

Intermediários Financeiros e Política de Crédito em um Modelo DSGE Para o Brasil

ANDRÉ FRANCISCO NUNES DE NUNES*
MARCELO SAVINO PORTUGAL†

Sumário

| | | |
|---|---|-----|
| 1 | Introdução | 361 |
| 2 | O Modelo com Intermediários Financeiros | 364 |
| 3 | Estimação | 372 |
| 4 | Análise e experimentos | 378 |
| 5 | Considerações Finais | 384 |
| | Apêndice A: Parâmetros do modelo | 387 |
| | Apêndice B: Equações do modelo | 388 |

Palavras-chave

Política Monetária, Crédito, Fricções Financeiras, DSGE.

JEL Codes

E52, E58, E44, E63

Resumo • Abstract

Este trabalho tem o objetivo de mostrar como a incorporação de intermediários financeiros num modelo DSGE influenciam na análise do ciclo econômico, e como uma política de crédito pode ser utilizada para mitigar os choques no mercado de crédito sobre a atividade. As simulações mostraram que o modelo conseguiu reproduzir o comportamento esperado para um modelo com fricções financeiras, quais sejam: maior amplificação e persistência nos ciclos econômicos. Política de crédito mostrou-se efetiva para mitigar os efeitos recessivos de uma crise financeira que atinja a cotação dos ativos privados ou o patrimônio das instituições financeiras.

1. Introdução

Os intermediários financeiros desempenham papel importante no mecanismo de transmissão dos choques que atingem a economia real. A formação de preços nos mercados de crédito e de ativos e o seu papel na alocação dos recursos tem função na delimitação dos ciclos econômicos. A literatura econômica mostrou que a transmissão da política econômica apresenta resultados díspares quando se consideraram as fricções nas intermediações financeiras dos agentes econômicos.¹ Nesse sentido, a cada crise financeira fica evidente que o mercado financeiro é uma fonte importante para delinear a persistência, volatilidade e amplitude dos ciclos de negócios. Em tempos normais, o setor financeiro é extremamente importante pela sua capacidade de atenuar as flutuações econômicas e multiplicar os investimentos. Entretanto, em momentos de crise, a fragilidade do setor financeiro pode contribuir para a instabilidade da economia.

*Sistema FIERGS. Av. Assis Brasil, 8.787, Sarandi, Porto Alegre, RS, Brasil.

†Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGE/UFRGS). Av. João Pessoa, 52, 3º andar, Centro Histórico, Porto Alegre, RS, Brasil. CEP 90040-000.

✉ andrefnunes@gmail.com ✉ msp@ufrgs.br

¹Uma revisão de literatura bastante completa sobre a transmissão da política monetária em modelos com fricções financeiras e o papel dessas no entendimento do ciclo econômico pode ser encontrado em Brunnermeier, Eisenbach & Sannikov (2012).

Os trabalhos seminais de [Bernanke, Gertler & Gilchrist \(1999\)](#) e [Carlstrom & Fuerst \(1997\)](#) introduziram fricções financeiras dentro do arcabouço dos modelos macroeconômicos modernos através do conceito de acelerador financeiro. Porém, os resultados das medidas de política monetária adotadas durante a crise não podem ser mensurados pela primeira geração de modelos com fricções financeiras, que, em sua maioria, não contemplam uma estrutura específica para lidar com os intermediários financeiros. Desse modo, incorporar o setor bancário dentro da estrutura tradicional dos modelos DSGE consistiu-se num dos principais desafios dessa literatura no pós-crise de 2008.

Nessa linha, destaca-se o modelo de [Christiano, Motto & Rostagno \(2014\)](#), com três setores produtivos e o setor bancário em estrutura bastante detalhada. Posteriormente, [Gertler & Karadi \(2011\)](#) apresentaram um modelo DSGE bastante parcimonioso com fricções financeiras e estrutura microeconômica específica para os intermediários. O modelo segue a estrutura de [Smets & Wouters \(2007\)](#) e [Christiano, Eichenbaum & Evans \(2005\)](#) ao permitir formação de hábito no consumo e considerar uma economia monetária ao estilo de [Woodford \(2003\)](#). Neste trabalho, as fricções financeiras surgem de um problema de agência entre os intermediários e os seus depositantes para produzir restrições endógenas sobre os índices de alavancagem dos intermediários financeiros. Assim, uma redução no capital dos bancos produzirá um efeito sobre os empréstimos e financiamentos da economia. Por sua vez, esse movimento originado no mercado financeiro terá impactos na economia real e o mercado de crédito pode ser analisado também pelo lado da oferta.

Outra característica do modelo de [Gertler & Karadi \(2011\)](#) é o papel do setor público que também atua como um intermediário no mercado de crédito, com o objetivo de auxiliar a política monetária na suavização do ciclo econômico. Nesse contexto, essa política tem como objetivo mitigar os impactos das crises financeiras.

Destaca-se que, uma das principais características das crises econômicas é o aumento dos custos de financiamento externo, o que deprime a oferta de crédito e, por consequência, o consumo e os investimentos. Dessa forma, a política de crédito busca aumentar a alavancagem do sistema e reduzir o prêmio de risco. Para isso, o governo pode tomar recursos dos poupadores, emitindo dívida pública e, em seguida, emprestar-los aos agentes tomadores. A distinção desta conduta de captação e empréstimo realizada pelo setor público em relação ao que os bancos privados fazem, reside no fato de que o governo tende a enfrentar menores restrições ao seu nível de alavancagem e, por conta disso, consegue diminuir o prêmio de risco na economia.

O *Global Financial Stability Report* ([IMF, 2014](#)), cita o modelo de [Gertler & Karadi \(2011\)](#) como referência para análise da intervenção do governo no mercado de crédito através de empréstimos diretos para empresas, compras de títulos ou capitalização de instituições. O relatório destaca que em momentos de crise, as restrições de alavancagem do governo tendem a ser mais brandas em comparação com as dificuldades que as instituições privadas se defrontam. Neste momento, o Tesouro aproveita o seu rating de crédito, geralmente maior do que o do setor privado, para enfraquecer as restrições de mercado e atuar na concessão de empréstimos subsidiados via instituições patrocinadas pelo Estado.

