativas de usar o algoritmo para encontrar os coeficientes, através de minimização irrestrita, sugere que o coeficiente  $\phi_i$ , de suavização das decisões de política monetária, deveria ser próximo de 1. O resultado não é muito satisfatório, pois indica que a reação da autoridade monetária deveria dar pouca importância para as demais variáveis da economia. Para tentar encontrar algum resultado que nos trouxesse mais informações sobre os coeficientes de maior interesse, executamos então um processo de minimização com restrições. Como primeira restrição, impusemos que o coeficiente de suavização  $\phi_i$  deve estar em um intervalo entre 0,7 e 1. O outro conjunto de restrições, na tentativa de evitar que um só  $\phi$  dominasse os demais, é que eles devem ser menores que 5, em módulo. Apesar de não haver um suporte rigorosamente fundamentado, todas as restrições foram tomadas com base nos conhecimentos de especificações da literatura e daqueles coeficientes que estimamos nos capítulos anteriores deste trabalho. Os valores ótimos encontrados para os parâmetros estão indicados na última coluna da [Tabela 6](#), comparados com os coeficientes estimados anteriormente.

Tabela 6 – Coeficientes estimados para diferentes especificações de regras de Taylor (expandido)

Parâmetro	Regra 1	Regra 2	Regra 3	Regra 4	R. Ótima
$\phi_i$	0.9055	0.7634	0.7540	0.8017	0.7013
$\phi_p$	1.6553	0.3067	0.3666	0.4527	4.9681
$\phi_y$	2.1242	0.9406	0.3905	0.4256	0.0012
$\phi_u$	-	-	-2.8065	-2.9537	-4.9787
$\phi_w$	-	0.9862	-	0.5503	4.6429

Fonte: Elaboração própria

Além disso, replicamos os exercícios para avaliação de bem-estar, expandindo as tabelas do [Capítulo 5](#) para inclusão da Regra Ótima, na [Tabela 7](#) e na [Tabela 8](#). Por fim, também

exibimos o gráfico com a comparação entre a Selic observada e a Selic prescrita pela regra com parâmetros otimizados.

Tabela 7 – Desvio padrão de variáveis após choque tecnológico e função perda (expandido)

Variável	Regra 1	Regra 2	Regra 3	Regra 4	R. Ótima
$\sigma(\pi^p)$	0.9172	0.9166	0.3391	0.3368	0.2972
$\sigma(\pi^w)$	0.9527	0.9460	0.0902	0.0864	0.0229
$\sigma(x)$	1.5771	1.5163	0.3089	0.3158	0.1494
$\sigma(\hat{u})$	2.8500	2.7291	0.3667	0.3827	0.0773
L	0.2854	0.2726	0.0070	0.0071	0.0015

Fonte: Elaboração própria

Tabela 8 – Desvio padrão de variáveis após choque de preferências e função perda (expandido)

Variável	Regra 1	Regra 2	Regra 3	Regra 4	R. Ótima
$\sigma(\pi^p)$	0.0358	0.1108	0.0222	0.0165	0.0092
$\sigma(\pi^w)$	0.0799	0.1588	0.0322	0.0274	0.0129
$\sigma(x)$	0.2925	0.3289	0.0869	0.0941	0.0336
$\sigma(\hat{u})$	0.5813	0.6502	0.1726	0.1871	0.0668
L	0.0059	0.0102	0.0006	0.0006	0.0001

