

# A regra de Taylor e a taxa de juros natural do Brasil entre 2003 e 2021: Considerações a partir de um modelo de regressão quantílica e um modelo VAR

Angelo Rondina Neto<sup>1</sup>  
Luma de Oliveira<sup>2</sup>

## Resumo

O Regime de Metas de Inflação (RMI) tem a taxa de juros básica como o principal instrumento para alcançar o objetivo de controle do nível de preços. Dentre os fatores que influenciam a definição da taxa básica de juros na função de reação da autoridade monetária (*i.e.*, Regra de Taylor) para uma economia aberta pequena estão: a surpresa inflacionária; o hiato do produto; o *gap* da taxa de câmbio; e o nível da taxa de juros natural. A taxa de juros natural corresponderia ao nível da taxa de juros da economia num contexto isento de pressões inflacionárias e com o produto em seu nível potencial. O objetivo da pesquisa foi estimar a função de reação do Banco Central do Brasil (BCB) após a implementação do RMI por meio de um método não-linear, de modo a analisar, ao longo dos diferentes quantis da taxa de juros básica, qual a contribuição e o comportamento da taxa de juros natural e das variáveis macroeconômicas explicativas. Os métodos utilizados foram um modelo de regressão quantílica e um modelo de vetores autorregressivos (VAR). Os resultados destacam a existência de não-linearidade para a taxa de juros definida na regra, denotando problemas de especificação econométrica para métodos de estimação linear. A taxa de juros básica acompanhou a taxa de juros natural ao longo do RMI, com evidências de que a surpresa inflacionária de fato é a principal variável explicativa que contribui com a definição da taxa de juros básica pelo BCB. Por fim, os resultados também evidenciam uma maturação do processo de condução de política monetária pelo BCB ao longo do RMI, com uma redução na volatilidade dos parâmetros estimados para a função de reação à medida que as expectativas dos agentes foram ancoradas.

**Palavras-chave:** Regra de Taylor; Taxa de Juros Natural; Economia Aberta Pequena; Modelo de Regressão Quantílica; Modelo de Vetores Autoregressivos (VAR).

## Abstract

The Inflation Targeting Regime (ITR) has the interest rate as the main instrument to achieve the objective of controlling inflation. Among the factors that influence the definition of the interest rate in the monetary authority's reaction function (*i.e.*, Taylor's Rule) for a small open economy are: inflationary surprise; the output gap; the exchange rate gap and the natural interest rate level. The natural interest rate would correspond to the interest rate level of the economy in a context free from inflationary pressures and with output at its potential level. The objective of the research was to estimate the reaction function of the Central Bank of Brazil (BCB) after the implementation of the ITR through a non-linear method, in order to analyze, along the different quantiles of the interest rate, what was the contribution and behavior of the natural interest rate and the explanatory macroeconomic variables. The methods used were a quantile regression model and an autoregressive vector model (VAR). The results highlight the existence of non-linearity for the interest rate defined in the rule, denoting econometric specification problems for linear estimation methods. The basic interest rate followed the natural interest rate throughout the ITR, with evidence that the inflationary surprise is in fact the main explanatory variable that contributes to the definition of the interest rate by the BCB. Finally, the results also show a maturation of the monetary policy process by the BCB over the ITR, with a reduction in the volatility of the parameters estimated for the reaction function as the agents' expectations were anchored.

**Keywords:** Taylor's rule; Natural Interest Rate; Small Open Economy; Quantile Regression Model; Vector Autoregressive (VAR) Model.

**Área:** 04 - Macroeconomia, Economia Monetária e Finanças.

**JEL Codes:** C31; C32; E43.

---

<sup>1</sup> Professor Adjunto do Departamento de Economia e do Programa de Pós-graduação em Economia Regional (PPE) da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

<sup>2</sup> Professora Adjunta do Departamento de Economia e do Programa de Pós-graduação em Economia (PPGECO) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

## 1. Introdução

O Regime de Metas de Inflação (RMI), implementado no Brasil desde 1999, tem o controle da inflação como o principal objetivo de política monetária por parte do Banco Central do Brasil (BCB). Para convergir o nível de preços em direção à meta definida, a taxa de juros básica é utilizada como o principal instrumento de política por parte da autoridade monetária. A função de reação da autoridade monetária, ou Regra de Taylor (1993), relaciona a definição da taxa de juros em relação às variáveis macroeconômicas que influenciam o processo decisório por parte do BCB.

Barbosa *et al.* (2016) estendem a função de reação da autoridade brasileira para considerar o caso de uma economia aberta pequena, como o caso brasileiro. Nessa função, são três os componentes que influenciam a decisão do BCB: a surpresa inflacionária (*i.e.*, o desvio das expectativas de inflação da meta definida pela autoridade monetária); o hiato do produto (*i.e.*, a diferença entre o produto e seu nível potencial); e o *gap* da taxa de câmbio (*i.e.*, a diferença da taxa de câmbio corrente da sua taxa de equilíbrio de longo prazo). É possível se considerar, também, a constante da função de reação como a taxa de juros que prevalece na ausência de choques de curto prazo nas variáveis acima mencionadas. Essa taxa de juros é considerada como a taxa de juros natural.

A taxa de juros natural remete a Wicksell (1936), e vem sendo estudada sobretudo após a adoção do RMI pelos países após os anos de 1990. De maneira geral, seria aquela taxa de juros verificada para uma economia caso não houvesse pressão inflacionária e o produto estivesse em seu nível potencial (vide Galí, 2008; Laubach e Williams, 2003, 2016). Por ser uma variável, assim, latente (*i.e.*, não observável), existem diferentes métodos econométricos para sua estimação. Esses se distinguem entre procedimentos univariados, como estimações por filtros de tendência, ou procedimentos multivariados, como modelos de vetores autorregressivos (VAR), modelos de estado de espaço, estimados via filtro de Kalman (1960) e modelos de equilíbrio geral dinâmicos e estocásticos (DSGE).

No Brasil, diferentes estimativas para a taxa de juros natural foram realizadas desde a implementação do RMI. De maneira geral, são identificados quatro contextos distintos. As estimativas anteriores a 2003 evidenciam uma elevada volatilidade na taxa de juros natural brasileira (vide Borges e Silva, 2006; Miranda e Muinhos, 2003; Muinhos e Nakane, 2006). Entre 2003 a aproximadamente 2009, as estimativas para a taxa de juros natural evidenciam um declínio acentuado (vide Barcellos Neto e Portugal, 2009; BCB, 2010; Duarte, 2010; Goldfajn e Bicalho, 2011; Machado e Portugal, 2014; Magud e Tsounta, 2012; Ribeiro e Teles, 2013; Santos, 2011; Umezú, 2011). Após 2009, porém, nota-se uma reversão na trajetória da taxa de juros natural do Brasil, com estimativas apontando uma estagnação da queda anterior e outras um novo aumento na taxa de juros natural (vide Andrade, 2014; Barbosa *et al.*, 2016; Ferreira, 2013; Goldfajn e Bicalho, 2011; Gotlieb, 2013; Morais, 2012; Palma, 2012; Perelli e Roache, 2014; Ronchi Neto e Candido, 2017; Santos, 2011; Silva e Araújo, 2016; Teixeira *et al.*, 2017; Umezú, 2011). Por fim, nota-se uma nova reversão na taxa de juros natural após 2016, caracterizado por uma queda acentuada acompanhando a queda nos níveis da taxa de juros nominal (vide Moreira, 2019; Alves e Kfoury, 2019; Silva, 2020; Alves, 2021).

Dessa maneira, no processo de estimação da função de reação da autoridade monetária, é preciso considerar que a taxa de juros natural não necessariamente se mostra constante. Considerando o caso de uma economia aberta e pequena, essa não constância é ainda mais evidente se considerado que as taxas de juros devem manter paridade com as taxas internacionais (vide Barbosa *et al.*, 2016). Além disso, se levado em conta também que a taxa de juros definida pelo BCB não se mostra homogênea no período desde o início do RMI, pode ser interessante utilizar métodos não-lineares para verificar a contribuição das variáveis explicativas sobre a determinação da taxa de juros básica nos diferentes quantis da distribuição dessa.

Chega-se, assim, à problemática dessa pesquisa: A taxa de juros definida pelo BCB acompanhou a taxa de juros natural durante o RMI? Com relação à função de reação do BCB, quais variáveis macroeconômicas parecem ter afetado de forma mais significativa a definição da taxa de juros básica? Ainda, a definição da taxa básica, bem como a influência das variáveis macroeconômicas sobre a regra de Taylor do BCB, mostraram-se lineares no período?

De modo a responder essas perguntas, o objetivo deste trabalho é estimar a função de reação do BCB após a implementação do RMI, inclusive por meio de um método não-linear, de modo a analisar, ao

longo dos diferentes quantis da taxa de juros básica, qual a contribuição e o comportamento da taxa de juros natural e das variáveis macroeconômicas explicativas.