A elaboração de modelos com fricções financeiras aplicados à economia brasileira ganha importância ao passo que o setor financeiro e o crédito aumentaram sua participação na economia ao longo dos últimos quinze anos. O saldo das operações de crédito em relação ao PIB passou de 27,4% em 2001 para 53,5% em 2012. Essa mudança na estrutura da economia

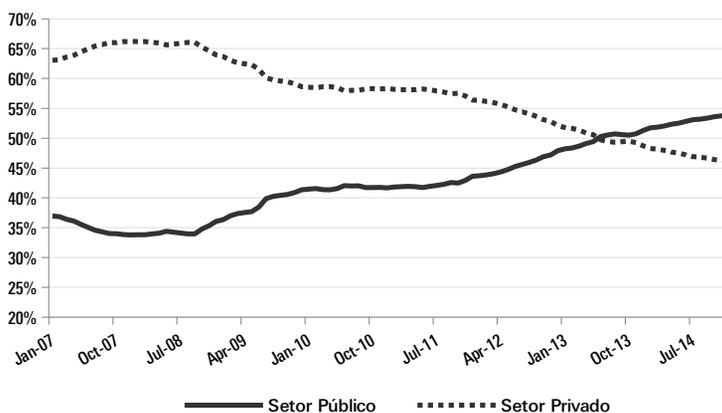
brasileira pode significar um maior potencial de que choques originados no setor financeiro atinjam o ciclo econômico.

Esse trabalho não tem o objetivo de analisar o comportamento da economia e da política monetária brasileira no período posterior ao ano de 2008 quando a participação do crédito concedido por instituições financeiras controladas pelo Governo Federal ganha espaço no total do crédito concedido na economia, como mostra o gráfico na [Figura 1](#). Entretanto, esse trabalho busca analisar como a incorporação de intermediários financeiros influenciam no entendimento do ciclo econômico e se uma política de crédito poderia ser utilizada para mitigar esses movimentos, bem como os seus custos em termos de endividamento.

Contudo, mesmo que a análise da política econômica no período recente não seja o foco central do trabalho, é possível encontrar paralelos entre o mecanismo intervenção do governo na economia após 2008 e o estabelecido pelo modelo aqui proposto. O governo brasileiro adotou uma política de incentivo e expansão do crédito como forma de estímulo à economia. Para isso, utilizou as instituições financeiras sob seu controle para promover a expansão no crédito, tanto para as empresas quanto para as famílias. Além disso, grande parte do *funding* dessas instituições ocorreu através da emissão de títulos da dívida pública.

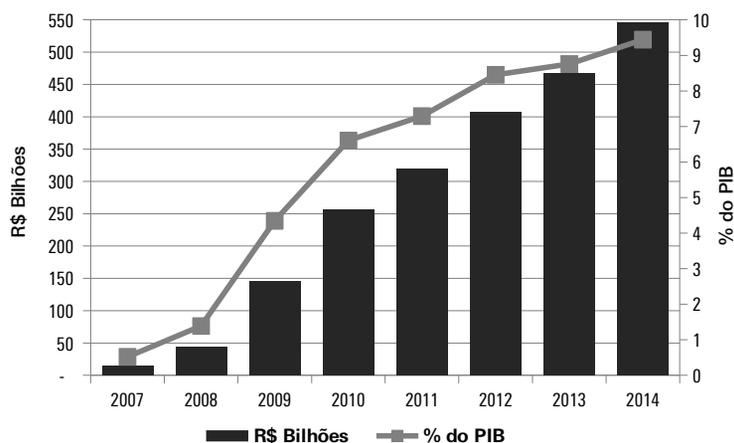
A [Figura 1](#) apresenta a participação dos bancos públicos no saldo de crédito em comparação com as instituições privadas. Ao longo da última década as instituições financeiras sob o controle público ganharam espaço no mercado de crédito, tornando-se, inclusive predominantes a partir de 2013. Também reforça essa hipótese o movimento de aumento do volume de recursos do Tesouro Nacional direcionados aos bancos públicos. Os repasses de recursos do Tesouro Nacional para os bancos públicos ([Figura 2](#)) passou de 0,5% do PIB em 2007 para 9,9% em julho de 2014. No mesmo sentido, a dívida bruta do governo geral passou de 57,1% do PIB no início de 2007 para a 63,4% no final de 2014. Uma descrição e análise aprofundada do crescimento dos empréstimos do Tesouro aos bancos públicos à custa da emissão de títulos governamentais é mostrada por [Afonso \(2011\)](#). Neste trabalho, o autor também considera o papel das operações compromissadas, que muitas vezes não é computado nos cálculos da dívida pública.

O objetivo principal deste trabalho será apresentar, e estimar para a economia brasileira, um modelo DSGE com base em [Gertler & Karadi \(2011\)](#). Em seguida, serão simulados os



Fonte: Banco Central do Brasil.

Figura 1. Saldo das operações das instituições financeiras sob o controle Público e Privado em relação ao saldo de crédito total da economia.



Fonte: Banco Central do Brasil.

Figura 2. Empréstimos do Tesouro Nacional para Bancos Públicos em R\$ bilhões e % do PIB.

choques de produtividade e da política monetária e um cenário de crise, em que o preço dos ativos sofre uma queda em sua cotação. A resposta do modelo estimado aos choques será comparada com um modelo sem a incorporação de intermediários financeiros. Dessa forma, espera-se avaliar quais características a incorporação do setor financeiro traz para a análise dos ciclos econômicos.

