

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Henrique Behrens Assunção

Matrícula: 2020721

Uma análise dos modelos de pequeno porte do Banco Central do Brasil pela resposta a política monetária

Monografia de Final de Curso

Orientador: Márcio Garcia

Co-Orientador: Eduardo Amaral

Rio de Janeiro, Novembro de 2024



Henrique Behrens Assunção

Matrícula: 2020721

Uma análise dos modelos de pequeno porte do Banco Central do Brasil pela resposta a política monetária

Monografia de Final de Curso

Orientador: Márcio Garcia

Co-Orientador: Eduardo Amaral

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri, para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.

Rio de Janeiro, Novembro de 2024

As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.

Agradecimentos

Agradeço à minha família, que sempre esteve e estará ao meu lado e sempre me apoiou. Em especial, agradeço ao meu pai, Juliano Assunção, por ser minha inspiração a cada dia, meu maior exemplo e companheiro de vida, sempre me motivando e ao meu lado durante toda vida. Também agradeço à minha mãe, Cibele Behrens, minha maior protetora da vida e a mulher que sempre cuidou de mim, me deu forças e me mostrou o caminho da vida. Amo muito vocês e muito obrigado a me ajudar a me transformar no homem que sou hoje.

Um agradecimento especial aos meus irmãos, Luísa, Clara e Guilherme, que sempre estiveram ao meu lado e me amaram, mesmo que cada um do seu jeitinho. Vocês são minha fonte de energia, de onde tiro toda minha vontade para fazer tudo na vida. Eu devo tudo a vocês e sou grato por serem meus irmãos.

Aos meus amigos da vida, em especial Antônio Bergallo, Fernando Mota e Ana Neves, que sempre me ensinaram a aproveitar a vida e ser feliz, estando ao meu lado nos momentos bons e ruins. Aos amigos da escola, que contribuíram para formar quem sou hoje, minha eterna gratidão!

Agradeço também às amigas que fiz na faculdade, que tornaram essa trajetória mais leve e cheia de emoções. Em especial, quero deixar meu agradecimento a João Felipe Araújo, Rodrigo Tavares, Bia Blank, Malu Trocolli e Augusto Monerat pela parceria nas noites de véspera de provas, pelas tardes de estudo e pelos momentos compartilhados ao longo da graduação.

Agradeço aos meus orientadores, Márcio Garcia e Eduardo Amaral, por me desafiar ao máximo e guiarem o desenvolvimento desta monografia. Sou igualmente grato aos professores e ao Departamento de Economia da PUC-Rio pelos ensinamentos, pela estrutura e pela história construída ao longo dos anos.

Agradeço ao Econdata (Núcleo de Ciência de Dados da PUC-Rio), que foi um divisor de águas na minha trajetória, despertando meu interesse por Economia e impulsionando minha carreira. Sou grato a todos que fizeram e fazem parte desse projeto.

Resumo

Esta monografia avalia a evolução dos modelos de pequeno porte utilizados pelo Banco Central do Brasil para a tomada de decisão na política monetária sob o regime de metas de inflação. A avaliação concentra-se nas funções de impulso-resposta diante de choques na política monetária, com ênfase nas respostas da inflação e do hiato do produto. A análise consiste na estimação de 3 modelos desenvolvidos pelo Banco Central do Brasil: M3E (2010), M3E+ (2015) e M5E (2020). Utilizando dados trimestrais de 2003 a 2019 e uma abordagem de equações simultâneas, o estudo analisa as respostas das simulações em 3 etapas: comparação entre os modelos estimados, aderência do M5E com as estimações do Banco Central e comparação com modelos de outros países. Os resultados indicam que o modelo mais recente, M5E, apresenta respostas mais semelhantes ao modelo desenvolvido pelo FMI para outros países. Os resultados reforçam a importância da atualização dos modelos como ferramenta de condução de política monetária no regime de metas.

Palavras-chave

Regime de metas de inflação; Modelos de Pequeno Porte; Política monetária; Funções de impulso-resposta; Curva de Phillips; Curva IS; Regra de Taylor

Conteúdo

1	INTRODUÇÃO	9
2	A EVOLUÇÃO DA MODELAGEM DO BANCO CENTRAL: PERSPECTIVAS DA LITERATURA	13
3	DADOS	19
4	MODELOS	21
	4.1 Modelo de 3 Equações (M3E)	22
	4.2 Modelo de 3 Equações Estendido (M3E+)	23
	4.3 Modelo de 5 Equações (M5E)	24
5	ESTIMAÇÃO DOS MODELOS	27
6	ANALISANDO A RESPOSTA A POLÍTICA MONETÁRIA	37
	6.1 M3E x M3E+ x M5E	37
	6.2 M5E x Modelo Banco Central	38
7	CONCLUSÃO	41
8	APÊNDICE	43
	BIBLIOGRAFIA	47

1 Introdução

A adoção do regime de metas de inflação propôs um novo desafio: desenvolver modelos de previsão para auxiliar na decisão de política monetária. Apesar da decisão de políticas públicas ser subjetiva, os modelos são ferramentas que ajudam a pensar sobre a economia e, conseqüentemente no processo de tomada de decisão. Não substituem formuladores de política, mas podem proporcionar visões muito úteis a respeito da economia ([KING, 2024](#)).

O objetivo dessa monografia é avaliar a evolução dos modelos de pequeno porte do Banco Central do Brasil através de funções de impulso-resposta, quando sujeitas a choques na política monetária. Desde a implementação do regime de metas para a inflação, o uso de modelos de previsão tornou-se necessário para avaliar o comportamento de variáveis econômicas e decisões de política monetária. Com o compromisso de manter a inflação na meta definida, fez-se necessário a existência de boas previsões de inflação, o que acabou estimulando aprimoramento desses modelos. Dessa forma, ao longo dessa monografia, vamos avaliar como cada atualização do modelo impactou na decisão de política monetária.

Os modelos de pequeno porte agregados, são ferramentas essenciais para análise das perspectivas de inflação. São modelos parcimoniosos, o que permite maior interpretabilidade e facilidade na inclusão de choques para representar mudanças ocorridas. A estrutura básica do modelo é constituída por um sistema de 3 equações: uma Curva de Phillips que descreve a trajetória da inflação, uma curva IS que descreve a trajetória do hiato do produto em função do juros e uma curva de juros.

Para analisar a evolução dos modelos na resposta a política monetária, foram estimados 3 versões de forma a resumir as atualizações ao longo do tempo.

A primeira versão dos modelos foi desenvolvida em 2010, com base em [Lima et al. \(2009\)](#), na qual nomeio de M3E. Este modelo é formado por 3 equações: Curva de Phillips, Curva IS e Curva de Juros. Em seguida, em 2015, continuando o processo de atualizações do modelo, é desenvolvida a segunda versão abordada na monografia

([Brasil \(2015\)](#)). Este modelo, nomeado de M3E+, consiste em uma extensão da primeira versão, onde foi adicionada em cada equação variáveis explicativas. Esta adição tem o objetivo de capturar mais variáveis que explicam a trajetória das curvas. Finalmente em 2020, foi desenvolvida a última versão do modelo, vista como a mais recente, nomeada M5E ([Brasil \(2020\)](#)). Diferentemente das outras duas versões, essa é formada por 5 equações: Curva de Phillips, Curva IS, Regra de Taylor, Curva de Paridade Descoberta de Juros e Curva de Expectativas de Inflação. A adição de novas curvas descrevem o comportamento de novas variáveis relevantes para análise da inflação.

Para análise e comparação dos modelos, foram utilizados dados de diversas fontes: o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os Relatórios de Inflação do Banco Central do Brasil (BCB), o portal de dados do BCB e o painel da Bloomberg. Também foi especificado um período para análise da dinâmica das variáveis compreendido em séries trimestrais de 2003 a 2019. A escolha dessa janela é em função da especificação do Banco Central descrita em [Brasil \(2020\)](#).

Para a estimação dos modelos, foi utilizada uma abordagem baseada em equações simultâneas, estimadas por Mínimos Quadrados Ordinários. Através dessas estimações, é possível simular as respostas de cada modelo a choques de política monetária.

A análise dos resultados foi dividida em três etapas. Na primeira comparamos as respostas da inflação, do hiato do produto e da taxa de juros entre os modelos. Na segunda, comparamos a estimação do modelo mais recente com o modelo utilizando os parâmetros do Banco Central. Por fim, seguindo a segunda análise, fazemos ajustes no último modelo, de forma a calibrar com o do Banco Central e comparamos com as respostas extraídas de modelos desenvolvidos pelo FMI nas economias do Canadá e dos Estados Unidos ([Berg et al. \(2006\)](#)).

Como resultados principais, observa-se que nos modelos M3E e M3E+, as respostas ao choque são rápidas e de curta duração, com um impacto limitado na inflação devido ao baixo coeficiente do juro real na Curva IS. O choque na política monetária se propaga principalmente pelo hiato do produto (trajetória explicada na

Curva IS), mas seu efeito na inflação é pequeno. Já no modelo mais recente, M5E, as respostas se tornam mais persistentes no tempo, apesar do impacto na inflação ainda ser limitado pela baixa relevância do hiato do produto na Curva de Phillips.

Comparando os parâmetros estimados do modelo mais recente com os do Banco Central, que utiliza uma abordagem Bayesiana para estimação, observa-se que a maior diferença está no coeficiente do hiato do produto na Curva de Phillips. Esta diferença, explica a discrepância das respostas da curva de inflação. Ao calibrar esse coeficiente, ajustando para aquele estimado pelo Banco Central, as respostas passam a ter trajetórias semelhantes, com maior efeito absoluto na curva de inflação do modelo estimado.

Por fim, ao analisar as respostas do modelo calibrado em comparação com o modelo desenvolvido pelo FMI e aplicado no Canadá, é possível observar semelhança nas respostas das variáveis, sugerindo um poder similar da política monetária no controle da inflação. ([Berg et al. \(2006\)](#))

2 A evolução da modelagem do Banco Central: perspectivas da literatura

O Brasil, em 1998, vivia uma crise cambial, o que demandou mudança no regime de política monetária, com adoção das metas de inflação (Lima et al. (2009)). O regime de metas é visto como uma estrutura transparente e flexível para conduzir a política monetária. Adotado por vários países incluindo economias emergentes, (King (2024)) o regime de metas para a inflação é uma estrutura de política monetária em que o banco central define uma meta explícita para a inflação, a ser alcançada dentro de um determinado horizonte de tempo. É um regime flexível onde permite que banco central adapte suas ações às circunstâncias econômicas, enquanto mantém o foco na estabilidade de preços como prioridade central.