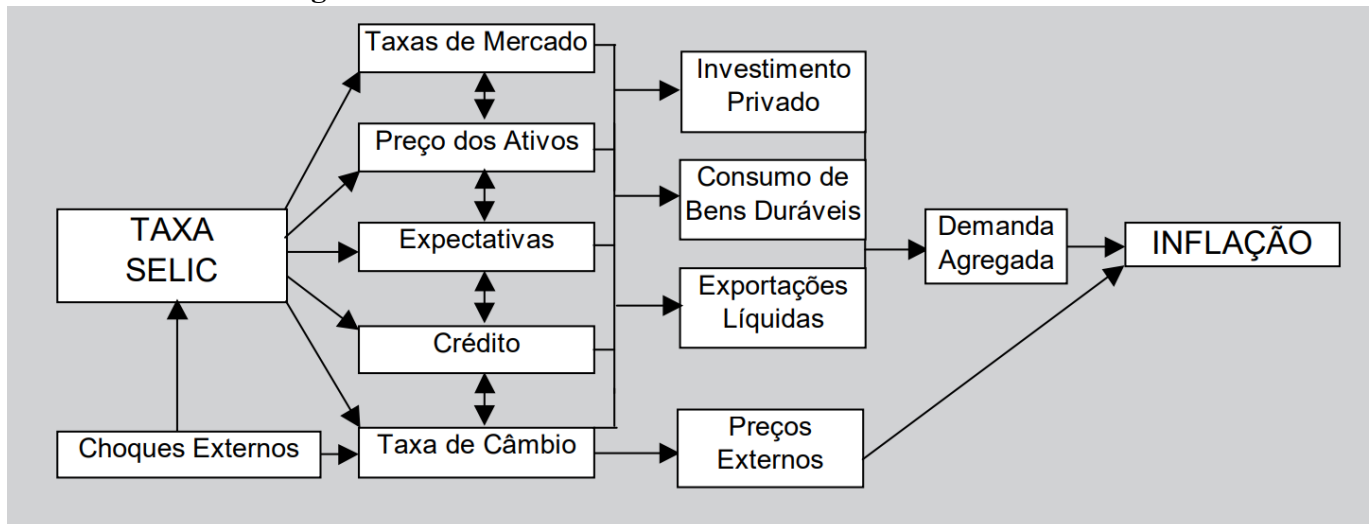
O trabalho se encontra estruturado em cinco partes a começar por essa introdução. A segunda seção apresenta o marco teórico e a revisão da literatura. A seção três apresenta os materiais e métodos utilizados na pesquisa. A quarta parte realiza uma análise dos resultados dos modelos estimados e, por fim, a última seção finda o trabalho com as considerações finais.

## 2. Marco teórico e Revisão da Literatura

### 2.1 Apontamentos sobre a condução da política monetária em uma economia aberta pequena

Após o estabelecimento do Regime de Metas para a Inflação (RMI), a definição da taxa de juros passa a ser o principal instrumento de política monetária por parte do Banco Central. Neste sentido, considerando que o objetivo principal da autoridade monetária é o controle da inflação, a taxa de juros é utilizada para reduzir as pressões sobre a demanda agregada da economia via seus canais de transmissão, como apresentado na Figura 01. Ou seja, a taxa de juros afeta os componentes da demanda agregada por meio dos canais das taxas de mercado, dos preços dos ativos, das expectativas, do crédito e da taxa de câmbio doméstica.

**Figura 01:** Mecanismos de Transmissão da Política Monetária



Fonte: BCB (1999, p. 03).

Teoricamente, a definição da taxa de juros é realizada por meio da função de reação de política monetária, ou regra de Taylor (1993), da autoridade monetária. Conforme Taylor (1993), a determinação da taxa de juros pelo Banco Central poderia ser escrita, então, como na equação (1), em que  $i$  representa a taxa de juros nominal definida pela autoridade,  $\pi$  é a taxa de inflação no tempo  $t$ ,  $y$  representa o nível do produto,  $r^*$  corresponde à taxa de juros real de equilíbrio (ou natural),  $\pi^*$  é a meta de inflação definida pelo Banco Central e  $y^*$  é o produto a pleno emprego dos fatores de produção.

$$i_t - r^* = a_\pi(\pi_t - \pi^*) + a_y(y_t - y^*) \quad (1)$$

De maneira semelhante, Galí (2008), em sua especificação do modelo Novo Keynesiano básico, apresenta a função de reação da autoridade monetária como na equação (2), em que  $\tilde{y}$  representa o hiato do produto e  $v$  é uma variável estocástica de média zero representando choques exógenos não antecipados. Nessa notação, o intercepto  $\rho$ , como apresenta o autor, corresponderia ao valor que tornaria a taxa de juros “consistente com o estado estável e inflação nula” (GALÍ, 2008, p. 50, tradução nossa), definição similar àquela de Taylor para a taxa de juros natural.

$$i_t = \rho + \phi_\pi \pi_t + \phi_y \tilde{y}_t + v_t \quad (2)$$

Ou seja, poder-se-ia considerar que o nível natural seria utilizado como referência para a autoridade monetária em seu processo de definição da taxa de juros. Caso a economia esteja isenta de

choques de curto prazo, esperar-se-ia que a taxa de juros definida pelo Banco Central fosse equivalente à taxa de juros natural. Para o caso de uma economia aberta pequena, como o caso brasileiro, autores como Barbosa *et al.* (2016) argumentam que a taxa de juros natural deve ser equivalente à taxa de juros real internacional. Dessa maneira, deve-se considerar os efeitos cambiais advindos de restrições à mobilidade de capitais e de prêmio de riscos, expandindo a consideração dos modelos para economias fechadas, como descrito na equação (3). Nessa especificação,  $\tilde{\pi}$  corresponde ao *gap* da inflação, ou seja, a diferença entre as expectativas dos agentes e a meta de inflação definida pelo Banco Central, e  $\tilde{E}$  corresponde ao *gap* da taxa de câmbio, ou seja, a diferença entre a taxa de câmbio corrente e sua tendência de longo prazo.

$$\dot{i}_t = r^* + \pi_t + \phi_\pi \tilde{\pi}_t + \phi_y \tilde{y}_t + \phi_E \tilde{E}_t \quad (3)$$

A partir dessa consideração, nota-se que são cinco as variáveis que influenciam o Banco Central em seu processo de definição da taxa de juros básica: a taxa de inflação; a “surpresa inflacionária”, captada pelo *gap* entre as expectativas de inflação e a meta definida pela autoridade monetária; o hiato do produto; o *gap* da taxa de câmbio; e a taxa de juros natural. Nota-se que, nessa especificação, a taxa de juros natural é considerada como um parâmetro constante, embutindo a hipótese de que a taxa de juros natural não varia ao longo do tempo, como destacado por Barbosa *et al.* (2016). Mostra-se, assim, interessante analisar os parâmetros que podem afetar a taxa de juros natural, de modo a analisar se essa hipótese de constância é válida ou não.

## 2.2 Taxa de juros natural: Aspectos teóricos

Historicamente, a discussão sobre os movimentos naturais da taxa de juros já se fazia presente em escritos acadêmicos anteriores a Adam Smith. A guisa de exemplo encontram-se os apontamentos de Petty (1699), num contexto inicial da tradição quantitativa da moeda, sugerindo que a “queda natural da taxa de juros se dá pelo efeito do aumento da moeda” (PETTY, 1699, p. 259, *tradução nossa*). Similarmente, Locke (1740) apresenta que a taxa de juros equivaleria ao preço da moeda, tendo um valor natural a depender de sua escassez, com duas formas de se elevar a taxa natural de juros: pela alteração da proporção de moeda em relação às dívidas dos habitantes ou ao volume de comércio do país. Estendendo esse conceito de Locke, Massie (1750) introduz a ideia de um prêmio de risco que diferenciaria as taxas naturais de juros de diferentes mercados e ativos.

Apesar de tais apontamentos iniciais, a literatura acadêmica associa a caracterização da taxa de juros natural a Wicksell (1936). Para o autor, existiria uma certa taxa de juros que seria neutra com relação aos preços das *commodities*, não tendendo a aumentá-la ou diminuí-la (WICKSELL, 1936, p. 102). Essa taxa equivaler-se-ia àquela taxa de equilíbrio entre oferta e demanda por fundos emprestáveis no contexto sem pressões exógenas e se todos os empréstimos fossem efetivamente alocados à formação de bens de capitais. Dessa maneira, poder-se-ia considerar a taxa natural como o valor corrente da taxa de juros aplicada ao capital.

No contexto teórico dos modelos macroeconômicos, todavia, a caracterização e interesse pela taxa de juros natural é enfatizada com a adoção dos Regimes de Metas para Inflação, sobretudo após os anos 1990. Nesse contexto, a estipulação de uma função de reação da política monetária pelos Bancos Centrais, em que a taxa de juros básica é utilizada como principal instrumento de política, a taxa de juros natural da economia ganha maior relevância.