Posteriormente, as simulações de choques no mercado financeiro contarão com a adoção pelo governo de uma política de crédito, que pode ser moderada ou agressiva. Espera-se mostrar que a intervenção pode ter efeitos sobre o ciclo econômico, mas ela tem um custo em termos de elevação na relação dívida/PIB.

O trabalho está organizado em três partes, além dessa introdução e da conclusão. Na próxima seção será apresentado o modelo DSGE tradicional, bem como a os intermediários financeiros e o mercado de crédito. Em seguida serão realizadas as estimações e, por fim, os exercícios econométricos.

2. O Modelo com Intermediários Financeiros

O objetivo principal do modelo [Gertler & Karadi \(2011\)](#) é representar uma economia em que os intermediários financeiros sejam um agente econômico - assim como as famílias, as firmas e o governo. O setor financeiro interage com os demais agentes através dos investimentos e do mercado de crédito. Com essa especificação, o modelo se torna capaz de reproduzir choques nos ciclos de negócios que têm como origem as variações na cotação dos ativos e no patrimônio das instituições financeiras, afetando o mercado de crédito e a realização de investimentos.

2.1 As Famílias

A economia é composta por um contínuo de famílias idênticas. Como ocorre nos modelos DSGE tradicionais, as famílias podem ofertar trabalho, consumir e poupar. Neste modelo, entretanto, quando elas poupam fazem isso emprestando recursos para os intermediários financeiros e para o governo. Dentro das famílias existem dois tipos de membros: trabalhadores e banqueiros. Os trabalhadores ofertam mão de obra e recebem salários e

transferem esse salário para a sua família. Cada banqueiro administra um intermediário financeiro e transfere os ganhos para a sua família. Assim, as famílias efetivamente possuem os intermediários financeiros que administram.

O problema de maximização das famílias é escolher o consumo, C_t , e a oferta de trabalho, L_t , podendo ser descrito como

$$\max \mathbb{E}_t \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \left[\ln (C_{t+i} - hC_{t+i-1}) - \frac{\chi}{1+\varphi} L_{t+i}^{1+\varphi} \right], \quad (1)$$

$$\text{sujeito a } C_t = W_t L_t + \Pi_t + T_t + R_t B_t - B_{t+1}, \quad (2)$$

com os parâmetros definidos como $0 < \beta < 1$, $0 < h < 1$ e $\chi, \varphi > 0$.²

Os depósitos realizados pelas famílias nos bancos e a dívida do governo são ambos financiados através de um título de um período que paga uma taxa bruta de retorno R_t entre os períodos $t-1$ e t . Em equilíbrio, não existem diferenças entre o emissor do título e ambos são considerados livres de risco de *default*. Dessa forma, não há diferença se os títulos foram adquiridos diretamente do governo ou via instituição financeira.

A restrição orçamentária também é composta por B_{t+1} , que é a quantidade total de títulos adquirido pelas famílias, W_t o salário real recebido pelo trabalho, Π_t o lucro líquido recebido pela propriedade das instituições financeiras e não-financeiras e T_t os impostos pagos ao governo.

As condições de primeira ordem para a decisão entre consumo e poupança e oferta de trabalho são dadas por

$$q_t W_t = \chi L_t^\varphi \quad \text{e} \quad \mathbb{E}_t \beta \Lambda_{t,t+1} R_{t+1} = 1, \quad (3)$$

em que $\Lambda_{t,t+1}$ é o multiplicador de Lagrange da restrição orçamentária do consumidor:

$$\Lambda_{t,t+1} = \frac{q_{t+1}}{q_t} \quad (4)$$

e

$$q_t = (C_t - hC_{t-1})^{-1} - \beta h \mathbb{E}_t (C_{t+1} - hC_t)^{-1}. \quad (5)$$

2.2 As Firms Produtoras de Bens Intermediários

Um número contínuo de firmas não financeiras operam num mercado competitivo e produzem bens intermediários que serão vendidos para as firmas varejistas. O produtor de bens intermediários adquire bens de capital (K_{t+1}) para usar na produção no período subsequente. A firma financia a aquisição do capital em cada período obtendo recursos dos intermediários financeiros. Para isso, emite uma obrigação, S_t , igual ao número de unidades de capital K_{t+1} , com preço unitário igual a Q_t . Sendo assim, $Q_t K_{t+1}$ é o valor do capital adquirido e $Q_t S_t$ é o valor das obrigações emitidas:

$$Q_t K_{t+1} = Q_t S_t. \quad (6)$$

Por suposição, os intermediários possuem informação perfeita sobre a firma e não há problema em fazer cumprir os pagamentos. Deste modo, não há fricções financeiras nesse

²A descrição de cada parâmetro do modelo está no [Apêndice A](#).

processo, neste modelo apenas os intermediários financeiros enfrentarão restrições via patrimônio líquido para obter recursos. Essa limitação, entretanto, afeta a oferta de recursos disponíveis para emprestar para as firmas não financeiras e, por consequência, a taxa de retorno sobre o capital que essas firmas deverão pagar.

A oferta em cada período é representada pela seguinte função de produção:

$$Y_{m,t} = A_t (U_t \xi_t K_t)^\alpha L_t^{1-\alpha}, \quad (7)$$

em que

$$A_t = \rho_A A_{t-1} + \epsilon_{A,t}, \quad \epsilon_{A,t} \sim N(0, \sigma_A^2). \quad (8)$$

A produção utiliza capital (K_t) e trabalho (L_t) como insumo. A firma também pode variar a intensidade de utilização do capital (U_t). Além disso, A_t é a produtividade total dos fatores e ξ_t a qualidade do capital. O fator ξ_t tem o objetivo de representar uma fonte de variação no valor do capital e estará sujeito a choques exógenos, que podem ser interpretados como um aumento na depreciação, maior obsolescência do capital ou uma variação no valor/cotação do capital. Essa variável se desenvolve como um processo AR(1):³

$$\xi_t = \rho_\xi \xi_{t-1} + \epsilon_{\xi,t}, \quad \epsilon_{\xi,t} \sim N(0, \sigma_\xi^2). \quad (9)$$