Bernanke e Mishkin (1997) discutem a importância desse regime, tratando também de economias emergentes que enfrentam frequentemente choques externos. Destacam também a flexibilidade dessa abordagem em responder choques econômicos. O sucesso desse regime depende de alguns fatores, mas principalmente da credibilidade do banco central, permitindo a ancoragem de expectativas.

Um banco central crível é essencial para eficácia da política monetária, demonstrando total compromisso em alcançar suas metas. Backus e Driffill (1986) destaca a importância da credibilidade para manter as expectativas dos agentes ancoradas. A desancoragem das expectativas cria ambientes de incerteza e problemas de inconsistência intertemporal, permitindo que agentes ajustem suas expectativas a respeito da economia, resultando em uma convergência para meta mais lenta, com uma política menos eficaz.

Outra questão importante ao discutir a adoção do regime de metas em economias emergentes abertas é a importância das flutuações cambiais, uma vez que são impactadas pelo comércio internacional. Svensson (2000) discute a importância de avaliar o comportamento dessa variável, principalmente em países emergentes que enfrentam choques externos com frequência. Destaca que o principal objetivo da

política monetária continua sendo a estabilidade de preços. (Gali e Monacelli (2005))

O regime de metas demanda que agentes adotem políticas *foward looking*, ou seja, tomam decisões no presente olhando para expectativas futuras de inflação. Por esse motivo, o desenvolvimento de modelos de previsão se tornou uma ferramenta essencial para guiar a decisão de política monetária em ambientes de incerteza de economia. Assim, modelos parcimoniosos podem ajudar a análise de choques que atingem a economia.

A importância que a modelagem ganhou com o regime de metas, trouxe incentivo para aprimoramento e adequação do modelo, com o objetivo de interpretar de forma mais concreta cenários de incerteza e avaliar choques na economia. Assim, desde sua implementação, ocorreram diversas atualizações, onde variáveis foram adicionadas, equações modificadas, sempre buscando maior eficiência.

Bogdanski et al. (2000) discute a modelagem básica que auxilia o processo de decisão de política monetária no início da implementação do regime de metas. Os formuladores de política monetária tomam decisões com base na inflação futura e alternativas para taxa de juros com o objetivo de cumprir a meta de inflação. É essencial o desenvolvimento de modelos que guiem agentes que tomam decisões em ambientes de incerteza à respeito da economia e da natureza dos choques. O artigo também retrata o cenário da época e do novo compromisso do comitê durante a implementação da meta de inflação: "Uma inflação baixa e estável foi apontada como o principal objetivo de longo prazo da política monetária".

A ideia dos modelos de pequeno porte, como mencionado anteriormente, é ser um modelo focado nos principais mecanismos econômicos, permitindo maior interpretabilidade. A utilização de modelos de pequeno porte como ferramenta de auxílio à decisão de política monetária também é utilizada por outros países, justamente devido a sua simplicidade. (Berg et al. (2006))

Para construção do modelo, Banco Central estudou diferentes canais de transmissão da política monetária: taxa de juros, câmbio, demanda agregada, expectativas e outros. A estrutura básica do modelo é estruturada ao longo desse artigo, agregando algumas equações: uma curva IS, curva de Phillips, curva de paridade à

descoberta de juros e uma curva de juros.

Em [Berg et al. \(2006\)](#) vemos uma aplicação do modelo de pequeno porte desenvolvido pelo FMI, que por mais que mais complexo, compartilham da mesma filosofia, prezando como objetivo principal a estabilidade de preços.

Dada a estrutura básica do modelo, o Banco Central divulga diversos Boxes de Inflação nos seus Relatórios de Inflação (RTIs) que descrevem atualizações do modelo com adição de equações, variáveis e algumas outras restrições. Três grandes versões podem resumir as atualizações do modelo e serão abordadas ao longo do estudo.

A primeira versão abordada foi desenvolvida em 2010 ([Lima et al. \(2009\)](#)), com consolidação de 3 equações formadas nas atualizações anteriores: Curva de Phillips, curva IS e uma curva de política monetária. Desde a primeira implementação dos modelos, a estrutura da economia tem se alterado. Nas versões anteriores, a frequente mudança na estrutura da economia dificultava a estimação do modelo. Com o alongamento do período de estabilidade na condução das políticas econômicas, mais dados se tornaram disponíveis, possibilitando a estimação de modelos mais estáveis.

Em 2011, houve uma atualização com adição de variáveis de controle e de nova metodologia de cálculo para o hiato do produto. As variáveis de controle foram incluídas na Curva de Phillips, na Curva IS e na Curva de Juros. Para curva de Phillips, essas variáveis tratam-se de proxies para choques de oferta (preço do petróleo, índices de preços no atacado). Na curva IS, tratam-se de *proxies* para choques de demanda (variáveis que capturam mudanças da política fiscal). Na curva de juros temos variáveis de controle que capturam efeitos de política monetária no sistema bancário. [Brasil \(2011\)](#)

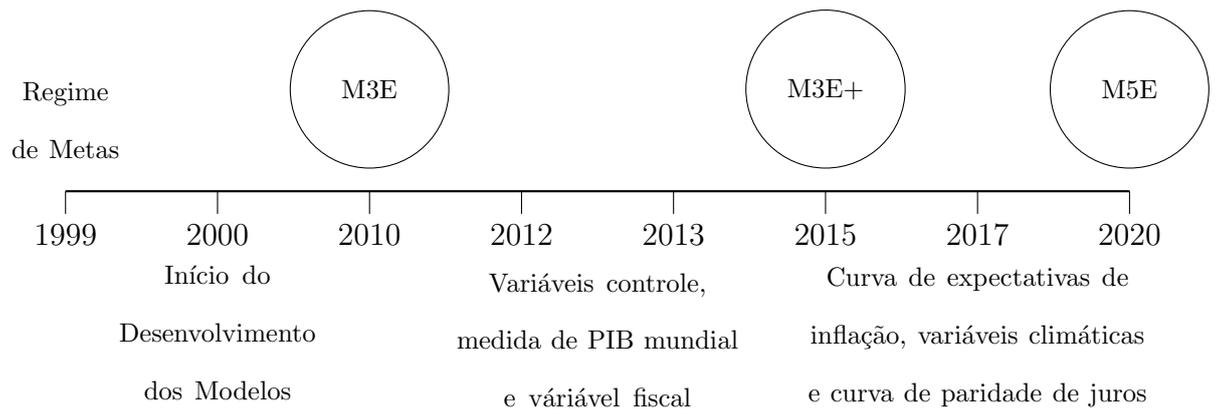
Em 2012 houve a incorporação de uma nova POF, inclusão de variáveis para medir o hiato do produto mundial e o impulso fiscal da economia. Para o cálculo do hiato do produto mundial, foram utilizados o PIB dos países da OCDE, ponderados pela participação do comércio com o Brasil. A variável de impulso fiscal utilizada foi alterada em 2013, que passa a ser o superávit primário estrutural (mede o impulso

fiscal). A variável para medir a inflação externa passou a ser o índice de commodities, calculado pelo Banco Central do Brasil. ([Brasil \(2012\)](#), [Brasil \(2013\)](#))

Em 2015 houve a alteração da metodologia de cálculo do PIB mundial citado anteriormente. Agora, a variável é construída a partir do PIB de 12 países mais a Área Euro, ponderado pela participação nas exportações brasileiras. [Brasil \(2015\)](#).

A segunda versão trata-se de uma extensão da primeira, incorporando novas atualizações, mudanças de metodologia e adição de variáveis descritas nas atualizações que sucedem a primeira versão ([Brasil \(2015\)](#)). Em 2017, mais duas mudanças foram incorporadas no modelo: a relação entre a taxa swap e a Selic e variáveis que medem anomalias climáticas. A nova especificação da taxa swap é composta pela Selic esperada na vigência do contrato e um prêmio de risco. Para a taxa swap utiliza-se a swap pré-DI 360 dias, que mostra uma relação muito boa com a Selic 12 meses a frente. Anomalias climáticas são um dos possíveis fatores que explicam flutuações dos preços dos alimentos. Utiliza-se como proxy índice de temperaturas do Oceano Pacífico (ONI), que é responsável por medir fenômenos de El Niño e La Niña. [Brasil \(2017\)](#)

A terceira versão veio em 2020, em uma linha semelhante ao modelo descrito em 2017, com adição de duas novas equações: paridade descoberta de juros e uma curva de expectativas de inflação. As especificações das equações do novo modelo serão citadas posteriormente, no capítulo de Metodologia. A equação da paridade da taxa de juros relaciona a variação do câmbio com a variação do diferencial de juros e a curva de expectativas de inflação buscam capturar mudança na expectativa do mercado, medida pelo Focus e alterações advindas de mudanças das variáveis endógenas do modelo. [Brasil \(2020\)](#)



Os modelos circutados são os modelos que vamos utilizar para o estudo em questão. A linha do tempo sumariza as atualizações do modelo desde a implementação do Regime de Metas de Inflação.

Este artigo visa contribuir com a literatura através de uma passagem pelas atualizações do modelo, analisando essas evoluções impactam as respostas de variáveis econômicas, quando sujeitas a um choque de política monetária. Assim conseguimos avaliar a eficácia do instrumento teórico como ferramenta para guiar a decisão de política monetária.

3 Dados

Os dados utilizados neste estudo provêm de diferentes fontes: o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os Relatórios de Inflação do Banco Central do Brasil (BCB), o portal de dados do BCB e o painel da Bloomberg. O período de análise compreende séries trimestrais de 2003 a 2019, que é a mesma janela utilizada pelo Banco Central ([Brasil \(2020\)](#)), permitindo a observação detalhada da dinâmica das variáveis envolvidas nos modelos estimados.