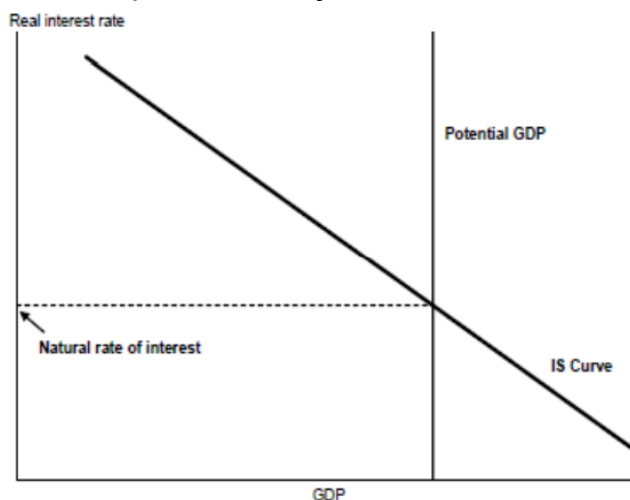
Mésonnier e Renne (2007) apontam que existem duas abordagens complementares para se definir e estimar a taxa de juros natural. Muitos autores consideram a taxa de juros natural como aquela que prevaleceria em uma economia se todos os preços fossem flexíveis. Essa definição é associada com a teoria Novo Keynesiana, em que rigidezes de preços e salários criam um hiato entre o produto e seu valor potencial - e, simultaneamente, entre a taxa de juros e seu valor natural. A taxa de juros natural, assim, seria a taxa de equilíbrio em um cenário de preços isentos de rigidezes. Exemplos de autores que seguem essa definição teórica em suas estimações são Neiss e Nelson (2003), Woodford (2003), Andres *et al.* (2009), Barsky *et al.* (2014), Cúrdia *et al.* (2015) e Goldby *et al.* (2015).

Uma outra abordagem para a taxa de juros natural seria considerá-la como a taxa de juros de curto prazo consistente com a economia operando em seu nível potencial, conforme os choques agregados à

oferta e à demanda fossem dissipados. Essa definição também toma uma perspectiva de longo prazo, uma vez que se esperaria que a taxa de juros natural prevalecesse num futuro próximo em uma economia isenta de flutuações cíclicas, resumindo o comportamento de crescimento de longo prazo. Alguns autores que seguem essa definição são Bonfim (1997), Laubach e Williams (2003, 2016), Elmendorf (2014), International Monetary Fund (2014), Council of Economic Advisers (2015), Perscatori e Turunen (2015), Hamilton *et al.* (2016), Chen e Karp (2017) e Holston *et al.* (2017).

De maneira geral, pode-se considerar a taxa de juros natural como a taxa de juros de curto prazo que converge o nível do produto a seu nível natural gerando, simultaneamente, níveis de preços estáveis. Teoricamente, pode-se considerar a taxa de juros natural conforme apresentado na Figura 02. Assim, poderia ser considerada como uma “âncora” para as políticas monetárias implementadas pelas autoridades, sendo um valor alvo para a determinação da taxa de juros pelos Bancos Centrais como apontado anteriormente.

**Figura 02:** Determinação da taxa de juros natural em um modelo estilizado



Fonte: Laubach e Williams (2016, p. 23).

No caso de economias abertas e pequenas, porém, o papel da taxa de câmbio no processo de decisão do Banco Central é importante. Em modelos como o de Mundell-Fleming e de gerações sobrepostas, por exemplo, chega-se à conclusão que a taxa de juros real de equilíbrio de longo prazo (*i.e.*, a taxa natural) deve ser equivalente à taxa de juros real internacional para tais economias (vide Barbosa *et al.*, 2016). Assim, a hipótese de taxa natural constante, como apresentado anteriormente para a regra de Taylor relativa a uma economia grande, admitida fechada, deve ser alterada para casos como o brasileiro, de uma economia aberta pequena. Isso porque os eventos externos podem afetar a taxa de juros natural, alterando o seu valor. De fato, a alteração no valor da taxa de juros natural brasileira é corroborada pela literatura empírica, como destacado em seção posterior.

### 2.3 Taxa de juros natural: Aspectos empíricos

Cabe ressaltar que, embora de grande importância na condução da política monetária, a taxa de juros natural é uma variável latente, obtida indiretamente a partir de outras variáveis do sistema econômico via estimação macroeconômica. Existem diferentes fatores que podem impactar as diferentes estimações para o nível da taxa de juros natural, como choques tecnológicos e de produtividade, bem como choques de oferta e demanda não antecipados (vide Lundvall e Westermark, 2011; Chen e Karp, 2017; Holson *et al.*, 2017). Tais impactos tornam a estimação da taxa de juros natural um processo não trivial, com uma ampla gama de técnicas de estimação verificadas na literatura, aqui sintetizadas em três grandes grupos: Estimativas de séries temporais univariadas; estimativas a partir de calibragem de modelos de equilíbrio geral dinâmicos e estocásticos (DSGE); estimativas de séries temporais multivariadas.

As estimações a partir de séries temporais univariadas, apesar de relativamente mais simples do que as demais apresentadas, fazem sentido *a priori* se considerado um contexto com taxas de juros relativamente constantes e sem choques inflacionários. Nesse contexto, a tendência de longo prazo da taxa de juros poderia ser considerada uma boa *proxy* para a taxa de juros natural. A estratégia mais comumente utilizada para se encontrar a tendência da série em estimativas univariadas tende a ser a aplicação de técnicas de filtros, sobretudo os do tipo *band-pass* (como os filtros Baxter-King e Christiano-Fitzgerald) e *high-pass* (como os filtros Hodrick-Prescott, HP, e Butterworth). Em geral, as estimativas univariadas são utilizadas na literatura como um *benchmark* para comparação com outras estratégias de estimação da taxa de juros natural.

As estimações via calibragem de modelos DSGE utilizam derivações formais de modelos macroeconômicos microfundamentados. O uso dessa metodologia, porém, requer uma calibragem do modelo de modo a convergir para um equilíbrio, o que requer uma grande compreensão da literatura empírica para aproximar os parâmetros do modelo ao contexto *de facto* da economia. Esse método de estimação da taxa de juros natural é utilizado por autores como Neiss e Nelson (2003) e Smets e Wouters (2003) para países europeus, bem como por Morais (2012), Palma (2012) e Alves e Kfoury (2019) para o caso brasileiro.

Por fim, as estimações da taxa de juros natural por meio de modelos de séries temporais multivariadas tendem a ser amplamente utilizadas na literatura. Nesse grupo podem ser destacados dois conjuntos: os modelos de vetores autorregressivos (VAR) e vetores de correção de erros (VEC), além de suas versões estruturais (SVAR, SVEC), bem como os modelos de estado de espaço.

Os modelos do tipo VAR, SVAR, VEC e SVEC em geral utilizam as suas funções de impulso-resposta para representar análises atóricas entre as variáveis macroeconômicas. No caso dos modelos estruturais, (SVAR, SVEC), são apontadas restrições com base na teoria econômica. Essas restrições nesses casos, por mais que alguns autores critiquem a prevalência de uma base atórica para tais modelos (vide Juselius, 2006), permitem uma análise causal para as relações de impulso-resposta mais consonante com a teoria. Exemplo de pesquisas que incluem essa metodologia na estimação da taxa de juros natural são Brzoza-Brzezina (2003), Borges e Silva (2006) e Santos (2011) - os dois últimos para o caso brasileiro.

No que toca à metodologia de estado de espaço, há a descrição de um sistema econômico a partir de um conjunto de variáveis de *input*, *output* e de estado, relacionadas por meio de equações de diferenças. A máxima verossimilhança pode ser utilizada, dessa maneira, para estimar os parâmetros do modelo. No caso de um modelo estacionário, um método para predizer recursivamente os valores correntes para as variáveis endógenas e de estado, como o filtro ou algoritmo de Kalman (1960), pode ser utilizado para se obter a forma de predição do erro da função de probabilidade logaritimizada. Caso o modelo seja, todavia, não estacionário, um filtro de Kalman difuso poderia ainda ser utilizado. O modelo proposto por Laubach e Williams (2003), comumente replicado e adaptado na literatura, segue essa metodologia, como verificado por exemplo em Mésonnier e Renne (2007), Holston *et al.* (2017), Chen e Karp (2017). Para o caso brasileiro, a estimação da taxa natural de juros tende a seguir esse tipo de metodologia, como verificado em Barcellos Neto e Portugal (2009), Duarte (2010), Santos (2011), Umezú (2011), Ferreira (2013), Gotlieb (2013), Ribeiro e Teles (2013), Andrade (2014), Perelli e Roache (2014), Barbosa *et al.* (2016), Silva e Araújo (2016) e Teixeira *et al.* (2017).