A firma opera em um mercado competitivo e terá lucro zero em cada período. O problema das firmas produtoras de bens intermediários é estático e pode ser representado maximizar lucro escolhendo, em cada período, a utilização do capital, U_t , e a demanda por trabalho, L_t , dado o preço do produto, $P_{m,t}$:

$$\max \{P_{m,t} Y_{m,t} - (U_t + W_t L_t)\}. \quad (10)$$

A restrição do problema é dado pelo custo dos insumos ($U_t + W_t L_t$) e assume-se que o preço do capital reutilizado é igual a unidade. As condições de primeira ordem são:

$$P_{m,t} \alpha \frac{Y_{m,t}}{U_t} = \delta' (U_t) \xi_t K_t, \quad (11)$$

$$P_{m,t} (1 - \alpha) \frac{Y_{m,t}}{L_t} = W_t. \quad (12)$$

A depreciação do capital, $\delta_t (U_t)$, depende de um componente linear δ_c e do grau de utilização. O parâmetro ζ representa a elasticidade da taxa de depreciação do capital em relação ao sua utilização:

$$\delta_t (U_t) = \delta_c + \frac{b}{(1 + \zeta)} U_t^{(1+\zeta)}. \quad (13)$$

Desse modo, quanto maior a utilização do capital, maior será a sua depreciação. Portanto, longos períodos de baixo investimento e elevada utilização do capital impactam a quantidade

³Conforme é demonstrado em [Gertler & Karadi \(2011\)](#), dado que o preço de reposição do capital que depreciou é a unidade, então o valor do estoque do capital que sobra de um período para o outro é dado por

$$(Q_{t+1} - \delta(U_{t+1})) \xi_{t+1} K_{t+1}.$$

Portanto, a equação de acumulação do capital pode ser expressa como uma função dos investimentos líquidos, $I_{m,t}$, e do capital no período $t - 1$, ajustado pelo choque na qualidade do capital: $K_t = \xi_t K_{t-1} + I_{m,t}$.

produzida. A cada período de emprego intensivo de capital, o estoque de capital declina numa velocidade maior.

A equação de retorno bruto do capital levará em conta essa estrutura de mercado (preços do produto e custo marginal da produção), preço do capital e a taxa de utilização do capital:

$$R_{kt+1} = \frac{\left(P_{m,t+1} \alpha \frac{Y_{m,t+1}}{\xi_{t+1} K_{t+1}} + Q_{t+1} - \delta(U_{t+1}) \right) \xi_{t+1}}{Q_t}. \quad (14)$$

Isso significa que ela pagará o retorno *ex post* do capital para o intermediário.

2.3 As Firms Produtoras de Bens de Capital

Os bens de capital utilizados em cada período são compostos dos bens depreciados e novos. As firmas produtoras de bens de capital compram insumos das firmas produtoras de bens intermediários para repor o capital depreciado, que tem custo igual a unidade, e produzir capital novo. Esses bens são vendidos ao preço Q_t . Seja I_t , I_{nt} e I_{SS} , o capital bruto, o capital líquido criado e o capital de estado estacionário, respectivamente, o produtor de bens de capital maximiza os lucros descontados no tempo escolhendo $I_{n,t}$:

$$\max \mathbb{E}_t \sum_{\tau=t}^{\infty} \beta^{T-t} \Lambda_{t,\tau} \left\{ (Q_{\tau} - 1) I_{n,\tau} - f \left(\frac{I_{n,\tau} + I_{SS}}{I_{n,\tau-1} + I_{SS}} \right) (I_{n,\tau} + I_{SS}) \right\}, \quad (15)$$

sendo que a restrição ao problema é dada pela função de ajustamento do capital:

$$f \left(\frac{I_{n,t} + I_{SS}}{I_{n,t-1} + I_{SS}} \right) = \frac{\eta_i}{2} \left(\frac{I_{n,t} + I_{SS}}{I_{n,t-1} + I_{SS}} - 1 \right)^2, \quad (16)$$

com I_{nt} representando o investimento líquido:

$$I_{nt} = I_t - \delta(U_t) \xi_t K_t, \quad (17)$$

onde $f(1) = f'(1) = 0$ e $f''(1) > 0$; $\delta(U_t) \xi_t K_t$ é a quantidade de capital reaproveitado; e η_i é a elasticidade inversa do investimento líquido em relação ao preço do capital em estado estacionário. Os lucros gerados nessa atividade retornam *lump sum* para as famílias (Π_t).

O preço do capital decorre da decisão ótima de investimento das firmas produtoras de bens de capital e pode ser expressa como

$$Q_t = 1 + f(\cdot) + \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right) f'(\cdot) - \mathbb{E}_t \Lambda_{t,t+1} \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right)^2 f(\cdot)'. \quad (18)$$

2.4 As Firms Produtoras de Bens Finais

O bem final Y_t é o agregado da produção dos bens intermediários por um contínuo de firma varejistas, em que a elasticidade substituição entre os bens é dada por $\varepsilon > 1$. Nesta parte do processo de produção é possível introduzir rigidez nominal no modelo. Cada firma está apta a ajustar livremente o seu preço com probabilidade $(1 - \gamma)$. A produção agregada é derivada da produção intermediária:

$$Y_t = D_t Y_{m,t},$$

em que D_t é o índice de dispersão dos preços que deriva da equação de rigidez nominal. Conforme mostra [Schorfheide \(2011\)](#), esse índice captura a perda de produção decorrente da rigidez do modelo Novo Keynesiano.