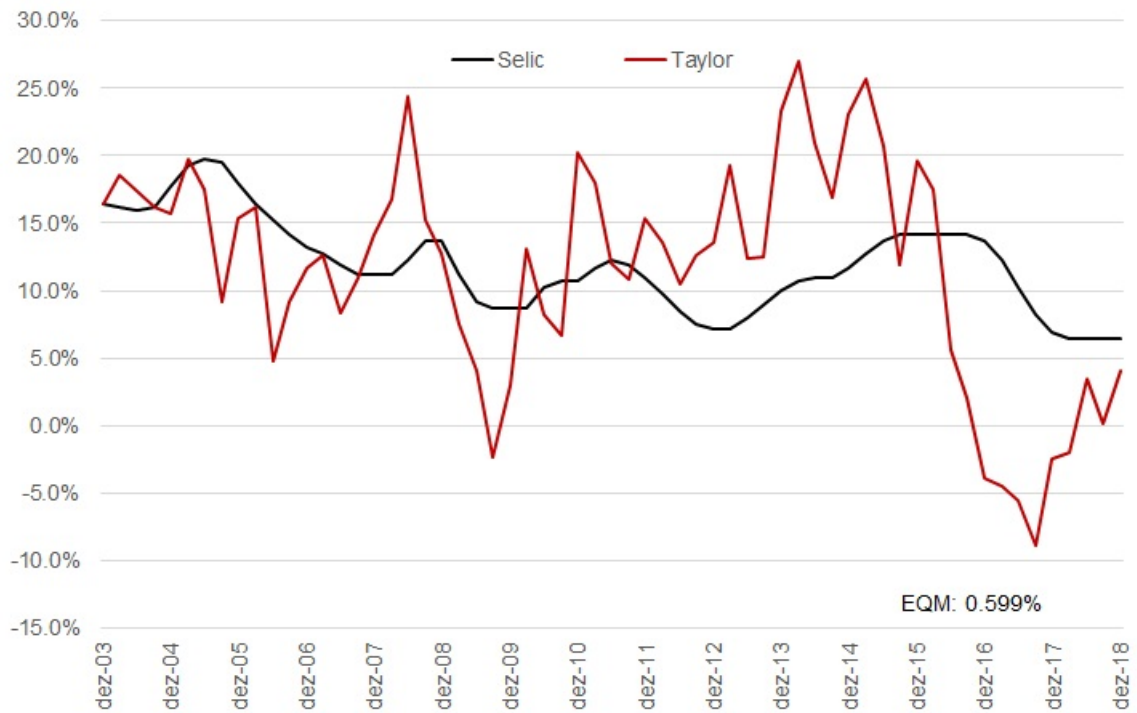
Fonte: Elaboração própria

Algumas conclusões poder ser obtidas desses exercícios. Em primeiro lugar, a regra monetária simples otimizada encontrada realmente traz um valor baixíssimo para função perda  $L$  e, da mesma forma, reduz a variabilidade do hiato do produto eficiente, das inflações e do desemprego, tanto para o choque tecnológico, quanto para o choque de preferências. Em segundo lugar, em termos dos coeficientes  $\phi$  e da função perda  $L$ , a regra monetária simples otimizada está mais próxima das regras que incluem desemprego em sua especificação, ou seja, as Regras 3 e 4. Em terceiro lugar, vemos na [Figura 8](#) que a prescrição da regra simples otimizada para a taxa de juro de curto prazo  $i$  é bastante volátil. Com exceção do coeficiente para o desvio do produto em relação ao seu *steady state*  $\phi_y$ , os demais coeficientes estão acima do valor 4,5, e alguns até próximos do valor máximo imposto pela restrição, de 5 em módulo, o que faz as reações do juro serem bastante intensas quando há mudanças nas variáveis da economia. Este resultado também não é muito razoável do ponto de vista prático, pois é provável que oscilações de magnitude assim tão grandes sejam contraproducentes e afetem o bem-estar dos agentes por meio de diversos outros canais, que estão ausentes no pequeno modelo aqui exposto. Algumas hipóteses de canais ou impactos que poderiam ser apontados: dificuldade de planejamento dos



agentes, aumento do prêmio de risco na estrutura a termo de juro, dificuldade de comunicação clara da política monetária e menor comprometimento com um plano de ação da autoridade monetária.

Figura 8 – Regra ótima:  $\pi^p, \hat{y}, \hat{u}, \pi^w$



Elaboração Própria.

## 7 CONCLUSÕES

Foi possível responder às 3 perguntas que foram lançadas inicialmente. Em primeiro lugar, entre as especificações propostas no [Capítulo 4](#) para as regras monetárias, a evidência sugere que o BCB adotou como guia principal uma regra de Taylor clássica e que a taxa Selic foi mantida razoavelmente próxima do que foi prescrito pela regra nas últimas duas décadas. Apesar disso, todas as especificações parecem indicar alguns momentos específicos quando houve desvio discricionário de política, com destaque para os períodos ao redor do ano de 2011 e ao redor do ano de 2015. Em segundo lugar, apesar de ter adotado a regra de Taylor clássica, o pequeno modelo usado nesse trabalho sugere, como apontado no [Capítulo 5](#), que as regras monetárias que trariam menores perdas aos agentes seriam aquelas que incorporassem o desemprego. Dito de outra forma, após a ocorrência de choques exógenos de oferta ou de demanda, a atuação do Banco Central provocaria menor variabilidade nas variáveis econômicas diretamente relacionadas ao bem-estar dos agentes caso o desemprego estivesse presente na especificação da regra monetária. Foram calculados também valores de uma função perda, baseada na função utilidade dos agentes, para se obter medidas quantitativas que possibilitassem a comparação objetiva entre as regras monetárias propostas. Por esse critério, fica também mais uma vez reforçada a importância da autoridade monetária reagir diretamente ao desemprego, no sentido de atenuar a perda de bem-estar dos agentes após choques exógenos. Em terceiro lugar, no [Capítulo 6](#) estimamos uma regra monetária simples otimizada. Apesar de prescrever atuação muito mais rápida e intensa do que se é visto comumente na prática de Bancos Centrais, a regra otimizada é aquela que traz menores perdas de bem-estar para os agentes dentre as especificações propostas. Outra conclusão ao estimar essa regra é a indicação que inflação de bens e desemprego devem ser avaliados com pesos relevantes nas decisões de política monetária.