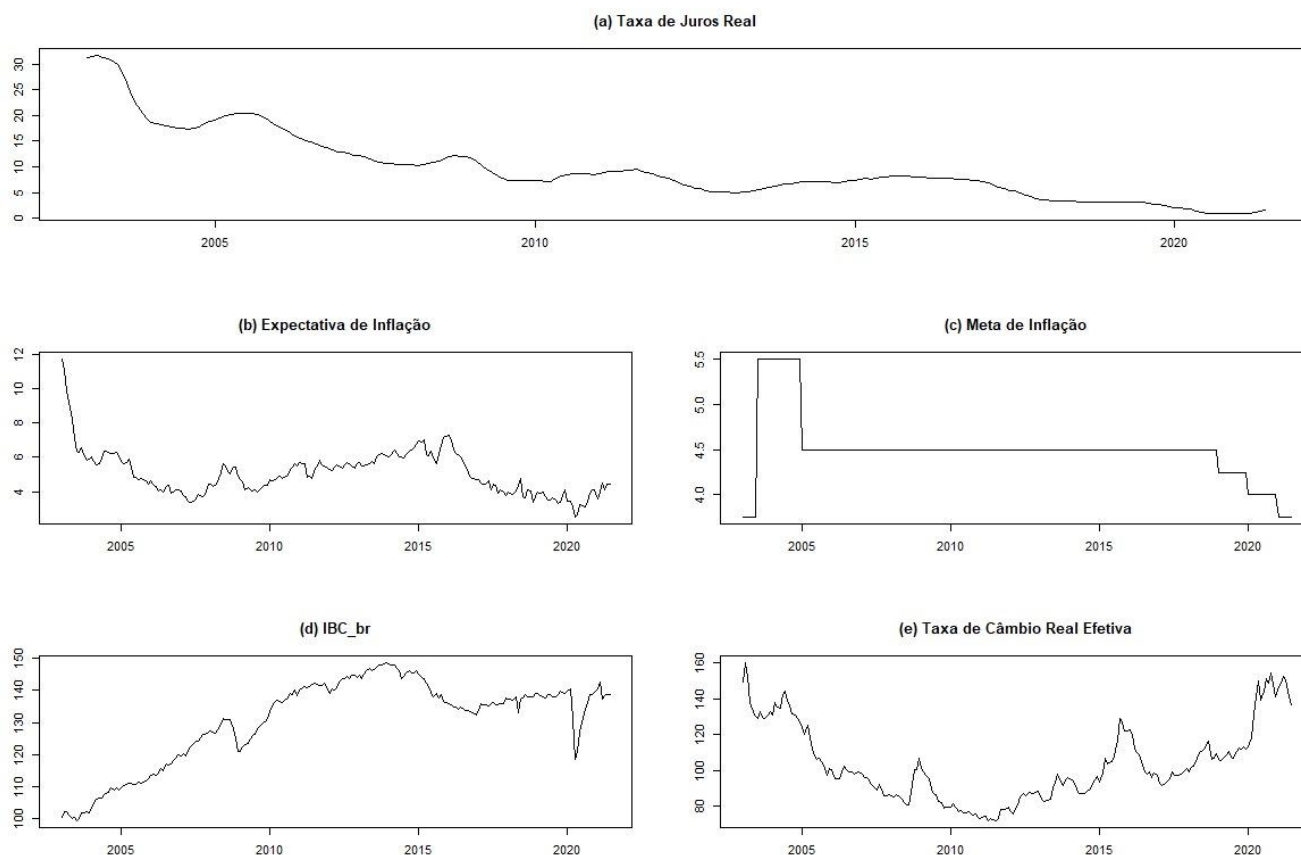
### 3. Materiais e métodos

#### 3.1 Dados

Quanto aos dados selecionados para a economia brasileira, buscou-se aqueles com periodicidade mensal, possibilitando mais observações. As séries para a taxa de juros SELIC, metas para a inflação, taxa de câmbio real efetiva e o índice IBC-BR (*proxy* mensal para o produto) foram obtidas do Sistema Gerenciador de Séries Temporais do Banco Central do Brasil (BCB, 2022). Por fim, a série das

expectativas de inflação foi obtida do IPEADATA (2022). Desta forma, os dados, apresentados na Figura 03, foram analisados de janeiro de 2003 a junho de 2021<sup>3</sup>.

**Figura 03:** Dados selecionados para a economia brasileira



Fonte: Elaboração própria a partir de BCB (2022) e IPEADATA (2022).

Desta forma, as variáveis utilizadas nas estimações (detalhadas em subseção posterior) foram: taxa de juros real (a); surpresa inflacionária (b - c); hiato do produto (d - tendência extraída pelo filtro HP); e *gap* da taxa de câmbio (e - tendência extraída pelo filtro HP). Para verificar o comportamento das variáveis construídas, utilizou-se o protocolo de Pfaff (2008), de modo a testar a estacionariedade, cujo resultado é apresentado na Tabela 01.

**Tabela 01:** Resultados do Protocolo de Pfaff (2008)

	Processo Gerador
Taxa de juros real	Estacionário ao Redor de uma Tendência Linear
Surpresa Inflacionária	Estacionário ao Redor de uma Tendência Linear
Gap do Câmbio	Estacionário ao Redor de uma Tendência Linear
Hiato do Produto	Estacionário ao Redor de uma Tendência Linear

Fonte: Elaboração própria.

Evidencia-se, assim, que as variáveis são estacionárias ao redor de uma tendência linear, não necessitando de outros tipos de transformações para as estimações, cujas especificações serão apresentadas na próxima subseção.

<sup>3</sup> Cabe apontar que o processo de coleta e tratamento dos dados, bem como estimação dos modelos nessa pesquisa, foram realizados por meio do *software* R.

### 3.2 Especificação econométrica

A fim de cumprir com os objetivos propostos na pesquisa, buscou-se estimar a função de reação da autoridade monetária brasileira, em uma versão da equação (3), apresentada na seção anterior. A especificação econométrica a ser estimada pelo método da regressão quantílica se encontra sintetizada na equação (4).

$$r_t = r^* + \phi_\pi(\pi_t^e - \pi_t^*) + \phi_y \tilde{y}_t + \phi_E \tilde{E}_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

Considerou-se a taxa de juros real (medida por  $r$ ) como variável dependente. Isto porque, o nível real possibilita a supressão da medida de inflação no conjunto de variáveis explicativas do modelo, evitando uma possível endogeneidade. Quanto às variáveis independentes, essas correspondem às medidas para os três componentes explicativos da regra, a saber: surpresa inflacionária ( $\pi_t^e - \pi_t^*$ ); hiato do produto ( $\tilde{y}$ ) e *gap* da taxa de câmbio ( $\tilde{E}$ ).

O método da regressão quantílica, primeiramente apresentado por Koenker e Bassett (1978), apresenta uma função de perda voltada a minimizar os resíduos absolutos ponderados assimetricamente, capaz de caracterizar os impactos heterogêneos de uma maneira direta. Isto torna possível investigar as respostas da variável dependente às variáveis explicativas em diferentes pontos da distribuição daquela.

Posteriormente, foi realizada uma estimação pelo método VAR, seguindo a especificação sintetizada pela equação (5). Realizou-se este exercício empírico de modo a verificar, sobretudo, as ferramentas do modelo (impulso-resposta e decomposição da variância da taxa de juros real).

$$r_t = \phi_\pi \pi_t^e + \phi_y \tilde{y}_t + \phi_E \tilde{E}_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

Conforme a proposta de Sims (1980), a metodologia considera todas as variáveis selecionadas como endógenas, conforme a equação (6). Nessa, os choques  $\varepsilon_t$  são denominados choques estruturais, uma vez que afetam individualmente as variáveis endógenas, sendo independentes uma vez que as interrelações entre os choques são captadas de maneira indireta pela matriz  $A$ . Dessa maneira, a independência dos choques se dá sem a perda de generalidade. Cabe destacar que, por conta da endogeneidade das variáveis, o modelo VAR é estimado em sua forma reduzida, como apresenta a equação (7).

$$AX_t = B_0 + \sum_{i=1}^p B_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (6)$$

$$\begin{aligned} X_t &= A^{-1}B_0 + A^{-1}B_1 X_{t-1} + A^{-1}\varepsilon_t \\ \implies X_t &= \phi_0 + \phi_1 X_{t-1} + e_t \end{aligned} \quad (7)$$

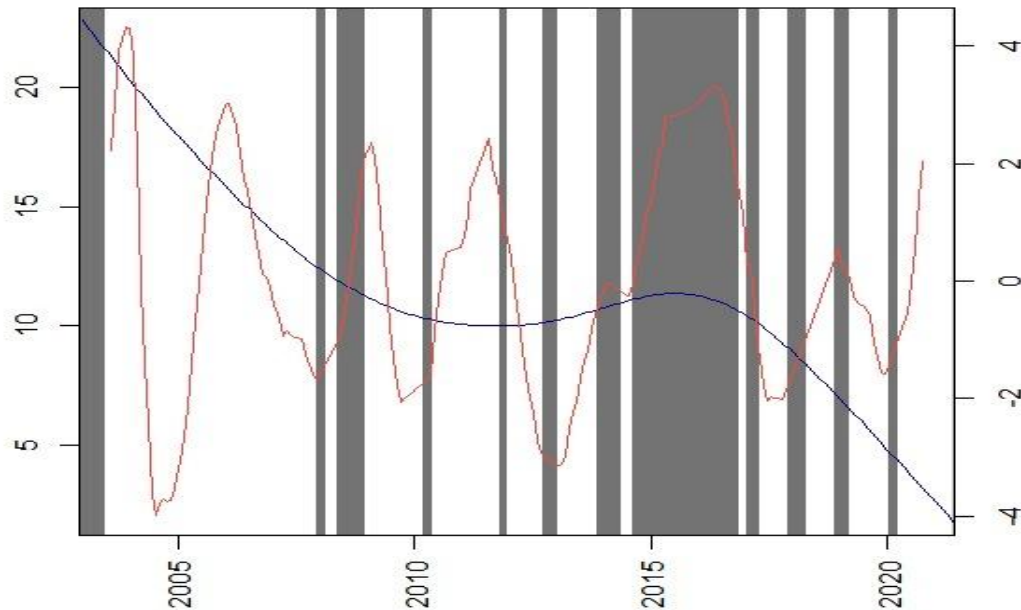
Apresentadas as diferentes especificações a serem estimadas pelos diferentes métodos, na próxima seção os resultados serão analisados.