A relação para o nível de preços agregado leva em conta a probabilidade de ajustar o preço no período atual, bem como a indexação à inflação passada e o reajuste ótimo, e é dada por

$$\pi_t^{(1-\varepsilon)} = \gamma \pi_{t-1}^{\gamma p^{(1-\varepsilon)}} + (1-\gamma) \pi_t^{*(1-\varepsilon)}. \quad (19)$$

O comportamento das famílias e das firmas, juntamente com o fechamento da economia e a política monetária, são a base para um modelo DSGE tradicional ao estilo de [Smets & Wouters \(2007\)](#).

Para que modelo torne-se um modelo tradicional sem fricções financeiras, pode-se igualar as taxas de retorno: $\beta \Lambda_{t,t+1} R_{kt+1} = \beta \Lambda_{t,t+1} R_t$. Nesse caso, o papel dos intermediários será nulo, pois os investidores se financiarão com a mesma taxa de juros que remunera os títulos em poder das famílias. As demais equações descritas acima serão as mesmas, somadas daquelas que fazem o fechamento da economia e que serão apresentadas na seção 2.7. Nas próximas duas partes serão adicionados os intermediários financeiros e o mercado de crédito ao modelo.

2.5 Os Intermediários Financeiros

Os intermediários financeiros emprestam os recursos depositados pelas famílias para as firmas produtoras de bens intermediários. Seja N_{jt} o patrimônio líquido que o intermediário j possui no período t ; B_{jt+1} os depósitos obtidos junto às famílias; S_{jt} a quantidade de ativos financeiros das firmas não financeiras; e Q_t o preço relativo de desses ativos (S_{jt}). O balanço dos intermediários financeiros pode ser expresso como

$$Q_t S_{jt} = N_{jt} + B_{jt+1}. \quad (20)$$

O crescimento do patrimônio da instituição financeira vai depender do prêmio sobre os seus ativos, $R_{kt+1} - R_{t+1}$, bem como do aumento na quantidade total dos ativos, $Q_t S_{jt}$. Assim, a evolução no tempo do capital social dos intermediários depende da diferença entre o retorno sobre os ativos e os juros pagos sobre as obrigações:

$$N_{jt+1} = (R_{kt+1} - R_{t+1}) Q_t S_{jt} + R_{t+1} N_{jt}. \quad (21)$$

Conforme mostrado na parte das famílias, o depósito nas instituições financeiras no período t tem um retorno bruto de R_{t+1} em $t + 1$. Então, B_{jt+1} pode representar a dívida do intermediário e N_{jt+1} o seu capital social (próprio). Os intermediários obtêm uma receita sobre os ativos intermediados que é igual R_{kt+1} , e o seu lucro depende da diferença $R_{kt+1} - R_{t+1}$.

Num mercado sem fricções financeiras, o retorno do capital será igual a taxa de retorno das famílias e o prêmio de risco será zero. Contudo, no mercado com imperfeições financeiras, o prêmio será positivo devido aos limites impostos pela capacidade do intermediário em levantar recursos. Assim, a existência de agentes que fazem a intermediação financeira faz com que a taxa de juros pela qual as firmas tomam emprestado seja diferente da taxa de juros de referência para a política monetária e o *spread* entre essas taxas vai depender de fatores como a cotação dos ativos das firmas e do patrimônio das instituições financeiras.

Dado que o banqueiro não irá financiar ativos com um retorno presente menor do que o valor presente do custo, a decisão de operar no período i deve levar em conta a seguinte desigualdade:

$$\mathbb{E}_t \beta^i \Lambda_{t,t+1+i} (R_{kt+1+i} - R_{t+1+i}) \geq 0, \quad i \geq 0. \quad (22)$$

O objetivo do banqueiro será maximizar a renda final esperada escolhendo a sequência para as variáveis S_{jt} e N_{jt} :

$$V_{jt} = \max \mathbb{E}_t \sum_{i=0}^{\infty} (1-\theta) \theta^i \beta^{i+1} \Lambda_{t,t+1+i} \left[(R_{kt+1+i} - R_{t+1+i}) Q_{t+i} S_{jt+i} + R_{t+1+i} N_{jt+i} \right]. \quad (23)$$

Além da restrição (22), o banqueiro também deverá obedecer uma restrição de incentivo:

$$V_{jt} \geq \lambda Q_{jt} S_{jt}. \quad (24)$$

Para proporcionar um limite à expansão ilimitada dos ativos do sistema financeiro através do aumento dos empréstimos é introduzido um mecanismo de risco moral no problema. [Gertler & Karadi \(2011\)](#) estabelecem que no início de cada período, o banqueiro pode escolher desviar uma fração λ dos fundos disponíveis em vez de transferi-los de volta para as famílias para o qual é membro. Esse desvio pode ser consequência, por exemplo, de bônus maiores para os diretores, custos operacionais, despesa com marketing, etc. O custo para o banqueiro decorre dos depositantes poderem forçar o intermediário a ir a falência e recuperar a fração, $(1 - \lambda)$, restante dos ativos. No entanto, é muito custoso para os depositantes recuperar a fração λ que o banqueiro desviou.

Em decorrência das condições de primeira ordem do problema dos banqueiros, obtêm-se a seguinte relação:

$$V_{jt} = v_t Q_t S_{jt} + \eta_t N_{jt}, \quad (25)$$

sendo que $v_t Q_t S_{jt}$ representa a perda do banqueiro ao desviar recursos e $\eta_t N_{jt}$ é o ganho que obtém desviando os recursos.⁴ Se essa igualdade estiver valendo, a quantidade de ativos que o banqueiro poderá adquirir dependerá positivamente do seu capital próprio:

$$Q_t S_{jt} = \frac{\eta_t}{\lambda - v_t} N_{jt} = \phi_t N_{jt}, \quad (26)$$

onde ϕ_t representa a taxa de ativos privados em relação ao capital próprio do banco. Essa variável pode ser entendida como a taxa de alavancagem (privada). Portanto, o nível de alavancagem ótima é dada por

$$\phi_t = \frac{v_t}{\lambda - \eta_t}. \quad (27)$$

A equação que expressa a evolução do patrimônio líquido agregada para os intermediários financeiros é

$$N_t = \theta \left[(R_{kt} - R_t) \phi_{t-1} + R_t \right] N_{t-1} + \omega Q_t S_{t-1}. \quad (28)$$