As variáveis foram classificadas em grupos distintos, abrangendo inflação, atividade econômica, equilíbrio fiscal, comportamento da taxa de juros e câmbio. Outras variáveis, que servem como controles para choques econômicos, como o impacto de eventos climáticos sobre a inflação, também foram incluídas na análise.

O hiato do produto mundial, a paridade do poder de compra e a taxa de juros real necessitaram ser calculadas com base nas metodologias adotadas pelo Banco Central do Brasil. Essa abordagem visa garantir a maior proximidade possível com o enquadramento analítico utilizado pelo Banco Central, permitindo uma análise consistente do comportamento econômico e das variáveis nos modelos avaliados ao longo deste estudo.

A Tabela 1 descreve as principais variáveis utilizadas ao longo do estudo. Os gráficos que ilustram a trajetória de cada variável estão organizados em quatro figuras apresentadas no Apêndice (8).

Tabela 1 – Descrição dos Dados

Seção	Descrição
Inflação	
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), calculado pelo IBGE (medida de inflação).
IC-BR	Índice de Commodities, calculado pelo Banco Central (medida de inflação externa).
Focus 12m	Expectativas de inflação 12 meses à frente, medida pela pesquisa Focus do Banco Central (expectativas de mercado).
Meta de Inflação	Meta de Inflação para determinado período, definida pelo Banco Central.
Atividade Econômica e Equilíbrio Fiscal	
Hiato BCB	Medida de hiato do produto, diferença do produto com o seu nível potencial, estimado pelo Banco Central do Brasil.
Hiato Mundial	Mede a diferença do produto mundial com o seu nível potencial. Calculado com o PIB dos países com maiores contribuições nas exportações do Brasil, ponderadas pela sua participação (12 países e União Europeia).
Superávit Primário Estrutural	Superávit primário medido em termos percentuais do PIB ajustado pelo ciclo econômico e exclui efeito de receitas e despesas extraordinárias. (Secretaria de Política Econômica - SPE)
Juros	
SWP 360	Taxa swap de 360 dias à frente, contrato de juros 1 ano à frente (taxa de referência do mercado).
SWP 360 Real	Taxa swap 360 dias à frente, deflacionada pela expectativa de inflação de 12 meses.
Selic Nominal	Taxa de juros nominal estabelecida pelo Banco Central.
Focus Selic	Expectativas de mercado da trajetória da taxa de juros 12 meses à frente.
Taxa de Juros do Fed	Taxa de juros estabelecida pelo Fed (banco central americano).
Juros Neutro BCB	Taxa de juros de equilíbrio da economia (pleno emprego e inflação estável), estimada pelo Banco Central.
Outros	
CDS 5 anos	Medida de risco da economia, dados extraídos do painel da Bloomberg.
ONI	Índice que mede temperaturas do Oceano Pacífico para capturar fenômenos de El Niño e La Niña, utilizados para capturar o efeito do clima sobre a inflação de alimentos.
Câmbio	Taxa de câmbio nominal do real frente ao dólar.
Brent	Preço spot internacional do petróleo.
PPC	Paridade do Poder de Compra, que reflete a relação entre os níveis de preço no Brasil e nos Estados Unidos.

4 Modelos

Esta seção apresenta a estrutura básica de equações do modelo de pequeno porte agregado do Banco Central do Brasil. Os modelos envolvem combinações e especificações para formas funcionais de cinco equações: Curva de Phillips, Curva IS, Curva de Juros (Regra de Taylor), Curva de Paridade Descoberta de Juros e Curva de Expectativas de Inflação.

A Curva de Phillips é utilizada para capturar a dinâmica inflacionária no Brasil, levando em consideração defasagens e antecipações na inflação, bem como o impacto do hiato do produto e da taxa de câmbio nominal. No modelo do Banco Central, essa equação é fundamental para compreender a relação entre pressões inflacionárias de curto prazo e a resposta da economia a essas pressões.

A Curva IS descreve como o hiato do produto responde às condições de política monetária e aos choques externos. A função dessa equação é analisar o nível de atividade econômica em relação ao seu potencial e sua reação a variações das condições da economia.

A Curva de Política Monetária, função de reação do banco central, é modelada com base em uma curva de juros (Regra de Taylor), onde o Banco Central ajusta a taxa de juros com base nas variações entre a inflação observada e a meta de inflação, assim como o hiato do produto. Essas regras fornecem diretrizes claras sobre como a autoridade monetária responde a choques econômicos, ajudando a estabilizar a inflação e cumprir o duplo mandato imposto pelo regime de metas (inflação na meta e pleno emprego).

A Condição de Paridade Descoberta de Juros é importante para relacionar as taxas de juros domésticas e externas com as expectativas de depreciação do real. O diferencial de juros entre o Brasil e o resto do mundo, ajustado pela expectativa de depreciação e o prêmio de risco, é utilizado para prever o comportamento da taxa de câmbio.

A Curva de Expectativas busca manter a consistência entre as expectativas me-

didadas pelo Focus e as variáveis do modelo, capturando como as expectativas de inflação reagem endogenamente ao modelo.

Primeiramente, trabalharemos com um modelo parcimonioso, com 3 equações, explicitado em [Lima et al. \(2009\)](#). Em seguida, adicionaremos variáveis de controle a choques ([Brasil \(2015\)](#)) e, por fim, utilizaremos a versão de 2020 ([Brasil \(2020\)](#)), onde outras curvas serão incorporadas, tratando-se do modelo mais recente elaborado pelo Banco Central.

4.1 Modelo de 3 Equações (M3E)

A primeira versão do modelo utilizada no estudo, é baseada no modelo descrito em [Lima et al. \(2009\)](#). Esta versão é composta por 3 equações (Curva de Phillips, Curva de Juros e Curva IS).

Curva de Phillips

$$\pi_t = \beta_0 + \sum \beta_k \pi_{t+k}^e + \sum \theta_k \pi_{t-k} + \sum \gamma_k \pi_{t-k}^* + \sum \eta_k h_{t-k} + \epsilon_t \quad (4.1)$$

Curva IS

$$h_t = \alpha_0 + \sum \alpha_k h_{t-k} + \sum \beta_k swp_{t-k} + w \quad (4.2)$$

$$\text{onde : } swp_{t-k} = SWP_{t-k} - \pi_{t+k}^e$$

Curva de Juros

$$SWP_t - S_t = \mu_0 + \sum \mu_k (SWP_{t-k} - S_{t-k}) + \sum \lambda_k (E_t \pi_{t+k}^{360} - E_{t-1} \pi_{t+k}^{360}) + \sum \nu_k \Delta h_{t-k} + u_t \quad (4.3)$$

A primeira equação do sistema, a Curva de Phillips, descreve a inflação (π_t) como uma função de suas expectativas futuras (π_{t+k}) e defasagens passadas (π_{t-k}),

além da inflação de produtos importados (π_{t-k}^*) e do hiato do produto (h_{t-k}). A inflação observada é medida pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), enquanto as expectativas de inflação são obtidas pela pesquisa Focus. A inflação de produtos importados é representada pelo índice IC-BR, que reflete as variações de preços internacionais que impactam o Brasil. O hiato do produto mede a diferença entre o produto efetivo e o produto potencial da economia. O termo de erro ϵ_t captura choques não previstos no processo inflacionário.

A segunda equação, a Curva IS, modela o hiato do produto (h_t) como uma função de suas defasagens passadas (h_{t-k}) e da taxa swap pré-fixada de 360 dias (swp_{t-k}), deflacionada pela expectativa de inflação de 12 meses. O hiato do produto reflete o nível de atividade econômica em relação ao seu potencial, enquanto a taxa swap (swp_t) é uma medida da taxa real de juros do mercado, adicionados de um termo de erro w_t .

A terceira equação, a Curva de Juros, descreve a diferença entre a taxa swap de 360 dias (SWP_t) e a taxa Selic nominal (S_t). Essa diferença é modelada como função das defasagens passadas dessa própria diferença ($SWP_{t-k} - S_{t-k}$), da expectativa de inflação para contratos de 360 dias (12 meses à frente) ($E_t\pi_{t+k}^{360}$) e da variação do hiato do produto (Δh_{t-k}), adicionados do termo de erro u_t .

4.2 Modelo de 3 Equações Estendido (M3E+)

Nesse modelo, adicionamos algumas variáveis de controle a choques na economia e uma medida de impulso fiscal e de produto mundial, como forma de alterar dinâmica da atividade doméstica. Modelo se baseia na atualização descrita em [Brasil \(2015\)](#).

Curva de Phillips

$$\pi_t = \beta_0 + \sum \beta_k \pi_{t+k}^e + \sum \theta_k \pi_{t-k} + \sum \gamma_k \pi_{t-k}^* + \sum \eta_k h_{t-k} + \sum \alpha_k Z_{t-k} + w_t \quad (4.4)$$

Curva IS

$$h_t = \alpha_0 + \sum \alpha_k h_{t-k} + \sum \beta_{1k} r_{t-k} + \sum \beta_{2k} \Delta sup_{t-k} + \sum \beta_{4k} \Delta h_{t-k}^* + \epsilon_t \quad (4.5)$$

$$\text{onde : } r_{t-k} = SWP_{t-k} - \pi_{t+k}^e$$

Curva de Juros

$$\begin{aligned} SWP_t - S_t = \mu_0 + \sum \mu_k (SWP_{t-k} - S_{t-k}) + \sum \lambda_k \Delta E_t \pi_{t+3}^4 + \\ + \sum \nu_k \Delta h_{t-k} + \sum \gamma_k X_{t-k} + u_t \end{aligned} \quad (4.6)$$

Curva de Phillips tem a mesma estrutura descrita na equação 5.1, acrescida de uma variável de controle Z_{t-k} , que, neste caso, refere-se à variação do preço internacional do petróleo (medido pelo preço do Brent em reais).

A Curva IS diferentemente da equação 5.2, adiciona da variação do superávit primário estrutural (Δsup_{t-k}) e a variação do hiato do produto mundial (Δh_{t-k}^*). Essas variáveis buscam capturar como o impulso fiscal e a atividade mundial afeta a economia doméstica.