## 4. Análise dos Resultados

Como apresentado na subseção 2.3, as estimativas univariadas, embora relativamente mais simples, são utilizadas como ponto de partida para a comparação com outras estratégias de estimação. Neste contexto, a partir do procedimento de suavização proposto pelo filtro Hodrick-Prescott, a tendência da variável taxa de juros real pode ser avaliada como uma *proxy* para a taxa de juros natural. Além disso, para melhor se captar o comportamento cíclico da série e sua relação com a tendência de longo prazo, foi-se delimitado os períodos de recessão a partir da análise do ciclo econômico da série do IBC-BR<sup>4</sup>. Estes, em conjunto com o que pode ser interpretado como o *gap* da taxa de juros real, são apresentados na Figura 04.

<sup>4</sup> Para se realizar o processo de identificação dos ciclos e sua classificação, utilizou-se o pacote “BCDating” do *software* R conforme o algoritmo de Harding e Pagan (2002). Vale ressaltar que tal classificação se mostra a mesma encontrada na Cronologia de Ciclos de Negócios Brasileiros elaborada pelo Comitê de Datação de Ciclos Econômicos (CODACE) da Fundação Getúlio Vargas (FGV/IBRE).



**Figura 04:** Períodos de recessão, hiato da taxa de juros e tendência do juros real

Nota: O eixo à esquerda se refere à tendência do juros real (em azul); ao passo que aquele à direita se refere ao *gap* (em vermelho).

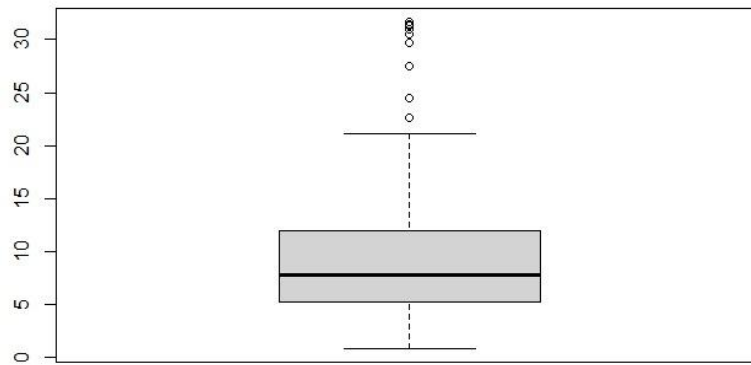
Fonte: Elaboração própria a partir de BCB (2022).

É interessante notar o comportamento da taxa de juros real durante os momentos do ciclo econômico. Nota-se que a taxa de juros real da economia brasileira apresenta uma tendência de longo prazo marcada por três momentos distintos após 2003. Tal fato está em linha com a literatura empírica. Até aproximadamente 2009, as estimativas para a taxa de juros natural evidenciam um declínio acentuado (vide Barcellos Neto e Portugal, 2009; BCB, 2010; Duarte, 2010; Goldfajn e Bicalho, 2011; Machado e Portugal, 2014; Magud e Tsounta, 2012; Ribeiro e Teles, 2013; Santos, 2011; Umezú, 2011).

Após 2009, porém, nota-se uma reversão na trajetória da taxa de juros natural do Brasil, com estimativas apontando uma estagnação da queda e outras um novo aumento na taxa de juros natural (vide Andrade, 2014; Barbosa *et al.*, 2016; Ferreira, 2013; Goldfajn e Bicalho, 2011; Gotlieb, 2013; Moraes, 2012; Palma, 2012; Perelli e Roache, 2014; Ronchi Neto e Candido, 2017; Santos, 2011; Silva e Araújo, 2016; Teixeira *et al.*, 2017; Umezú, 2011). Por fim, nota-se uma nova reversão na taxa de juros natural após 2016, caracterizado por uma queda acentuada acompanhando a queda nos níveis da taxa de juros nominal (vide Moreira, 2019; Alves e Kfoury, 2019; Silva, 2020; Alves, 2021).

Um ponto que vale ser destacado é que o comportamento da autoridade monetária durante o período parece não ser uniforme, seja nas fases de expansão ou de recessão. A definição da taxa de juros por parte do Banco Central, assim, parece não ser homogênea durante o período como um todo. Essa consideração é corroborada ao se analisar o *box-plot* da série para a taxa de juros real brasileira, como apresentado na Figura 05, em que se nota *outliers* na amostra<sup>5</sup>. Dessa maneira, possivelmente as estimações que levam em consideração dados heterogêneos para a função de reação parecem ser mais adequadas.

<sup>5</sup> A análise *box-plot* é útil para descobrir se há *outliers* no conjunto de dados (valores que aparecem fora dos limites inferior e superior). Dessa maneira, como apresentam Barros *et al.* (2020), o gráfico tem um formato de caixa cuja largura é representada pelos 1º e 3º quartis. Assim, 50% das observações estão concentradas dentro da caixa e os limites inferior e superior são representados por linhas fora desta.

**Figura 05:** *Box-Plot* da taxa de juros real

Fonte: Elaboração própria a partir de BCB (2022) e IPEADATA (2022).

Uma vez que a estimação por meio da regressão quantílica não é sensível a dados heterogêneos, corrobora a hipótese anterior de que há um comportamento não linear da taxa de juros real, como apresentam os resultados da estimação na Tabela 02.

**Tabela 02:** Resultados da estimação do Modelo de Regressão Quantílica

Quantil	Intercepto	Surpresa Inflacionária	Hiato do Produto	Gap do Câmbio
0.10	(2.95892)***	(2.47856)***	(-0.30303)***	(-0.13776)***
0.15	(3.26196)***	(2.38123)***	(-0.28692)***	(-0.1361)***
0.20	(3.47019)***	(2.32796)***	(-0.27410)***	(-0.13080)***
0.25	(3.94253)***	(2.13491)***	(-0.25067)***	(-0.11234)***
0.30	(4.06961)***	(2.15545)***	(-0.27816)***	(-0.11496)***
0.35	(4.32804)***	(2.12036)***	(-0.31390)***	(-0.11893)***
0.40	(4.62394)***	(2.12289)***	(-0.31665)***	(-0.09458)**
0.45	(5.06517)***	(2.03416)***	(-0.32301)**	-0.07537
0.50	(5.85760)***	(2.37032)*	(-0.52174)**	-0.10040
0.55	(6.50133)***	(2.39539)*	(-0.53393)*	-0.12384
0.60	(6.87812)***	2.60018	(-0.61910)*	-0.14824
0.65	(7.62817)***	(3.08849)*	-0.49325	-0.04497
0.70	(10.53264)***	(2.79417)*	-0.40550	-0.17225
0.75	(13.30130)***	(3.26575)***	-0.90996	-0.28945
0.80	(14.81243)***	(3.10700)***	(-1.19891)**	-0.11384
0.85	(16.19349)***	(2.99895)***	(-1.42316)***	0.01604
0.90	(16.76019)***	(2.94084)***	(-1.38521)***	-0.01077
0.95	(17.80860)***	(3.34754)***	(-1.68803)***	-0.02679

Nota: \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

Fonte: Elaboração própria.

Nota-se que há uma significância distinta ao longo dos quantis para as variáveis explicativas. Com relação ao termo de surpresa inflacionária, esperar-se-ia que essa fosse a principal variável explicativa a influenciar a definição da taxa de juros real pela variável dependente. O modelo corrobora essa expectativa teórica, evidenciando uma significância na maior parte dos quantis analisados. Dessa maneira, expectativas inflacionárias acima da meta acarretam em elevações na taxa de juros real pela autoridade monetária. Ou seja, considerando-se as observações dos períodos no conjunto de dados com menores valores para a taxa de juros (abaixo do quantil 0,45), e aqueles nos valores mais elevados da distribuição (acima do quantil 0,75), a surpresa inflacionária se mostra significativa a 1% para explicar a definição da taxa de juros real.

Cabe destacar que o intercepto corresponderia a uma *proxy* de uma estimação multivariada para a taxa de juros natural. Isto porque, ele representa a média da variável dependente quando as independentes são iguais a zero. Ou seja, se não existir surpresa inflacionária, com o produto no seu nível potencial e a taxa de câmbio em seu nível de equilíbrio de longo prazo, a taxa de juros real seria aquela correspondente à natural (como apresentam Laubach e Williams, 2003, por exemplo).