⁴A expressão $v_t = \mathbb{E}_t \left\{ (1-\theta) + \beta \Lambda_{t,t+1} \theta z_{t,t+1} v_{t+1} \right\}$ representa o valor presente do benefício marginal esperado que o banqueiro ganhe por expandir os ativos $Q_t S_{jt}$ em uma unidade, enquanto a riqueza N_{jt} permanece constante. Por outro lado, $\eta_t = \mathbb{E}_t \left\{ (1-\theta) \beta \Lambda_{t,t+1} (R_{kt+1} - R_{t+1}) + \beta \Lambda_{t,t+1} \theta x_{t,t+1} \eta_{t+1} \right\}$ representa o valor presente esperado de expandir N_{jt} mantendo S_{jt} constante. Em que a taxa bruta de crescimento dos ativos entre t e $t+i$ é dada por $x_{t,t+i} \equiv (Q_{t+i} S_{jt+i}) / (Q_t S_{jt})$ e a taxa de crescimento do patrimônio é dada por $z_{t,t+1} \equiv N_{jt+i} / N_{jt}$.

O termo $\omega Q_t S_{t-1}$ representa o patrimônio dos entrantes. Como mencionado anteriormente, os intermediários entrantes recebem um aporte inicial das suas famílias. Gertler & Karadi (2011) supõem que o recurso inicial que a família transfere ao novo banqueiro é igual a uma fração do valor dos ativos que os banqueiros falidos operaram em seu último período. A avaliação das famílias de quanto o banqueiro precisa para começar depende da escala de ativos que os banqueiros têm intermediado no último período. Dado que a probabilidade de saída é uma variável *i.i.d.*, os ativos totais dos banqueiros no final do período são dados por $(1 - \theta) Q_t S_{t-1}$. Portanto, assume-se que em cada período a família transfere uma fração $\omega / (1 - \theta)$ do seu valor para os bancos entrantes. Sendo que o parâmetro θ denota a probabilidade de um membro das famílias que era banqueiro no período t continue a ser banqueiro em $t + 1$, de tal modo que a taxa média de sobrevivência do banqueiro é $1 / (1 - \theta)$. Esse parâmetro evita com que em algum momento os banqueiros consigam financiar todos os investimentos com capital próprio.

2.6 O Mercado de Crédito

Na seção anterior foi determinado o valor total dos ativos privados que os intermediários operam no mercado, o qual será chamado de $Q_t S_{p,t}$, pois será incorporado ao modelo uma parcela de ativos intermediados via assistência do governo, denominado $Q_t S_{g,t}$. Considerando o caso de ausência de governo na intermediação, temos a situação da seção anterior: $Q_t S_{p,t} = Q_t S_t$.

Agora, assume-se que o governo está disposto a facilitar o crédito na economia. Seja $Q_t S_{g,t}$ o valor dos ativos intermediados via assistência do governo e seja $Q_t S_t$ o valor total dos ativos intermediados. Temos:

$$Q_t S_t = Q_t S_{p,t} + Q_t S_{g,t}. \quad (29)$$

Supondo que o governo está disposto a financiar a fração ψ_t dos fundos dos intermediários financeiros, temos:

$$Q_t S_{g,t} = \psi_t Q_t S_t. \quad (30)$$

A política de crédito será conduzida pelo governo (que pode ser o tesouro nacional, o banco central, algum banco público, ou recursos direcionados destinados às instituições privadas) que emite títulos da dívida pública para levantar recursos junto às famílias. Por sua vez, as famílias adquirem esses títulos e recebem a taxa livre de risco, R_{t+1} . Então, os recursos são emprestados para as firmas não financeiras que pagam a taxa de mercado, R_{kt+1} . A intermediação do governo envolve um custo de eficiência (peso morto) no montante de τ por unidade ofertada. Esse peso morto, pode refletir tanto os custos de operação e transação para identificar o destino dos investimentos. Por outro lado, o governo sempre honra sua dívida, pois ao contrário do intermediário financeiro privado, o governo não possui restrição orçamentária para realizar as operações. Os títulos públicos ($B_{g,t}$) serão emitidos na proporção igual a $\psi_t Q_t S_t$. A receita líquida de intermediação no período t será igual a $(R_{kt+1} - R_{t+1}) B_{g,t}$. Esse retorno representa a fonte de receita do governo e deve ser contabilizada no orçamento público.

É possível interpretar o modelo para considerar que o governo, ao invés de atuar como um intermediário, pode realizar uma política de crédito emitindo dívida pública para capitalizar os intermediários financeiros. Os intermediários, por sua vez, financiam suas participações de dívida pública através da emissão de depósitos para as famílias, que,

do ponto de vista das famílias, são substitutos perfeitos. Assumindo que o problema de agência se restringe às transações privadas, o intermediário financeiro não tem limitação de participação na dívida pública. Assim, somente os recursos com origem em ativos privados estão sujeitos à restrição do orçamento dos bancos.

Uma vez que os fundos intermediados pelo setor privado são restritos pelo patrimônio líquido dessas instituições, a equação (26) pode ser reescrita para obter

$$Q_t S_t = \phi_t N_t + \psi_t Q_t S_t = \phi_{ct} N_t, \quad (31)$$

onde ϕ_t é a taxa de alavancagem dos fundos privados intermediados e ϕ_{ct} é a taxa de alavancagem total dos fundos do intermediário financeiro, tanto públicos quanto privados:

$$\phi_{ct} = \frac{1}{1 - \psi_t} \phi_t. \quad (32)$$

A alavancagem total (ϕ_{ct}) depende positivamente da intensidade da política de crédito pública, medida por ψ_t .