A Curva de Juros modela a diferença entre a taxa swap de 360 dias (SWP_t) e a taxa Selic nominal (S_t) como uma função das defasagens dessa diferença ($SWP_{t-k} - S_{t-k}$), das expectativas de inflação futura para contratos de 360 dias ($\Delta E_t \pi_{t+k}^{360}$) e da variação do hiato do produto (Δh_{t-k}). Também incorpora a variável de controle X_{t-k} , que representa a variação do prêmio de risco, medido pelos CDS de 5 anos.

4.3 Modelo de 5 Equações (M5E)

A última versão do modelo, baseada na atualização descrita em [Brasil \(2020\)](#), adiciona variáveis às curvas já descritas nas outras versões e inclui outras duas curvas, de forma a capturar reação das expectativas de inflação a choques endógenos ao modelo e avaliar como a variação da taxa de câmbio afeta as respostas do modelo.

Curva de Phillips

$$\begin{aligned} \pi_t^{sa} = & \sum_{i \geq 1} \alpha_{1i} \pi_{t-i}^{sa} + \left(1 - \sum_{i \geq 0} \alpha_{1i} \right) \pi_{t,t+4|t}^e + \sum_{j \geq 0} \alpha_{2j} \hat{\pi}_{t-j}^* \\ & + \sum_{k \geq 0} \alpha_{3k} \Delta e_{t-k} + \sum_{l \geq 0} \alpha_{4l} h_{t-l} + \sum_{m \geq 0} \alpha_{5m} \text{Clima}_t^2 + \epsilon_t^L \end{aligned} \quad (4.7)$$

Curva IS

$$h_t = \beta_1 h_{t-1} - \beta_2 \hat{r}_{t-1} - \beta_3 \Delta \text{sup}_t - \beta_4 \Delta h_{t-k}^* + \epsilon_t^h \quad (4.8)$$

$$\text{onde : } \hat{r}_t = i_{t,t+4|t}^e - \pi_{t,t+4|t}^e - r_t^{eq} \quad (4.9)$$

Regra de Taylor

$$i_t = \sum_{j \geq 1} \theta_j i_{t-j} + \left(1 - \sum_{j \geq 1} \theta_j \right) [r^{eq} + \pi^{meta} + \theta_k (\pi_{t,t+4|t}^e - \pi^{meta})] + \epsilon_t^i \quad (4.10)$$

$$\text{onde : } i_{t,t+4|t}^e = (0.5i_t + E_t i_{t+1} + E_t i_{t+2} + E_t i_{t+3} + 0.5E_t i_{t+4}) / 4 + \epsilon_t^{ie} \quad (4.11)$$

Paridade Descoberta de Juros

$$\Delta e_t = \Delta e^{ppc} - \delta (i_t^{dif} - i_{t-1}^{dif}) + \epsilon_t^e, \quad (4.12)$$

$$i_t^{dif} = i_t - (i_t^* + CDS_t), \quad (4.13)$$

$$\Delta e^{ppc} = \pi_{meta_ss} - \pi_{ss}^*, \quad (4.14)$$

Expectativas de Inflação

$$\hat{\pi}_{t,t+4|t}^e = \phi_1 \hat{\pi}_{t-1,t+3|t-1}^e + \phi_2 E_t \hat{\pi}_{t,t+4} + \phi_3 \left(\frac{\sum_{i=1}^4 \hat{\pi}_{t-i}}{4} \right) + \epsilon_t^e \quad (4.15)$$

A Curva de Phillips, além do descrito nas equações 5.1 e 5.4, adiciona o efeito da variação da taxa de câmbio (Δe_{t-k}) e dos choques climáticos (Clima_{t-m}). O impacto das variações da taxa de câmbio e dos choques climáticos é incorporado à

equação, capturando a influência de fatores externos e sazonais. A variável de clima captura como as mudanças climáticas afetam a dinâmica da inflação de alimentos. Respeitando a mudança de metodologia do novo modelo, mudamos a métrica de estimação da inflação para variação trimestral com ajuste sazonal (antes variação anual).

A Curva IS descrita na seção 5.5 aborda a equação utilizada nesta versão, que muda a métrica de cálculo da variável de juro real (\hat{r}_t), calculada agora pela expectativa da Selic 12 meses à frente ($i_{t,t+4|t}^e$) subtraída da expectativa de inflação 12 meses à frente ($\pi_{t,t+4|t}^e$) e da taxa de juros de equilíbrio (r_t^{eq}).

A Curva de Juros apresenta uma mudança na composição (em comparação à equação 5.6), utilizando uma Regra de Taylor ajustada, que modela a taxa de juros nominal (i_t) como função de suas defasagens passadas (i_{t-j}), da taxa de juros neutra (r^{eq}) e da meta de inflação (π^{meta}), ajustada pela diferença entre a expectativa de inflação futura e a meta de inflação. A taxa de juros nominal, no caso brasileiro, é representada pela Selic, e essa equação captura como a política monetária reage à inflação esperada e às condições econômicas.

A Paridade Descoberta de Juros modela a variação da taxa de câmbio nominal (Δe_t) como função do diferencial entre a taxa de juros doméstica e a externa (\hat{i}_t^{dif}), ajustada pelo prêmio de risco (CDS_t) e pela variação esperada da taxa de câmbio de longo prazo (Δe^{PPC}), que é baseada na Paridade do Poder de Compra (PPC). A taxa de juros externa é representada pelo *Fed Funds Rate* dos Estados Unidos, e o prêmio de risco é capturado pelos CDS de cinco anos para o Brasil.

A equação de Expectativas de Inflação modela o desvio da expectativa de inflação observada no período anterior para os próximos quatro trimestres à frente. Essa equação captura tanto a persistência das expectativas passadas quanto a expectativa consistente com o modelo econômico ($E_t \hat{\pi}_{t,t+4}$), além de uma média ponderada dos desvios da inflação observada nos trimestres anteriores.

5 Estimação dos modelos

Este capítulo apresenta os resultados da estimação dos modelos descritos. Para estimar os modelos, foi utilizada uma abordagem baseada em equações simultâneas por meio do método de Mínimos Quadrados Ordinários. As tabelas abaixo apresentam os resultados das estimações.

A Tabela 2 apresenta os resultados do primeiro modelo estimado (M3E). A curva de Phillips neste modelo tem uma característica inercial em relação à inflação, onde o componente autorregressivo (IPCA_YoY) é muito pesado (0.85) em comparação com as expectativas de inflação (Focus_12M: 0.27). O modelo, então, leva mais em consideração a inércia da inflação do que a característica *forward looking* para definir a trajetória de inflação. Além disso, o coeficiente do hiato do produto (Hiato_BCB), canal que capta o efeito das outras curvas na Curva de Phillips, apesar de não ser significativo é relevante, apresentando impacto considerável na inflação (0.20).

A curva IS também tem um componente autorregressivo muito pesado (0.93). O canal por onde a Curva de Juros afeta esta curva, não apresenta coeficientes significativos, capturando pouco o efeito da Curva de Juros na Curva IS.

A Curva de Juros apresenta relações significativas com os componentes autorregressivos (SWP - Selic: 0.95 e -0.29), variação das expectativas de inflação (1.00) e variação do hiato do produto (0.23). Assim, vemos que o coeficiente do prêmio de juros (SWP - Selic), canal por onde um choque nos juros afeta as outras curvas, tem impacto relevante na Curva de Juros.

Tabela 2 – Resultados da Estimação - Modelos de Três Equações

Curva de Phillips (IPCA_YoY)	Coeficiente	T-Stat
Lag(IPCA_YoY, 1)	0.8515438	(7.373803)***
Lag(IPCA_YoY, 2)	-0.1523703	(-1.543017)
Focus_12M	0.2720364	(4.172594)***
Lag(ICBR_YoY, 1)	0.02888648	(3.203462)**
Lag(ICBR_YoY, 2)	-9.63981e-05	(-0.01308038)
Hiato_BCB	0.1993176	(1.006467)
Lag(Hiato_BCB, 1)	-0.1758986	(-0.898008)
R-Squared		0.9806426
Adjusted R-Squared		0.9793167
Durbin-Watson Statistic		1.909316
F-statistic		616.3603
Akaike's IC		213.3695
Schwarz's IC		229.9557
Curva IS (Hiato_BCB)	Coeficiente	T-Stat
Lag(Hiato_BCB, 1)	0.9633662	(28.23332)***
Lag(SWP_Real, 1)	-0.08062068	(-1.174889)
Lag(SWP_Real, 2)	0.07031506	(1.029099)
R-Squared		0.9190962
Adjusted R-Squared		0.9159026
Durbin-Watson Statistic		0.7814986
F-statistic		287.7957
Akaike's IC		127.5437
Schwarz's IC		137.0215
Curva de Juros (SWP - Selic)	Coeficiente	T-Stat
Lag(SWP - Selic, 1)	0.9516509	(11.81738)***
Lag(SWP - Selic, 2)	-0.293411	(-3.614358)***
$\Delta Focus_{12M}, 1$	1.00286	(6.65016)***
$\Delta Hiato_BCB, 1$	0.2263495	(2.245364)*
R-Squared		0.8456719
Adjusted R-Squared		0.8374411
Durbin-Watson Statistic		2.056393
F-statistic		102.7444
Akaike's IC		99.86821
Schwarz's IC		111.7155

Significância: *** p_i0.001, ** p_i0.01, * p_i0.05

A Tabela 3 apresenta os resultados da estimação do segundo modelo (M3E+). Este modelo apresenta características semelhantes com o primeiro modelo.

A Curva de Philips segue com um caráter mais inercial, com o componente autorregressivo sendo mais importante que as expectativas (caráter *foward looking*) para explicar a trajetória de inflação. Com adição da variável que capta as variações do preço do petróleo (Brent_BRL), os coeficientes mudam marginalmente. A primeira defasagem do componente autorregressivo tem o coeficiente levemente menor (0.89), resultando num leve aumento do coeficiente de expectativas (0.32).

A curva IS apresenta mudança mais relevante com a adição de novas variáveis. A inclusão de variáveis que medem o impulso fiscal (sup_estrutural) e atividade global (Hiato_Mundial) trouxeram significância para o canal por onde a Curva de Juros afeta a Curva IS. Assim, a relação entre as equações se torna mais relevante (SWP_Real: -0.12).