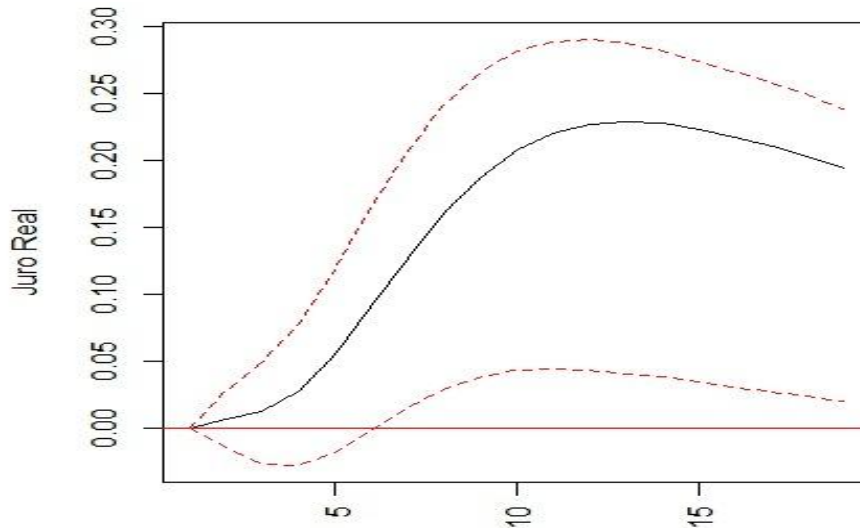
Vale ressaltar, porém, que a taxa de juros natural é estimada de acordo com os quantis da distribuição da taxa de juros real, e não como uma série temporal. Observou-se, assim, que o intercepto da estimação é significativo para todos os quantis da variável dependente. Esse resultado está em linha com a proposta teórica de que a taxa de juros natural é adotada como um nível “base” para a taxa de juros real. Nota-se também que o intercepto não se mostra constante; mas sim aparenta ser positivamente relacionado com a taxa de juros real. Esse resultado corrobora a consideração de Barbosa *et al.* (2016) de que, para economias abertas pequenas como o caso brasileiro, a taxa de juros natural não deve ser considerada constante no processo de estimação da função de reação da autoridade monetária.

Quanto ao hiato do produto, esse se mostrou significativo sobretudo nos extremos da distribuição, ou seja, nos quantis menores (até o quantil 0,50) e nos maiores (acima do quantil 0,80). O *gap* do câmbio, por sua vez, mostrou-se significativo somente para os quantis abaixo de 0,40. Porém, apesar da significância estatística, os valores mostraram-se contraditórios ao esperado pela teoria. Seria esperado que, em face a um hiato do produto positivo, por exemplo, a resposta por parte da autoridade monetária acarretaria em uma elevação na taxa de juros (ou seja, valores positivos para o parâmetro), de modo a reduzir a pressão inflacionária. Situação similar esperar-se-ia do *gap* do câmbio; valores acima do da taxa de câmbio de equilíbrio de longo prazo acarretariam em pressão inflacionária sobre os componentes da demanda agregada, motivando uma ação contracíclica por parte do Banco Central.

Algumas considerações podem ser levantadas. A primeira se refere ao próprio desenho da política monetária. O Banco Central, no contexto do RMI, levaria em consideração em sua função de reação sobretudo o impacto advindo da surpresa inflacionária, considerando as demais variáveis macroeconômicas indiretamente, sobretudo pela pressão dessas sobre os níveis de preços. Assim, seria de se esperar que os valores dos parâmetros fossem mais próximos a zero relativamente ao valor da surpresa inflacionária (o que é verificável, apesar do sinal contrário ao esperado). Segundo, deve-se considerar o tempo que transcorre para que a pressão inflacionária, advinda de um hiato do produto ou de um *gap* do câmbio positivo, materialize-se efetivamente. Ao se considerar na especificação da regra de Taylor de defasagens para as variáveis explicativas, os resultados poderiam se aproximar ao esperado pela teoria.

Encontrar a defasagem significativa não é simples, todavia, dado que o tempo de resposta não necessariamente é o mesmo nos diferentes ciclos econômicos. Desta forma, levando-se em consideração dados heterogêneos a partir do uso de variáveis *dummies* na estimação do modelo VAR, buscou-se identificar a possibilidade da explicação do sinal contrário ao esperado para o hiato do produto no método da quantílica. Assim, na Figura 06 é apresentada a resposta da taxa de juros real em face a um choque no hiato do produto.

**Figura 06:** Resposta da taxa de juros real a um choque no hiato do produto no modelo VAR

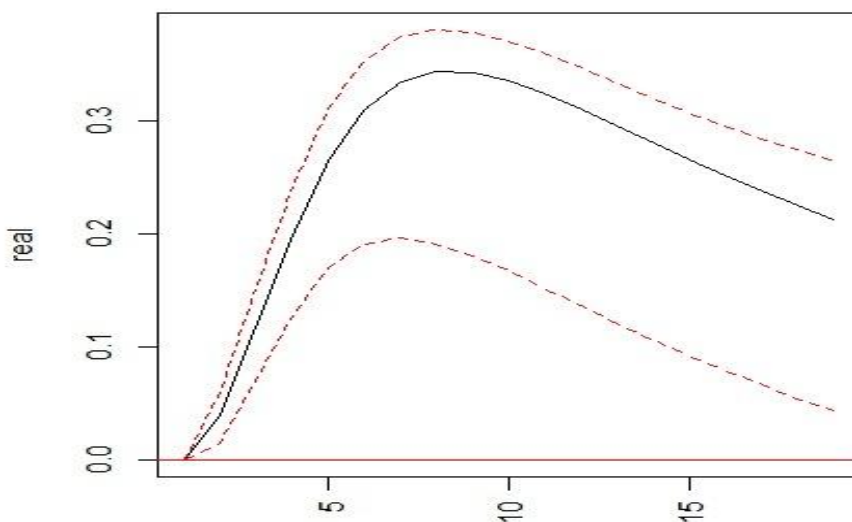


Fonte: Elaboração própria.

Vê-se que a resposta da taxa de juros real não é significativa nos primeiros meses após o choque positivo no hiato do produto. Além disso, o limite inferior do intervalo de confiança considera a possibilidade de valores negativos. Ou seja, a resposta positiva à esperada pela teoria apresenta defasagem de ao menos 06 meses.

Por outro lado, ao se analisar a resposta da taxa de juros real a um choque positivo na surpresa inflacionária, como destaca a Figura 07, nota-se significância em todos os períodos analisados, bem como valores positivos para a resposta que perduram por mais de 18 meses após o choque. Esse resultado se encontra de acordo com o esperado pela teoria, seguindo também o encontrado no método de estimação quantílica.

**Figura 07:** Resposta da taxa de juros real a um choque na surpresa inflacionária no modelo VAR



Fonte: Elaboração própria.

Porém, pela Tabela 03 percebe-se que a surpresa inflacionária também possui certa defasagem para explicar a variação da taxa de juros real. Isto porque, ao analisar a decomposição da variância desta, nota-se que aquela passa a explicá-la a partir do segundo mês, alcançando mais de 40% a partir do sétimo mês. Esse resultado pode ser um indicativo de que o Banco Central realiza uma suavização em sua definição da taxa de juros.

**Tabela 03:** Decomposição da variância da taxa de juros real no modelo VAR

Período	Taxa de Juros Real	Surpresa Inflacionária	Gap do Câmbio	Hiato do Produto
1	1	0	0	0
2	0,980237	0,018348	0,000874	0,000541
3	0,907764	0,086791	0,004267	0,001178
4	0,803528	0,186274	0,006844	0,003354
5	0,699738	0,284206	0,006873	0,009182
6	0,611131	0,36335	0,005434	0,020085
7	0,539582	0,420354	0,004218	0,035846
8	0,482587	0,458088	0,004362	0,054963
9	0,437077	0,481096	0,006317	0,07551
10	0,400461	0,493675	0,010057	0,095807
11	0,370735	0,49925	0,015307	0,114708
12	0,346376	0,500322	0,021703	0,1316
13	0,326233	0,498612	0,028881	0,146274
14	0,309428	0,495268	0,036519	0,158784
15	0,295293	0,491036	0,04435	0,16932
16	0,283312	0,486394	0,052164	0,17813
17	0,273086	0,481641	0,059803	0,18547
18	0,264305	0,476963	0,067155	0,191578

Fonte: Elaboração própria.

O percentual na explicação da variância dos juros por parte do hiato do produto cresce a médio e longo prazo, sobretudo a partir do nono mês. Esse pode ser um indicativo do efeito indireto sobre a inflação e, assim, sobre a condução da política monetária. Por fim, vale o destaque sobre a baixa representatividade do *gap* do câmbio na explicação da variação da taxa de juros real.

## 5. Considerações Finais

O trabalho teve como objetivo estimar a função de reação do BCB após a implementação do RMI por meio de um método não-linear, de modo a analisar, ao longo dos diferentes quantis da taxa de juros básica, qual a contribuição e o comportamento da taxa de juros natural e das variáveis macroeconômicas explicativas. Para tanto, a regra de Taylor foi estimada considerando o contexto para uma pequena economia aberta por meio de dois métodos distintos: um modelo de regressão quantílica e um modelo VAR.

O modelo de regressão quantílica apresenta que a análise pelo quantil médio (0,50), como verificado em métodos de estimação linear, pode trazer resultados pouco significativos para a surpresa inflacionária na definição da taxa de juros - situação similar também ao verificado para o hiato do produto e o *gap* da taxa de câmbio. Esse resultado pode denotar um equívoco advindo da especificação

econométrica, com um resultado que não capta o nível de significância para toda a distribuição da taxa de juros real.