Neste momento, porém, existe a possibilidade de adicionar ao modelo uma política de crédito. Supondo um cenário de crise, ou simplesmente uma conjuntura em que o *spread* atinge certo limite, o governo pode atuar no mercado de crédito de acordo com a seguinte regra:

$$\begin{aligned} \psi_t &= \kappa \mathbb{E}_t \left[(\log R_{kt+1} - \log R_{t+1}) - (\log R_k - \log R) \right] + \iota_t, \\ \iota_t &= \rho_t \iota_{t-1} + \epsilon_{\iota,t}, \quad \epsilon_{\iota,t} \sim N(0, \sigma_\iota^2), \end{aligned} \quad (33)$$

onde ψ é o nível de crédito público em estado estacionário e $(\log R_k - \log R)$ é o prêmio de estado estacionário. O parâmetro de *feedback*, κ , é positivo, e de acordo com a regra, o banco central pode expandir o crédito quando o *spread* subir acima do nível de estado estacionário.

Evidentemente, como descrito acima, essa política de crédito tem um custo para o setor público. A despesa do governo com intermediação financeira em cada período será de $\tau \psi_t Q_t K_{t+1}$.

2.7 Fechamento do Modelo e Setor Público

A produção é dividida entre consumo, investimento e consumo do governo (G_t) e despesa do governo com intermediação financeira:

$$Y_t = C_t + I_t + \frac{\eta_I}{2} \left(\frac{I_{nt} + I_{ss}}{I_{nt-1} + I_{ss}} \right)^2 (I_{nt} + I_{ss}) + G_t + \tau \psi_t K_t. \quad (34)$$

A equação de movimento para o capital é dada por

$$K_{t+1} = \xi_t K_t + I_{nt}. \quad (35)$$

Supondo que os gastos do governo são fixados exogenamente no nível G_t e que \bar{G} seja o dispêndio público autônomo. A restrição total da economia é dada por

$$G_t = \bar{G} g_t, \quad (36)$$

onde

$$g_t = \rho_g g_{t-1} + \epsilon_{g,t}, \quad \epsilon_{g,t} \sim N(0, \sigma_g^2). \quad (37)$$

As despesas do governo são financiadas por impostos *lump sum* e pelo retorno da intermediação:

$$G_t + \tau \psi_t Q_t K_{t+1} = T_t + (R_{kt} - R_t) B_{gt-1}, \quad (38)$$

em que os títulos do governo, B_{gt-1} , financiam os recursos para a intermediação,

$$\tau \psi_t Q_t K_{t+1}.$$

A política monetária é conduzida por uma regra de Taylor, com suavização da taxa de juros. Seja i_t a taxa de juros nominal, i a taxa de juros de estado estacionário e Y_t^* o nível natural do produto. A regra de política monetária pode ser definida como

$$i_t = (1 - \rho_i) \left[i + \kappa_\pi \pi_t + \kappa_y (\log Y_t - \log Y_t^*) \right] + \rho_i i_{t-1} + \epsilon_{I,t}. \quad (39)$$

Visto que a forma desta regra de Taylor já possui um fator de suavização, $0 < \rho_i < 1$, assume-se que o choque na política monetária possui a mesma persistência e o termo $\epsilon_{I,t}$ é representado na forma $\epsilon_{I,t} \sim N(0, \sigma_\epsilon^2)$.

A regra de Taylor é suficiente para conduzir a política monetária. A relação entre a taxa de juros nominal e real é dada pela seguinte equação de Fischer:

$$1 + i_t = R_{t+1} \frac{\mathbb{E}_t P_{t+1}}{P_t}. \quad (40)$$

3. Estimação

Portanto, para realizar as análises e experimentos será utilizado três variações do modelo apresentado. Primeiramente, será estimado o modelo completo com as instituições financeiras, mas sem a política de crédito empregada pelo setor público. A política de crédito não será estimada, será realizada apenas a simulação com diferentes valores para o parâmetro κ .

Na seção 4.1 o modelo estimado com fricções financeiras será comparado com a sua versão sem fricções financeiras. Ou seja, os modelos serão os mesmos, com a única diferença de que no modelo sem fricções financeiras o retorno bruto do capital será igual a taxa de juros bruta da economia, $R_t = R_{kt}$, o que equivale anular a existência das instituições financeiras, pois as firmas se financiam diretamente com as famílias, como se observa nos modelos tradicionais sem instituições financeiras.

Nas seções 4.2 e 4.3 será comparado o modelo estimado com fricções financeiras com e sem política de crédito. As equações que compõem os modelos estão descritas no Apêndice B.

O trabalho empírico utilizará tanto a estimação dos parâmetros estruturais, via metodologia Bayesiana, quanto a calibragem com base no modelo de Gertler & Karadi (2011) e Castro, Gouvea, Minella, Santos & Souza-Sobrinho (2011). A técnica de estimação bayesiana é bastante popular na estimação de modelos DSGE, principalmente por possibilitar a estimação do sistema completo. Além disso, conforme destacam An & Schorfheide (2007), a utilização de distribuições *a priori* funciona como ponderador no processo de estimação das distribuições *a posteriori*. Ou seja, as distribuições *a priori* incorporam informação adicional

na estimação dos parâmetros, o que facilita o processo de identificação, evitando-se o caso de parâmetros com valores estranhos à teoria.

A metodologia bayesiana tem como primeiro passo a escolha das distribuições *a priori* para os parâmetros, que fornecem as informações disponíveis antes da observação dos dados utilizados na estimação. No segundo passo, o algoritmo utiliza o Filtro de Kalman para calcular a função de verossimilhança a partir dos dados. Posteriormente, as distribuições *a priori* e a probabilidade dos dados constroem a kernel posteriori, que é proporcional à densidade *a posteriori*. A estimação empregou o algoritmo de Metropolis–Hastings, que utiliza o método de MCMC para a construção das distribuições posteriori. Para isso, foram realizadas 1 milhão de simulações em 4 cadeias e a convergência foi avaliada através do teste de diagnóstico proposto por Brooks & Gelman (1998).⁵ Uma descrição mais detalhada desta metodologia é encontrada em Canova (2007), An & Schorfheide (2007) e DeJong & Dave (2011). O último passo consiste na análise da identificação do modelo e dos resultados estimados.