A Curva de Juros segue com características semelhantes ao primeiro modelo com leves mudanças nos valores dos coeficientes, que continuam significativos e com relações parecidas ao modelo anterior.

Ainda sim percebe-se a limitação da resposta das curvas, quando suscetíveis a choques nas outras. O canal por onde a Curva de Juros e a Curva de IS afetam a Curva de Phillips é o hiato do produto. O coeficiente da primeira defasagem (-0.18) devolve quase que por completo o efeito do choque capturado pelo coeficiente contemporâneo da variável (0.21). Essa característica também é observada o canal por onde a Curva de Juros afeta a Curva IS onde a segunda defasagem do juro real (0.11) devolve o que foi capturado pela primeira defasagem (-0.13).

Tabela 3 – Resultados da Estimação - Modelos de 3 Equações Estendido

Curva de Phillips (IPCA_GERAL_YoY)	Coeficiente	T-Stat
Lag(IPCA_YoY,1)	0.8929387	(6.536333)***
Lag(IPCA_YoY,2)	-0.2360012	(-2.017472)*
Focus_12M	0.3158	(3.80639)***
Lag(ICBR_YoY,1)	0.03012438	(2.860338)**
Lag(ICBR_YoY,2)	-0.002861919	(-0.2711572)
Hiato_BCB	0.2114252	(0.9333437)
Lag(Hiato_BCB,1)	-0.1798536	(-0.8005975)
Lag(Brent_BRL,1)	-0.00380846	(-0.6389454)
Lag(Brent_BRL,2)	0.00387203	(0.8052061)
R-Squared		0.9808144
Adjusted R-Squared		0.9788395
Durbin-Watson Statistic		1.994119
F-statistic		434.5415
Akaike's IC		208.4213
Schwarz's IC		229.3979
Curva IS (Hiato_BCB)	Coeficiente	T-Stat
Lag(Hiato_BCB, 1)	0.9327147	(31.23889)***
Lag(SWP_Real, 1)	-0.1290974	(-2.057906)*
Lag(SWP_Real, 2)	0.1073737	(1.730096)
$\Delta_{sup_estrutural}$	0.01796803	(0.2051302)
Hiato_Mundial	0.2210091	(5.16301)***
R-Squared		0.9438902
Adjusted R-Squared		0.9399388
Durbin-Watson Statistic		0.6454056
F-statistic		238.8751
Akaike's IC		101.9817
Schwarz's IC		115.9661
Curva de Juros (SWP - Selic)	Coeficiente	T-Stat
Lag(SWP - Selic, 1)	0.9880849	(11.35398)***
Lag(SWP - Selic, 2)	-0.3110706	(-3.57533)***
$\Delta Focus_{12M}$	0.9141512	(5.637447)***
$\Delta Hiato_{BCB}$	0.2336033	(2.318683)*
Lag(CDS_5Y,1)	0.000171389	(0.7139879)
R-Squared		0.8529463
Adjusted R-Squared		0.8425904
Durbin-Watson Statistic		2.178013
F-statistic		82.36337
Akaike's IC		94.90389
Schwarz's IC		108.8883

Significância: *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05

A Tabela 4 apresenta os resultados da estimação do terceiro modelo (M5E). Este modelo já se diferencia dos outros pela inclusão de novas curvas que descrevem o comportamento de outras variáveis relevantes para análise da inflação. O modelo especifica equações para o câmbio e para expectativas de inflação, além daquelas descritas nos outros modelos.

A Curva de Phillips tem um caráter *foward looking*, onde o coeficiente das expectativas de inflação (0.73) tem maior peso na descrição da trajetória de inflação, com menor importância ao componente autorregressivo (0.26). Relacionando com os outros modelos, ao mudar a especificação da inflação (antes inflação acumulada em 12 meses e agora utilizando inflação trimestral), a curva deixa de ser inercial onde o componente autorregressivo era muito alto. Ainda sim o coeficiente do hiato do produto não é significativo (0.02), minimizando a relação da Curva IS e da Regra de Taylor.

A Curva IS nesse modelo segue com o componente autorregressivo significativo (0.52). O canal por onde a Curva de Juros afeta a Curva IS é mais robusto (Selic_Real), captando de forma relevante qualquer alteração no comportamento dos Juros. Como no segundo modelo, os coeficientes do impulso fiscal (sup_estrutural) e hiato global (Hiato_Mundial) seguem significativos (0.29 e 0.41).

Na Regra de Taylor, a relação entre a taxa de juros (Selic) e a inflação permanece consistente com os modelos anteriores, com os coeficientes autorregressivos significativos (0.82 e -0.72). A inclusão da variável da taxa de juros neutro ajustada pela meta de inflação (Juros_Neutro + Meta.Inflacao) mostra um impacto significativo de 0.11.

A Curva de Expectativas apresenta coeficientes significativos para explicar a trajetória das expectativas de inflação que impactam por sua maioria a trajetória da inflação descrita na Curva de Phillips. A curva é mais explicada por sua própria defasagem (0.81), mas também tem coeficiente da inflação corrente e da meta de inflação significativos (0.06 e 0.12).

A Curva da Paridade Descoberta de Juros também tem coeficientes consistentes e significativos. O prêmio de risco da taxa de câmbio (Selic-FED_Funds-CDS) apre-

sentado coeficiente significativo de -1.92. O comportamento do câmbio não tem uma relação direta muito relevante com a trajetória de inflação, onde seu coeficiente na curva de Phillips não é significativo (0.005), mas ao juntar com efeito da inflação importada consegue ser relevante para explicar a trajetória de inflação (ICBR*BRL: 0.04).

Tabela 4 – Resultados da Estimação - Modelo de 5 Equações

Curva de Phillips (IPCA_QoQ_SA)	Coefficiente	T-Stat
Lag(IPCA_QoQ_SA,1)	0.2682985	(2.631984)*
Focus_12M/4	0.7317015	(7.177925)***
$\Delta IC_{BR} * BRL$	0.04310631	(3.676158)***
ΔBRL	0.005671198	(0.5364252)
Hiato_BCB	0.01598014	(0.4141103)
ELNINO * ONI^2	0.03916824	(1.806789)
R-Squared	0.8618444	
Adjusted R-Squared	0.8545731	
F-statistic	94.82088	
Akaike's IC	154.9357	
Curva de Expectativas (Focus_12M)	Coefficiente	T-Stat
Lag(Focus_12M,1)	0.8149647	(14.3036)***
Lag(IPCA_YoY,1)	0.06477289	(2.873375)**
Meta_Inflacao	0.1194329	(2.518318)*
R-Squared	0.9964662	
Adjusted R-Squared	0.9963303	
F-statistic	7331.491	
Akaike's IC	38.37708	
Regra de Taylor (Selic Nominal)	Coefficiente	T-Stat
Lag(Selic,1)	1.615652	(25.31946)***
Lag(Selic,2)	-0.7224759	(-12.64935)***
Juros_Neutro + Meta_Inflacao	0.1068238	(5.798727)***
R-Squared	0.9980966	
Adjusted R-Squared	0.9980725	
F-statistic	20712.64	
Akaike's IC	124.9069	
Paridade Descoberta de Juros (BRL)	Coefficiente	T-Stat
PPC_QoQ	1.0000	(7.296167e+07)***
$\Delta Selic - FED_Funds - CDS/100$	-1.920511	(-2.576061)*
R-Squared	0.0894742	
Adjusted R-Squared	0.0894742	
F-statistic	7.861321	
Akaike's IC	547.2569	
Curva IS (Hiato_BCB)	Coefficiente	T-Stat
Lag(Hiato_BCB,1)	0.5189962	(7.42141)***
Lag(Selic_Real, 1)	-0.765725	(-3.568005)***
$\Delta sup_estrutural$	0.2942158	(2.994616)**
Hiato_Mundial	0.408517	(8.514561)***
R-Squared	0.9588529	
Adjusted R-Squared	0.9566873	
F-statistic	354.2064	
Akaike's IC	75.92928	

Significância: *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05

O terceiro modelo ainda apresenta algumas limitações quando comparado com a estimação do Banco Central. O canal por onde a Curva de Juros e a Curva IS impactam a trajetória de inflação (Curva de Phillips) segue não sendo significativo e qualquer choque nas duas trajetórias resultaria numa resposta muito pequena da inflação. A adição de novas especificações no modelo M5E, comparado aos modelos de 3 equações trouxe melhoras nas relações entre as equações, destacando o coeficiente da taxa de juros real na curva IS, que fica mais robusto e a trajetória da inflação sendo explicada pela inflação esperada, reduzindo a relevância da inércia.

A tabela 5 compara os resultados do modelo M5E com as estimações do Banco Central. A Curva de Phillips nos dois modelos tem o caráter *forward looking*, apesar das diferenças dos coeficientes. A principal diferença é no coeficiente do hiato do produto que capta a relação da curva com as demais já citadas, onde o modelo do Banco Central tem um coeficiente mais robusto do que o estimado no estudo.

A Curva IS entre os modelos apresentam o coeficiente da taxa de juros real significativa, sendo ela maior no M5E. Assim, um choque aplicado nos juros, por exemplo, tem efeito relevante na trajetória do hiato do produto em ambos modelos, que se diferem levemente na grandeza das respostas. Tópico será abordado no próximo capítulo.

As outras curvas apresentam coeficientes semelhantes entre os modelos. Em resumo, apesar da diferença na Curva de Phillips, a estimação do modelo M5E apresenta relações gerais semelhantes às do Banco Central.

Tabela 5 – Parâmetros estimados - Modelo 5 Eq. X Banco Central

Parâmetro	Descrição	BC	Modelo 5 Eq.
Curva de Phillips			
α_1	Inércia da inflação	0,14340	0,2682985
$1 - \alpha_1$	Expectativa de inflação	0,8566	0,7317015
α_2	Inflação importada	0,02260	0,04310631
α_3	Variação do câmbio	0,01590	0,0056711
α_4	Hiato do produto	0,17850	0,01598014
Curva IS			
β_1	Autorregressivo da IS	0,70480	0,5189962
β_2	Juro real	0,56430	0,765725
β_3	Resultado primário	0,02430	0,2942158
Regra de Taylor			
θ_1	Suavização dos juros, 1 ^a defasagem	1,48570	1,61565
θ_2	Suavização dos juros, 2 ^a defasagem	-0,58360	-0,7224759
θ_3	Desvio do Focus (inflação) em relação à meta	1,91200	1,91
Expectativas de inflação			
ϕ_1	Inércia das expectativas	0,72180	0,8149647
Outras curvas			
δ	Diferencial de taxa de juros interna e externa	1,59900	1,920511

6 Analisando a resposta a política monetária

Esta seção apresenta as funções impulso-resposta dos modelos estimados anteriormente. Para análise do comportamento da inflação e do hiato do produto em cada modelo, será aplicado um choque de 1 ponto percentual na taxa de juros (Selic) na Regra de Taylor.