Nota-se que, durante todos os quantis da variável dependente (*i.e.*, a taxa de juros definida pelo BCB), a taxa de juros natural se mostrou significativa. Esse resultado corrobora a premissa teórica de que o nível natural corresponderia a uma base para a definição pela autoridade monetária da taxa de juros básica. Ainda, a taxa de juros básica acompanhou a taxa de juros natural ao longo do período do RMI, resultado captado pela relação positiva entre os coeficientes estimados para a taxa de juros natural ao longo dos distintos quantis da taxa de juros básica.

Quanto à surpresa inflacionária, essa se mostra significativa para a maior parte dos quantis inferiores e superiores, apresentando, porém, menor significância nos quantis médios da distribuição da variável dependente. Os valores para o coeficiente da surpresa, também, mostram-se positivos ao longo de todos os quantis. Tal resultado está de acordo com o esperado pela teoria e o *design* do RMI; ou seja, em face a um choque inflacionário, a taxa básica de juros definida pelo BCB tende a se elevar.

Ainda na regressão quantílica, vale apontar que os coeficientes estimados para o hiato do produto e para o *gap* da taxa de câmbio, porém, têm significância distinta ao longo dos quantis da variável dependente. Ademais, nota-se resultados contrários ao esperado pela teoria, apesar de muito próximo a zero. Esse resultado corrobora que, na determinação da taxa de juros durante o período do RMI, o controle inflacionário de fato foi o principal objetivo da política monetária. Os resultados do modelo VAR, além de corroborar os resultados encontrados para a surpresa inflacionária anteriormente apresentados, contribui para explicar os resultados dúbios para os coeficientes do hiato do produto. Nota-se que há uma defasagem para que a resposta da taxa de juros seja significativa em face a um choque positivo no hiato do produto, contando inclusive com valores negativos para os primeiros seis meses.

Por fim, também, os resultados do modelo de regressão quantílica aparentam ser mais voláteis nos quantis mais elevados da distribuição da taxa de juros real. Ou seja, em períodos com taxas de juros reais mais elevadas há uma faixa de significância maior *vis-à-vis* os períodos com taxas de juros reais mais baixas. Uma vez que os quantis mais elevados da taxa de juros se associam sobretudo ao período inicial da série (vide a descrição da série na Figura 03), este resultado pode ser um indicativo da maturação do processo de condução de política monetária pelo BCB. Ou seja, à medida que a condução da política monetária pelo BCB se mostrou eficaz no processo de ancoragem das expectativas dos agentes, a volatilidade também se reduziu durante o RMI.

## Referências:

ALVES, Renan. Measuring and identifying the natural rate of interest drivers in an Emerging Economy: a DSGE perspective for Brazil. **Anais: XXCVII Jornadas Anuales de Economía**. 2021. Disponível em: <<https://jornadasanualesdeeconomia.bcu.gub.uy/jade/PublicTempStorage/1567193.pdf>>. Acesso em: Julho de 2022.

ALVES, R.; KFOURY, M. Medindo a taxa de juros de Equilíbrio para o Brasil numa abordagem DSGE. **Textos de Discussão: EESP/FGV**, 2019. Disponível em: <<https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/dsgejurosdeequilibriobrasil.pdf>>. Acesso em: Julho de 2022.

ANDRADE, L. P. H. **Uma estimação da taxa neutra de juros via curva IS para a economia brasileira**. Monografia (Insper). São Paulo, 2014.

ANDRÉS, J.; LÓPEZ-SALIDO, J. D.; NELSON, E. Money and the natural rate of interest: Structural estimates for the United States and the euro area. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 33, 758–776, 2009.

BARBOSA, F. H.; CAMÊLO, F. D.; JOÃO, I. C. A Taxa de Juros Natural e a Regra de Taylor no Brasil: 2003-2015. **Revista Brasileira de Economia**, v. 70, n. 4, p. 399-417, 2016.

BARCELLOS NETO, P. C. F.; PORTUGAL, M. S. The natural rate of interest in Brazil between 1999 and 2005. **Revista Brasileira de Economia**, v. 63, n. 2, p. 103-118, 2009.

BARROS, A. C. (org.). **Análise de séries temporais em R: um curso introdutório**. São Paulo: GEN | Grupo Editorial Nacional, Ed. Atlas Ltda, FGV IBRE, 2020.

BARSKY, R.; JUSTINIANO, A.; MELOSI, L. The natural rate of interest and its usefulness for monetary policy. **The American Economic Review**, v. 104, n. 5, p. 37-43, 2014.

BCB - Banco Central do Brasil. **Relatório de Inflação: Junho de 1999**. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/htms/relinf/port/1999/06/ri199906b4p.pdf>>.

\_\_\_\_\_. **Equilibrium Real Interest Rate. Brazilian Central Bank: Inflation Report**, Setembro, 2010. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/htms/relinf/ing/2010/09/ri201009b6i.pdf>>.

\_\_\_\_\_. **Sistema Gerenciador de Séries Temporais**. 2022. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/srgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>>. Acesso em: Julho de 2022.

BOMFIM, A. N. The equilibrium FED funds rate and the indicator properties of term-structure spreads. **Economic Inquiry**, v. 35, n. 4, p. 830-846, 1997.

BORGES, B. L.; SILVA, M. B. Estimando a taxa de juros natural para o Brasil: uma aplicação da metodologia VAR estrutural. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 36, n. 1, p. 87-114, 2006.

BRZOZA-BRZEZINA, M. Estimating the natural rate of interest: a SVAR approach. **National Bank of Poland**, 2006.

CHEN, K.; KARP, N. Natural interest rate: uncertainties and policy implications. **BBVA working paper**, 2017.

COUNCIL OF ECONOMIC ADVISORS. **Long-term interest rates: A survey**. July, 2015. Disponível em: <[https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/interest\\_rate\\_report\\_final.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/interest_rate_report_final.pdf)>.

CONSTÂNCIO, V. The challenge of low real interest rate for monetary policy. **Macroeconomic Symposium at Utrecht School of Economics**, June 15. 2016.

CÚRDIA, V.; FERRERO, A.; NG, G. C.; TAMBALOTTI, A. Has U.S. Monetary Policy Tracked the Efficient Interest Rate? **Journal of Monetary Economics**, v. 70, p. 72-83, 2015.

DUARTE, J. Measuring the natural interest rate in Brazil. **Institute of Brazilian Business and Public Management Issues (IBI)**, 2010.

ELMENDORF, D. W. **The 2014 Long-Term Budget Outlook**. 2014.

FERREIRA, F. H. **Estimativas para a taxa de juros neutral no Brasil**. Escola de Economia de São Paulo: Dissertação (Mestrado), 2013.

FUJIWARA, S.; IWASAKI, Y.; MUTO, I.; NISHIZAKI, K.; SUDO, N. Developments in the natural rate of interest of Japan. **Bank of Japan Review**. October, 2016.

GALÍ, J. **Monetary policy, inflation, and the business cycle: an introduction to the new Keynesian framework and its applications**. Princeton University Press, 2008.

GOLDBY, M.; LAUREYS, L.; REINOLD, K. An estimate of the UK's natural rate of interest. **Bank Underground (Bank of England blog)**, 2015. Disponível em: <<https://bankunderground.co.uk/2015/08/11/an-estimate-of-the-uks-natural-rate-of-interest/>>.

GOLDFAJN, I.; BICALHO, A. A longa travessia para a normalidade: Os juros reais no Brasil. **Texto para Discussão No 02/2011. Departamento de Pesquisa Macroeconômica-Itaú Unibanco**. Disponível

em:

<<https://www.itau.com.br/itaubba-pt/analises-economicas/publicacoes/textos-para-discussao/a-longa-travessia-para-a-normalidade-os-juros-reais-no-brasil>, 2011>.

GOTTLIEB, J. W. F. **Estimativas e determinantes da taxa de juros real neutra no Brasil**. 2013. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

HAMILTON, J. D.; HARRIS, E. S.; HATZIUS, J.; WEST, K. D. The equilibrium real funds rate: Past, present, and future. **IMF Economic Review**, v. 64, n. 4, p. 660-707, 2016.

HARDING, Don; PAGAN, Adrian. Dissecting the cycle: a methodological investigation. **Journal of monetary economics**, v. 49, n. 2, p. 365-381, 2002.

HOLSTON, K.; LAUBACH, T.; WILLIAMS, J. C. Measuring the natural rate of interest: International trends and determinants. **Journal of International Economics**, v. 108, p. S59-S75, 2017.

IMF (International Monetary Fund). **World Economic Outlook: April 2014**, 2014.

IPEADATA. **Base de Dados do IPEADATA**. 2022. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: Julho de 2022.

JOHANNSEN, B. K.; MERTENS, E. A time series model of interest rates with the effective lower bound. **Finance and Economics Discussion Series**. Board of Governors of the Federal Reserve System, Washington, 2016.

JUSELIUS, K. **The cointegrated VAR model: methodology and applications**. Oxford university press, 2006.

JUSELIUS, M.; BORIO, C.E..V; DISYATAT, P.; DREHMANN, M. Monetary policy, the financial cycle and ultralow interest rates. **Bank for International Settlements Working Paper**, n 569, July, 2016.

KALMAN, R. E.. A new approach to linear filtering and prediction problems. **Journal of basic Engineering**, v. 82, n. 1, p. 35-45, 1960.

KILEY, M. T. What can the data tell us about the equilibrium real interest rate? **Finance and Economics Discussion Series 2015-077**, Board of Governors of the Federal Reserve, Washington, 2015.