O trabalho alcançou resultados positivos, no entanto, também está sujeito a críticas e possíveis aperfeiçoamentos em pesquisas futuras. Como exemplo, citamos 3 linhas possíveis de aprofundamento. Uma primeira linha é estudar tratamentos diferenciados para a série de desemprego usada como variável observável no modelo. Destacamos ao longo do texto as complicações no tratamento e uso dessa série, além das dificuldades de se encontrar seu componente cíclico. Estudos mais aprofundados sobre o mercado de trabalho, com a proposta de estimativas alternativas para o componente cíclico do desemprego podem trazer também melhores resultados, ou conclusões mais confiáveis, no objetivo de avaliações das regras monetárias. Uma segunda linha possível é a estimação de regras monetárias com outras variáveis, ou ainda, combinações diferentes daquelas regras expostas aqui. Escolhemos para esse texto as regras que nos pareciam mais relevantes para o contexto brasileiro atual. Uma terceira linha seria a extensão do modelo com maiores detalhamentos ou acoplamento de novos setores. Existe uma extensa literatura que se desenvolveu nos últimos 20 anos para a adição de blocos e imperfeições aos modelos,

que repliquem fatos estilizados existentes nas economias reais. A aplicação do exercício com blocos adicionais pode contribuir para resultados mais verossímeis e conclusões mais robustas, ao agregar maior complexidade à estrutura econômica do modelo. No entanto, ao mesmo tempo que se ganha maior poder explicativo, há também que se avaliar o custo de complexidade para desenho, solução, simulação e estimação, incluído neste último aspecto também a necessidade de maior poder computacional e tempo para execução dos algoritmos.

# REFERÊNCIAS

ARAUJO, C. H. V.; AREOSA, M. B. M.; GUILLÉN, O. T. C. Estimating potential output and the output gap for brazil. *Banco Central do Brasil Working Paper*, v. 172, 2004.

BANCO Central do Brasil. *Relatório de Inflação*, v. 22, n. 3, 2020.

BLANCHARD, O. J.; QUAH, D. The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances. *The American Economic Review*, v. 83, n. 3, p. 653–658, 1993.

BLINDER, A. S. *Central Banking in Theory and Practice*. [S.l.]: MIT Press, 1999.

BOFINGER, P.; REISCHLE, J.; SCHACHTER, A. *Monetary policy: goals, institutions, strategies, and instruments*. [S.l.]: Oxford University Press, 2001.

BOGDANSKI, J.; TOMBINI, A. A.; WERLANG, S. R. C. Implementing inflation targeting in brazil. *Banco Central do Brasil Working Paper*, v. 1, n. 1, 2000.

CALVO, G. A. Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of monetary Economics*, v. 12, n. 3, p. 383–398, 1983.

CASTRO, M. R. D. et al. Samba: Stochastic analytical model with a bayesian approach. *Brazilian Review of Econometrics*, v. 35, n. 2, Special Volume SAMBA, p. 103–170, 2015.

FRIEDMAN, M. *Essays in positive economics*. [S.l.]: University of Chicago Press, 1953.

GALÍ, J. *Unemployment fluctuations and stabilization policies: a New Keynesian perspective*. [S.l.]: MIT Press, 2011.

GALÍ, J. *Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework*. Princeton: Princeton University Press, 2015.

LIMA, E. J. A.; ARAUJO, F.; SILVA, J. R. da Costa e. Previsão de modelos macroeconômicos no banco central do brasil. In: *Dez anos de metas para a inflação no Brasil, 1999-2009*. [S.l.]: Banco Central do Brasil, 2011. p. 352–400.

LUCAS, R. J. Econometric policy evaluation: A critique. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Elsevier, v. 1, n. 1, p. 19–46, 1976.

ROTEMBERG, J. J.; WOODFORD, M. *Interest rate rules in an estimated sticky price model*. [S.l.]: University of Chicago Press, 1999. 57-126 p.

TAYLOR, J. B. Discretion versus policy rules in practice. In: *Carnegie-Rochester conference series on public policy*, V. 39. [S.l.]: North-Holland, 1993. p. 195–214.

TAYLOR, J. B. A historical analysis of monetary policy rules. In: *Monetary policy rules*. [S.l.]: University of Chicago Press, 1999. p. 319–348.

TAYLOR, J. B. *Monetary Policy Rules*. [S.l.]: University of Chicago Press, 1999.