6.1 M3E x M3E+ x M5E

Analisando os efeitos do choque nos modelos M3E e M3E+, vemos que as respostas são semelhantes. A adição de variáveis que ajudam a explicar a trajetória das curvas tem um impacto na magnitude dos choques. Ainda sim, as respostas são muito rápidas e o choque tem efeito muito curto na inflação. A resposta da inflação nesses modelos é pequena e é devido ao baixo coeficiente do juro real na Curva IS. O choque nos juros afeta a inflação pelo hiato do produto (Curva IS). Assim, como o coeficiente que captura o efeito do juro na Curva IS é pequeno, quando passado para Curva de Phillips a resposta da inflação a variação do hiato em função do choque nos juros é menor ainda, explicando pouco poder da política monetária em controlar a inflação. Outra observação desses dois modelos é a rápida conversão do choque. Isto pode ser explicado pela segunda defasagem das variáveis por onde o choque se propaga (Hiato_BCB na Curva de Phillips, SWP_Real na Curva IS), que devolve quase que por completo o efeito capturado pela primeira defasagem.

No modelo M5E, com a adição de novas especificações, as respostas ao choque já apresentam mudanças comparado aos outros modelos. O comportamento da inflação, do hiato e dos juros já apresentam mais persistência quando suscetíveis a um choque, onde o efeito fica mais distribuído no tempo. A magnitude da resposta do hiato também apresenta mudança. Com um coeficiente robusto da taxa de juros real, o efeito é capturado com mais precisão, permitindo uma melhor resposta do hiato. Já na Curva de Phillips, apesar do choque se dissipar no tempo, a magnitude ainda mostra pouco poder do choque na inflação. Isto se deve pelo baixo coeficiente

do hiato do produto (Hiato_BCB) na Curva de Phillips, reduzindo o efeito capturado pela Curva IS do choque nos juros.

De modo geral, nos modelos M3E e M3E+, as respostas aos choques são rápidas e de curta duração, com impacto limitado na inflação devido ao baixo coeficiente do juro real na Curva IS. O choque se propaga principalmente pelo hiato do produto, mas seu efeito na inflação é pequeno. No modelo M5E, com novas especificações, as respostas se tornam mais persistentes, e o efeito do choque é mais dissipado ao longo do tempo. Contudo, o impacto na inflação continua limitado pela baixa relevância do hiato do produto na Curva de Phillips

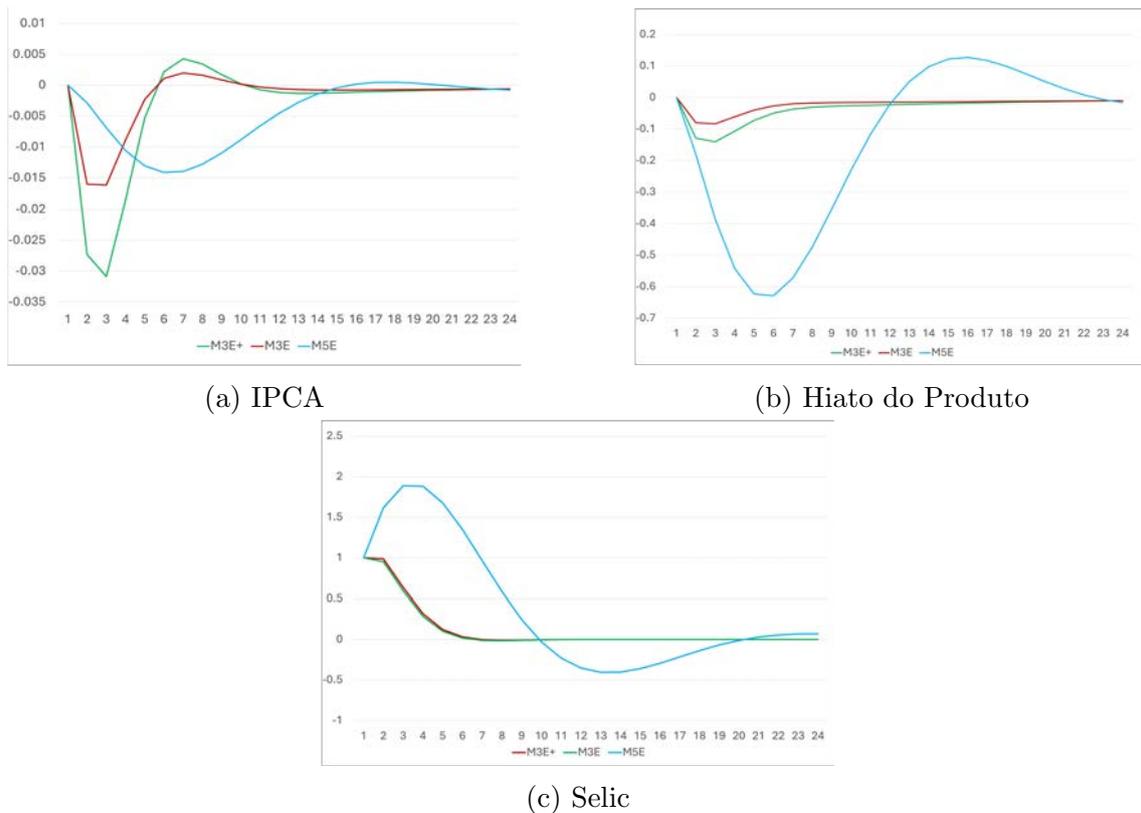


Figura 1 – Respostas ao choque de 1p.p na Selic

6.2 M5E x Modelo Banco Central

As diferentes técnicas de estimação entre o M5E e o modelo estimado pelo Banco Central do Brasil afetam o comportamento do coeficiente do hiato do produto na Curva de Phillips. Ajustando esse coeficiente para o valor estimado pelo Banco Central, as respostas das variáveis ao choque tornam-se mais semelhantes, com pequenas

diferenças na magnitude dos choques, o que explica as variações nos coeficientes observadas anteriormente. Com essa mudança, o problema identificado no modelo M5E em relação à resposta da inflação é resolvido, e a inflação passa a apresentar uma reação mais consistente ao choque de política monetária.

Ao comparar essas respostas com os modelos utilizados nos Estados Unidos e no Canadá (Berg et al. (2006)), observamos que, embora a potência da política monetária no nosso modelo seja menor que a dos Estados Unidos, ela ainda gera uma resposta mais forte do que a do Canadá.

Ao aplicar um choque de 1 ponto percentual nos juros, a inflação no nosso modelo cai 0,15 p.p. em 6 trimestres, enquanto no modelo canadense, a resposta é uma queda de 0,12 p.p. em 8 trimestres. Além disso, ao analisar a resposta do hiato do produto, as trajetórias de ambos os modelos são semelhantes, mas a magnitude no M5E é maior (o hiato cai 0,6 p.p. em 6 trimestres, enquanto no Canadá é uma queda de 0,2 p.p. em 4 trimestres) Berg et al. (2006).

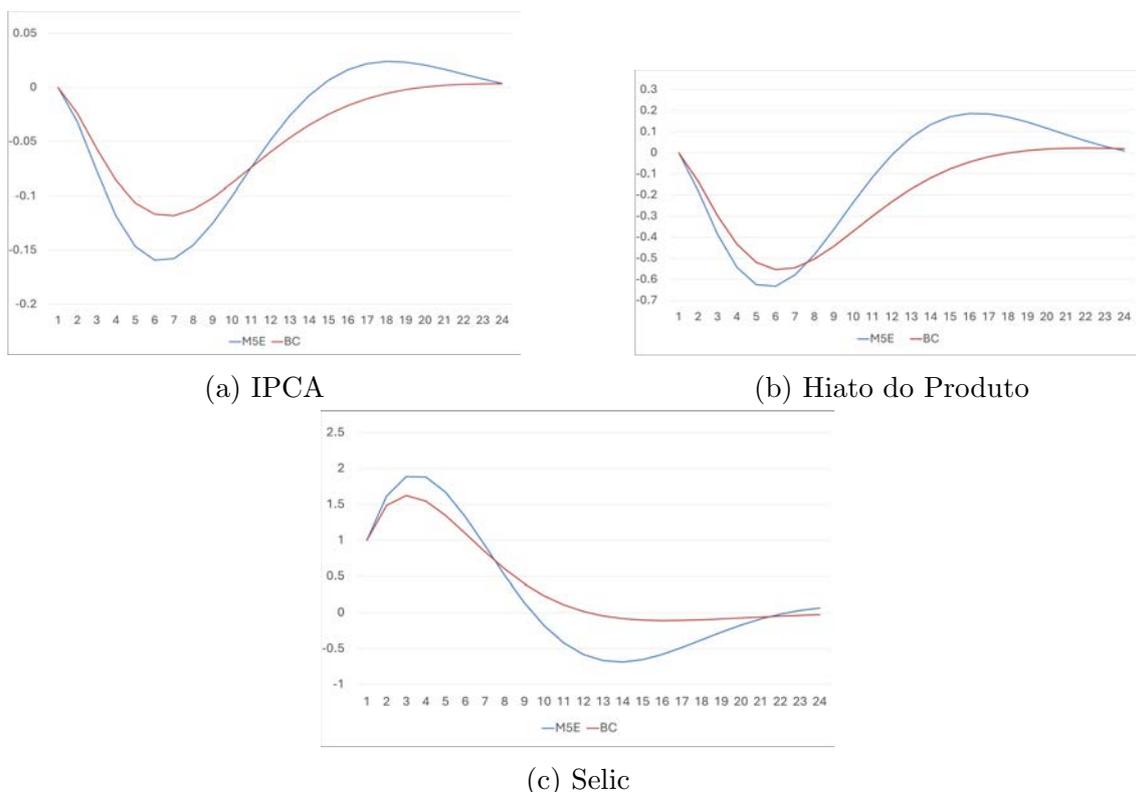
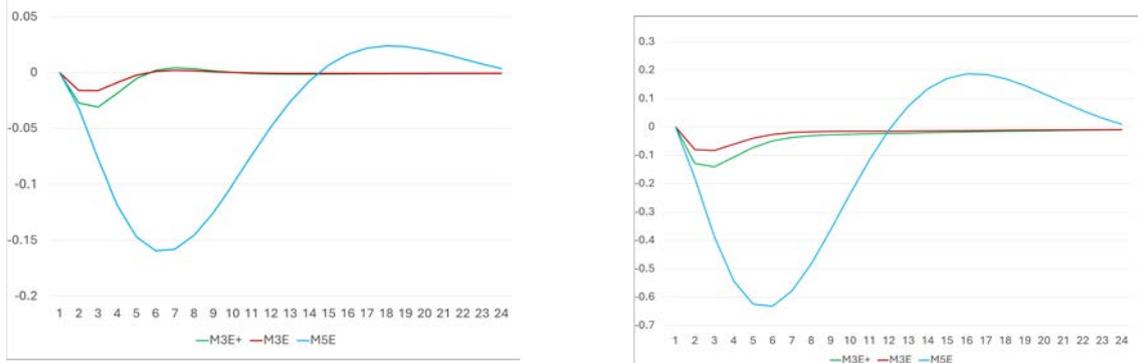
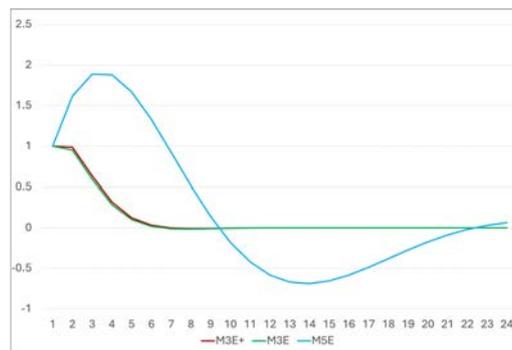