KOENKER, Roger; BASSETT JR, Gilbert. Regression quantiles. **Econometrica: journal of the Econometric Society**, p. 33-50, 1978.

LAUBACH, Thomas; WILLIAMS, John C. Measuring the natural rate of interest. **Review of Economics and Statistics**, v. 85, n. 4, p. 1063-1070, 2003.

\_\_\_\_\_. Measuring the natural rate of interest redux. **Business Economics**, v. 51, n. 2, p. 57-67, 2016.

LOCKE, J. **Second Treatise of Government: An Essay Concerning the True Original, Extent and End of Civil Government**. 1740.

LUBIK, T. A.; MATTHES, C. Calculating the natural rate of interest: A comparison of two alternative approaches. **Federal Reserve Bank of Richmond Economic Brief**, Oct, p. 1-6, 2015.

LUNDEVALL, H.; WESTERMARK, A. What is the natural interest rate? **Sveriges riksbank economic review**, p. 2, 2011.

MACHADO, V. G.; PORTUGAL, M. S. Phillips curve in Brazil: an unobserved components approach. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 44, n. 4, p. 787-814, 2014.



- MAGUD, N. E.; TSOUNTA, E. To cut or not to cut? That is the (central bank's) question in search of the neutral interest rate in Latin America. **IMF Working Paper**, n. 12/243, 2012.
- MASSIE, J. **An Essay on the Governing Causes of the Natural Rate of Interest**. 1750.
- MENDES, R. R. The Neutral Rate of Interest in Canada. **Bank of Canada Discussion Paper**, September, 2014.
- MÉSONNIER, J. S.; RENNE, J. P. A time-varying “natural” rate of interest for the euro area. **European Economic Review**, v. 51, 1768-1784, 2007.
- MIRANDA, P.; MUINHOS, M. **A Taxa de Juros de Equilíbrio: uma Abordagem Múltipla**. Banco Central do Brasil, Departamento de Pesquisa, 2003.
- MORAIS, D. I. **Estimando a taxa de juros real neutra brasileira via modelo DSGE**. FGV/EPGE: Tese de Doutorado, 2012.
- MOREIRA, J. R. R. **Estimativas para a taxa natural de juros no Brasil após a adoção do regime de metas de inflação**. Dissertação (Mestrado): Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2019.
- MUINHOS, M. K.; NAKANE, M. Comparing equilibrium real interest rates: different approaches to measure Brazilian rates. **Banco Central do Brasil, Discussion paper**, v. 101, 2006.
- NEISS, K. S.; NELSON E. The real interest-rate gap as an inflation indicator. **Macroeconomic Dynamics**, v. 7, 239–262, 2003.
- PALMA, A. A. **Ensaio sobre política monetária no Brasil: preferências do Banco Central e taxa natural de juros**. UFRGS: Tese de Doutorado, 2012.
- PERRELLI, R.; ROACHE, S. K. Time-Varying Neutral Interest Rate—The Case of Brazil. **IMF Working Paper**, n. 14/84, 2014.
- PESCATORI, A.; TURUNEN, J. Lower for Longer; Neutral Rates in the United States. **International Monetary Fund**, 2015.
- PETTY, W. **Several essays in political arithmetick**. 1699.
- PFAFF, B. Analysis of integrated and cointegrated time series with R. **Springer Science & Business Media**, 2008.
- RIBEIRO, A.; TELES, V. K. Taxa Natural de Juros no Brasil. **Economia**, v. 14, n. 1c, 2013.
- RONCHI NETO, A.; CANDIDO, O. Measuring the neutral real interest rate in Brazil: A joint estimation with potential output, NAIRU and NAICU. **45º Encontro Anual da ANPEC**, 2017.
- SANTOS, F. S. Potential Output and Equilibrium Interest Rate in Brazil. **39º Encontro Anual da ANPEC**, 2011.
- SILVA, F. B. **Três ensaios em macroeconomia: incerteza fiscal, crédito direcionado e taxa de juros natural numa economia aberta pequena**. Tese (Doutorado): Fundação Getúlio Vargas, Escola Brasileira de Economia e Finanças, 2020.
- SILVA, C. G.; ARAÚJO, R. C. Brazil: monetary policy and the neutral interest rate. **Journal of Economic Studies**, v. 43, n. 6, p. 966-979, 2016.
- SIMS, C. A. Macroeconomics and reality. **Econometrica**, v. 48, n. 1, 1980.

SMETS, F.; WOUTERS, R. An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area. **Journal of the European Economic Association**, v. 1, n. 5, p. 1123-1175, 2003.

TAYLOR, John B. Discretion versus policy rules in practice. In: **Carnegie-Rochester conference series on public policy**. North-Holland, 1993. p. 195-214.

TEIXEIRA, N.; COUTINHO, P.; FERRÃO, I.; FONSECA, L.; VILELA, L. Taxa natural de juros no Brasil ainda é superior a 6,0%. **Credit Suisse: Research Analysis**, 2017.

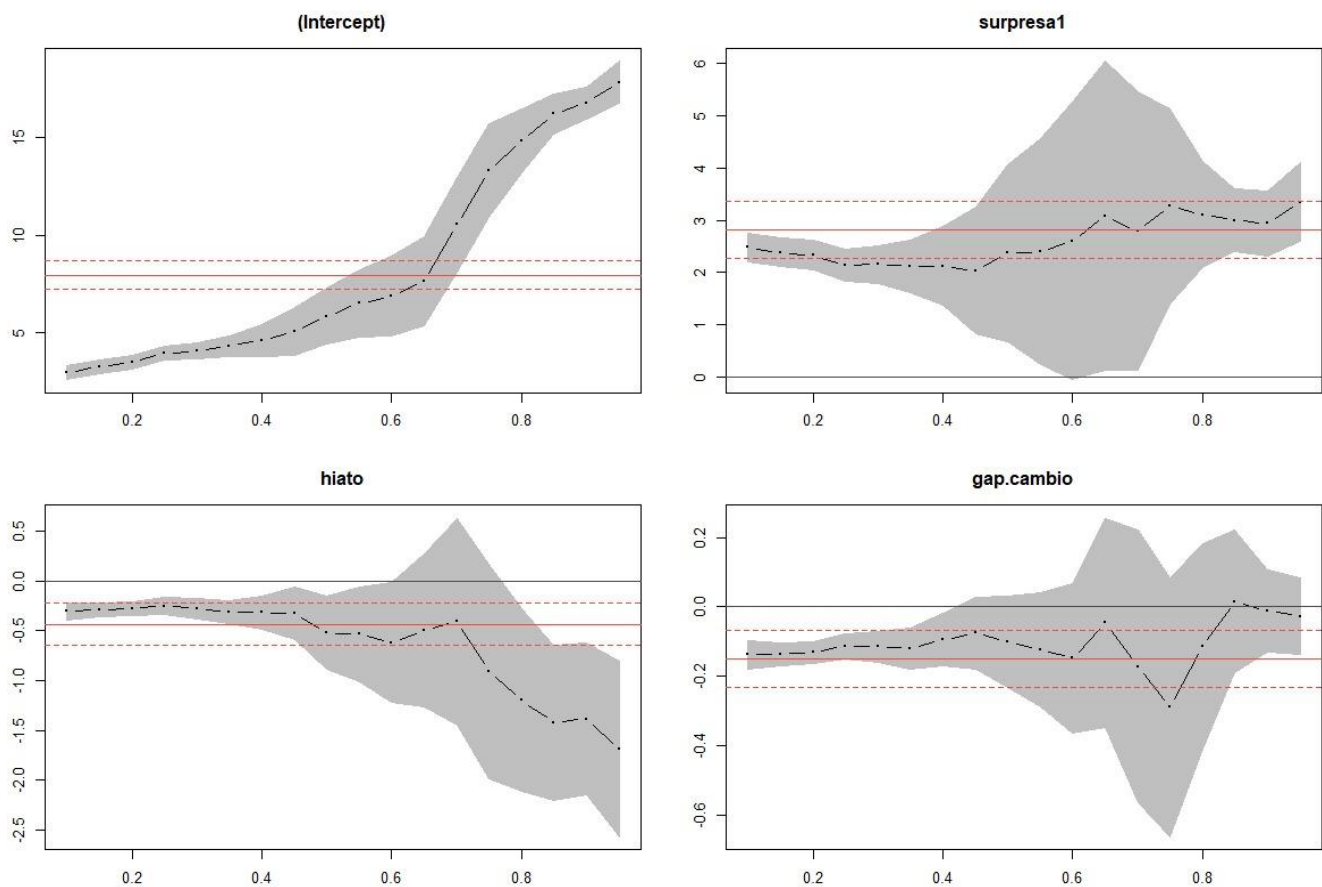
UMEZÚ, F. A. C. P. **Ensaio sobre mercado de reservas e política monetária**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2011.

WICKSELL, K. **Interest and Prices**. London: Macmillan, 1898. Tradução de KAHN, R. F., 1936.

WOODFORD, M. **Interest and prices. Foundations of a theory of monetary policy**. Princeton University Press, 2003.

## Apêndice

**Figura 08:** Resultado das estimações do modelo de regressão quantílica



Fonte: Elaboração própria.