Figura 2 – Respostas ao choque de 1p.p na Selic (M5E x BC)

Voltando à comparação dos três modelos estimados, ao ajustar o coeficiente do hiato do produto no modelo M5E para o coeficiente estimado pelo Banco Central, é possível observar que as limitações ditadas anteriormente que comprometem o poder da política monetária são mitigadas no modelo de 5 equações. Agora os choques se dissipam no tempo e mostram magnitude relevante da resposta. Assim, podemos concluir que o M5E tem uma política monetária mais poderosa, uma vez que a inflação e o hiato têm respostas relevantes a um choque de política monetária.



(a) IPCA



(b) Selic

Figura 3 – Respostas ao choque de 1p.p na Selic
Utilizando o coeficiente do hiato do produto do Banco Central

7 Conclusão

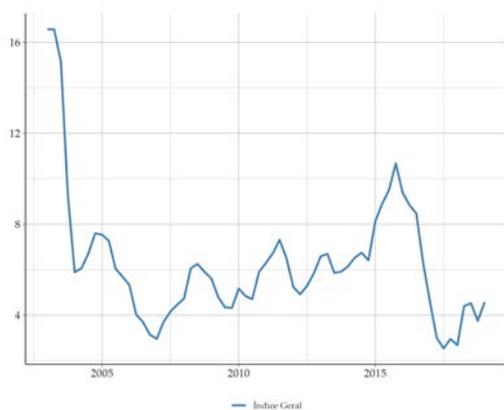
Desde a adoção do regime de metas de inflação, o Banco Central desenvolveu modelos como resposta à necessidade de agentes econômicos adotarem políticas *forward-looking*, utilizando essas ferramentas para guiar as decisões de política monetária. A relevância da modelagem trouxe incentivos para aprimorar continuamente os modelos, ajustando-os às novas circunstâncias econômicas. Ao longo do tempo, uma série de atualizações foram implementadas, e esta monografia examinou três versões que sintetizam essas evoluções desde o início do regime de metas. A análise focou na aplicação de um choque na taxa de juros e na avaliação de como a inflação e o hiato do produto reagem a esse choque.

”Evidências colaboram com e não substituem a imaginação. Um processo de tomada de decisão bem-sucedido deve permitir que uma narrativa evolua após um debate e discussão.” [King \(2024\)](#)

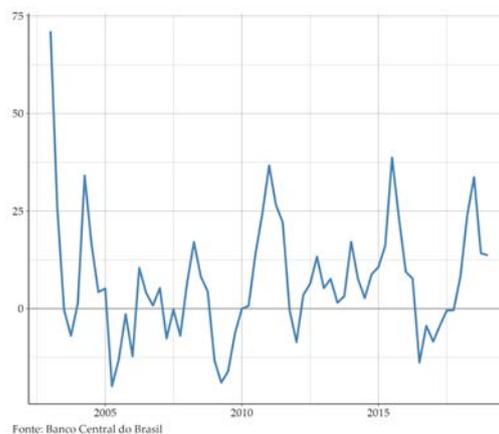
A inclusão de novas especificações foi fundamental para a calibragem mais precisa dos modelos, resultando em respostas mais ajustadas às mudanças na economia. Embora as diferenças nas técnicas de estimação tenham introduzido desafios na avaliação direta da resposta inflacionária, os ajustes nos coeficientes que determinam a propagação da política monetária, especialmente na curva que descreve a trajetória da inflação, melhoraram substancialmente a capacidade do modelo em capturar os efeitos dos choques de juros.

A evolução dos modelos gerou respostas a choques monetários mais persistentes e com maior efeito absoluto na inflação e hiato. A versão mais recente introduz novos mecanismos, considerando novas especificações para estimação do modelo. Como resultados, o modelo mostrou respostas das variáveis econômicas semelhantes às observadas no modelo utilizado pelo Banco Central. Quando comparado ao modelo do FMI, aplicado o mesmo choque no Canadá, identificaram trajetórias semelhantes nas respostas das variáveis, sugerindo um poder equivalente da política monetária para controlar a inflação, alinhando-se às práticas observadas em outros países [Berg et al. \(2006\)](#).

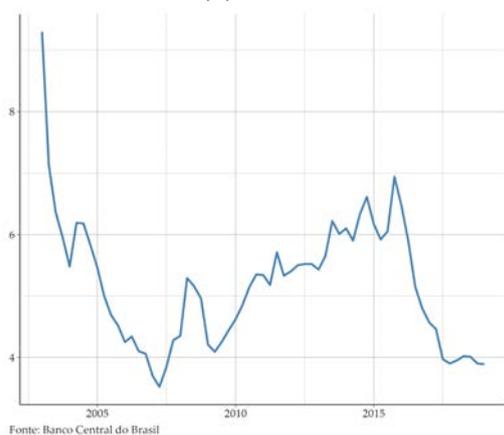
8 Apêndice



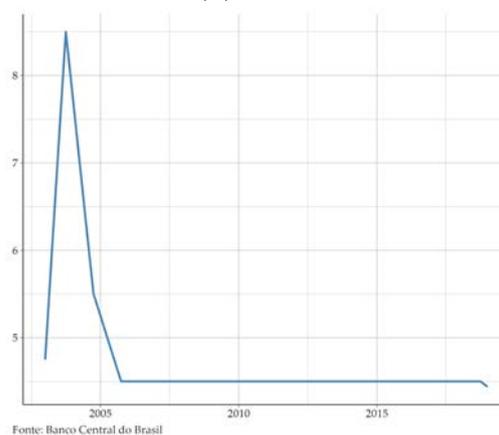
(a) IPCA



(b) IC-BR

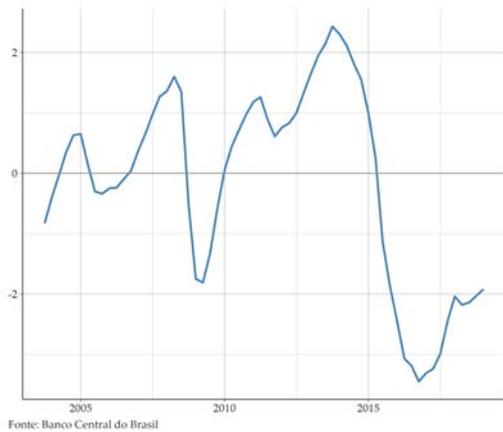


(c) Expectativa Focus

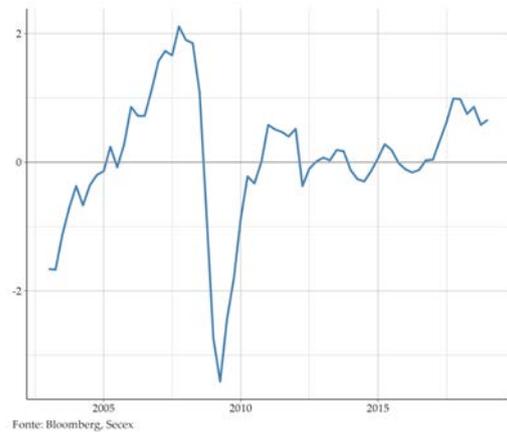


(d) Meta de Inflação

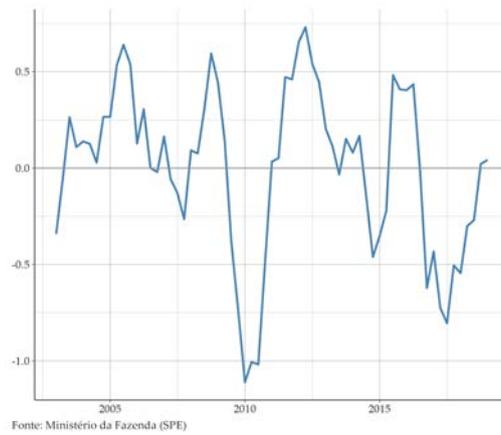
Figura 4 – Inflação



(a) Hiato BCB

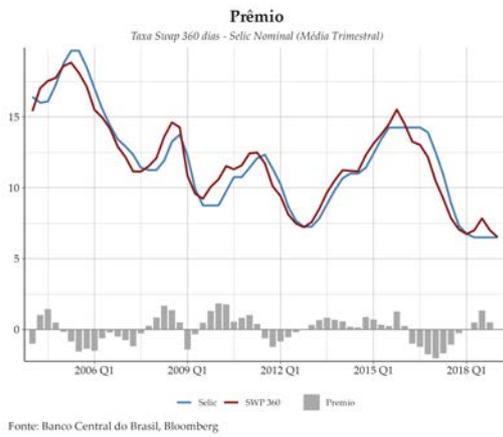


(b) Hiato Mundial

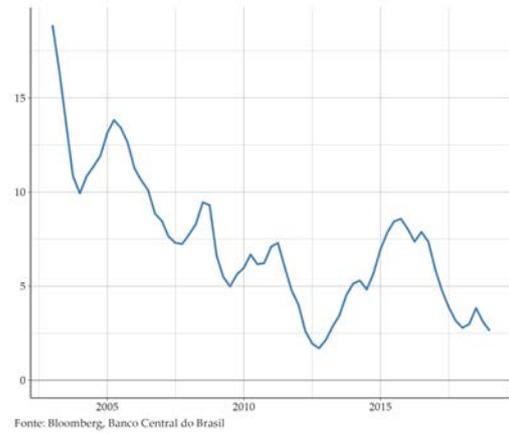


(c) Superávit Primário Estrutural

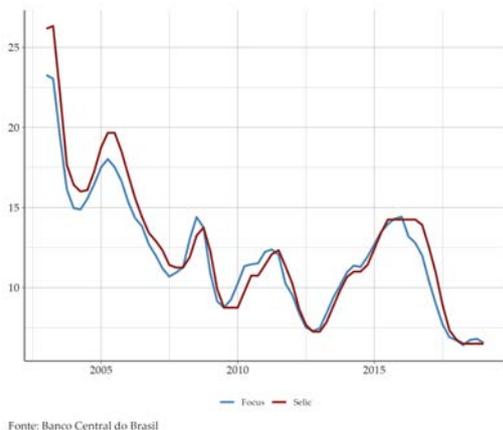
Figura 5 – Atividade



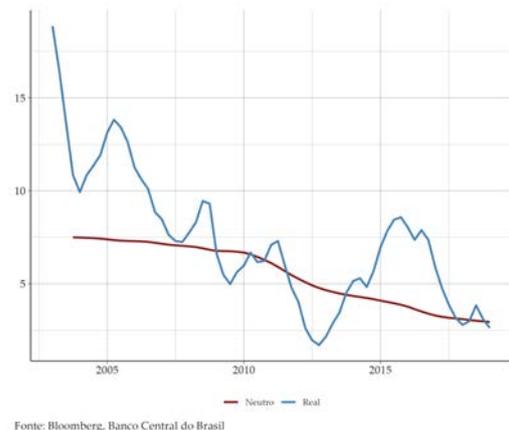
(a) Swap 360 Selic



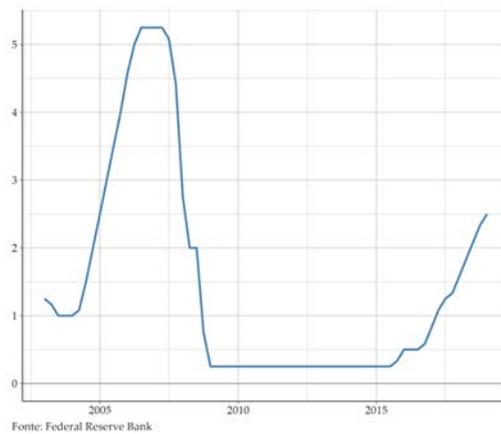
(b) Swap Real



(c) Selic Nominal e Expectativas

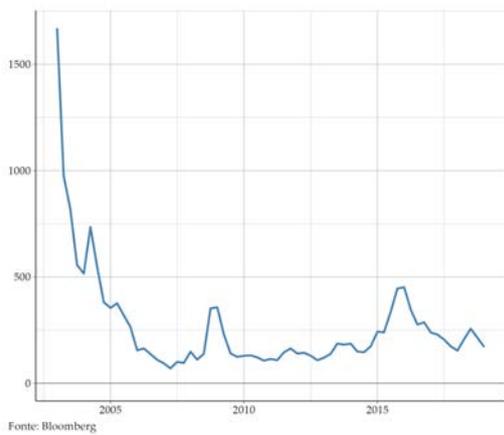


(d) Juros Neutro BCB

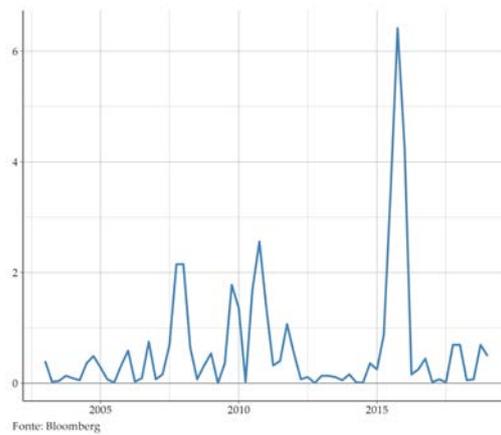


(e) Taxa de Juros Fed

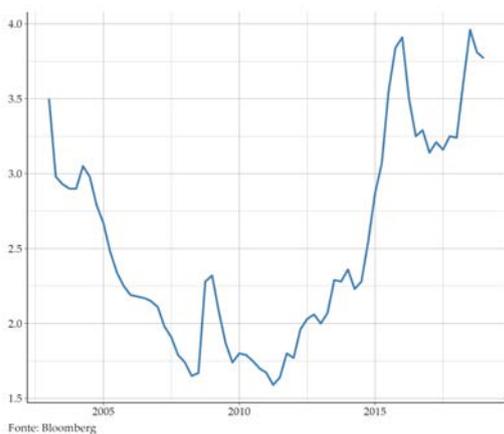
Figura 6 – Juros



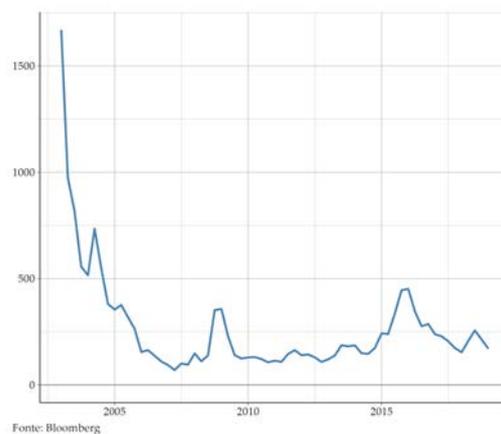
(a) CDS 5 Anos



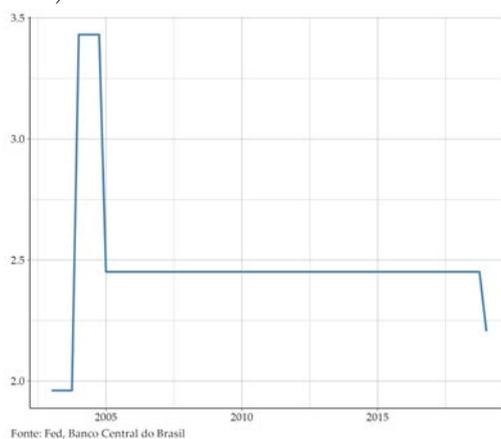
(b) ONI



(c) Câmbio (BRL)



(d) Brent



(e) Paridade do Poder de Compra (PPC)

Figura 7 – Outros

Bibliografia

- BACKUS, D.; DRIFFILL, J. *The consistency of optimal policy in stochastic rational expectations models*. [S.l.], 1986.
- BERG, A.; KARAM, P. D.; LAXTON, D. A practical model-based approach to monetary policy analysis-overview. IMF Working paper, 2006.
- BERNANKE, B. S.; MISHKIN, F. S. Inflation targeting: a new framework for monetary policy? *Journal of Economic perspectives*, American Economic Association, v. 11, n. 2, p. 97–116, 1997.
- BOGDANSKI, J.; TOMBINI, A. A.; WERLANG, S. R. d. C. Implementing inflation targeting in brazil. *Werlang, Sergio R., Implementing Inflation Targeting in Brazil (July 2000)*. Banco Central do Brasil Working Paper, n. 1, 2000.
- BRASIL, B. C. do. *Modelos de Projeção: Atualização e Aperfeiçoamentos - Junho*. 2011. [Relatório de Inflação - Junho 2011](#).
- BRASIL, B. C. do. *Revisão dos Modelos de Projeção de Pequeno Porte - Junho*. 2012. [Relatório de Inflação - Junho 2012](#).
- BRASIL, B. C. do. *Revisão dos Modelos de Projeção de Pequeno Porte - Junho*. 2013. [Relatório de Inflação - Junho 2013](#).
- BRASIL, B. C. do. *Revisão dos Modelos de Projeção de Pequeno Porte - Junho*. 2015. [Relatório de Inflação - Junho 2015](#).
- BRASIL, B. C. do. *Modelo agregado de pequeno porte - Junho*. 2017. [Relatório de Inflação - Junho 2017](#).
- BRASIL, B. C. do. *Novo modelo agregado de pequeno porte com estimação bayesiana - Setembro*. 2020. [Relatório de Inflação - Setembro 2020](#).
- GALI, J.; MONACELLI, T. Monetary policy and exchange rate volatility in a small open economy. *The Review of Economic Studies*, Wiley-Blackwell, v. 72, n. 3, p. 707–734, 2005.
- KING, M. A. *Inflation Targets: Practice Ahead of Theory*. [S.l.], 2024.
- LIMA, E. J. A.; ARAUJO, F.; SILVA, J. C. E. Previsão e modelos macroeconômicos no banco central do brasil. *Dez anos de metas para a inflação no Brasil*, v. 2009, p. 350–397, 2009.
- SVENSSON, L. E. Open-economy inflation targeting. *Journal of international economics*, Elsevier, v. 50, n. 1, p. 155–183, 2000.