3.1 Dados, Parâmetros Calibrados e Distribuições *a priori*

Em um modelo DSGE regular o número de variáveis observadas deve ser igual ao número de choques exógenos do modelo. No caso do modelo com fricções financeiras, os seis choques aleatórios possibilitam graus de liberdade para que se tenha seis variáveis observadas. No total, o modelo possui 25 parâmetros que foram em parte estimados e em outra parte calibrados com base na literatura aplicada para a economia brasileira.

A base de dados é composta de observações trimestrais que abrangem o período do segundo trimestre de 1999 até o último de 2014. As séries dessazonalizadas para o PIB (Y_t) e Formação Bruta de Capital Fixo (I_t) têm como fonte o Sistema de Contas Nacionais Trimestrais (IBGE/SCNT). Para o saldo de operações de crédito para o setor privado utilizou-se duas séries, uma para o crédito que tem como origem as instituições financeiras sob controle privado ($Q_t S_{pt}$) e outra para aquelas controladas pelo setor público ($Q_t S_{gt}$). Os dados foram obtidos no Banco Central do Brasil e deflacionados pelo IPCA. Essas quatro séries são tratadas como a diferença do logaritmo natural em relação à sua tendência de longo prazo, calculada através do filtro HP ($\lambda = 1600$).

A série para a taxa de Inflação (π_t) é o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), apurado pelo IBGE, dessazonalizada pelo método X-12 ARIMA. Por fim, utilizou-se a taxa juros Selic over (i_t) acumulada no trimestre como referência para a taxa de juros do modelo.

Em decorrência da base de dados utilizada não possuir informações sobre consumo das famílias e mercado de trabalho, optou-se por calibrar os parâmetros que guardam estreita similaridade com Castro et al. (2011), conforme Tabela 1. O trabalho em questão tornou-se referência para a estimação de modelos DSGE no Brasil ao se tornar um dos modelos adotados pelo Banco Central do Brasil para a análise da política econômica. No caso dos parâmetros da política monetária também foi utilizada a mesma parametrização do modelo do Banco Central.

Os parâmetros específicos do modelo deste trabalho com relação à depreciação e o ajustamento do capital (ζ e η_i) e aqueles específicos da fricção financeira (θ , λ) foram estimados através do método bayesiano.

⁵As rotinas para a estimação foram implementadas utilizando o Dynare Versão 4, programa desenvolvido por Adjemian et al. (2011) que foi implementado utilizando o Matlab 2013a.

Tabela 1. Parâmetros Calibrados.

| Notação | Parâmetro | Valor Calibrado |
|---------------|---|-----------------|
| h | Formação de hábito no consumo | 0,740 |
| φ | Elasticidade inversa da oferta de trabalho | 1,300 |
| χ | Participação do trabalho na função de utilidade | 1,000 |
| α | Participação do capital na produção | 0,448 |
| δ_c | Taxa de depreciação | 0,015 |
| ε | Elasticidade substituição entre os bens finais | 11,00 |
| γ | Parâmetro de Calvo | 0,740 |
| γ_p | Parâmetro de indexação dos preços | 0,330 |
| κ_π | Coefficiente da taxa de inflação | 2,234 |
| κ_y | Coefficiente do hiato do produto | 0,160 |
| ρ_i | Parâmetro de suavização da taxa de juros | 0,790 |

A decisão sobre as distribuições *a priori* segue os trabalhos de [Smets & Wouters \(2007\)](#) e [Castro et al. \(2011\)](#) que utilizaram a distribuição Beta para os parâmetros que possam assumir valores no intervalo [0; 1]. Da mesma forma, a distribuição Gamma foi adotada como *priori* dos parâmetros que assumem valores estritamente positivos e a distribuição Gamma Inversa com variância infinita para a estimativa dos desvios padrões dos choques aleatórios. Para os valores médios das distribuições *a priori* utilizou-se os valores da calibragem do modelo de [Gertler & Karadi \(2011\)](#) e de [Castro et al. \(2011\)](#). Além disso, assume-se que os termos de perturbação são independentes. A hipótese da independência é importante para que se realize de maneira mais clara e significativa a interpretação dos choques exógenos sobre o modelo.

3.2 Resultados da estimação

Um desafio para implementar a estimação bayesiana dos modelos DSGE refere-se à identificação dos parâmetros estimados. Para avaliar se as estimações dos parâmetros fundamentais (*deep parameters*) do modelo de fato possuem relação com o processo de geração dos dados, aplicou-se o teste de identificação proposto por [Iskrev \(2010\)](#) e [Ratto & Iskrev \(2010\)](#). O teste consiste em realizar simulações de Monte Carlo sob todo o espaço dos parâmetros, limitado pelas distribuições *a priori*, para avaliar o grau de identificação dos parâmetros estimados através da matriz de identificação dos dados. No caso de não identificação, a matriz apresentará colinearidade e o indicador será zero. Portanto, valores diferentes de zero indicam que há identificação e a magnitude do valor sinaliza a intensidade da identificação de cada parâmetro individualmente.

Há duas fontes principais de problemas na identificação nos modelos DSGE. A primeira delas se refere à colinearidade entre os parâmetros. Nesse caso, podem existir parâmetros redundantes, com pouca ou nenhuma relevância para o modelo. No caso do modelo estimado, o teste, ilustrado na primeira parte da [Figura 3](#), indica que todos os parâmetros apresentam identificação tanto em relação ao valor dos parâmetros quanto ao desvio padrão da *priori*.

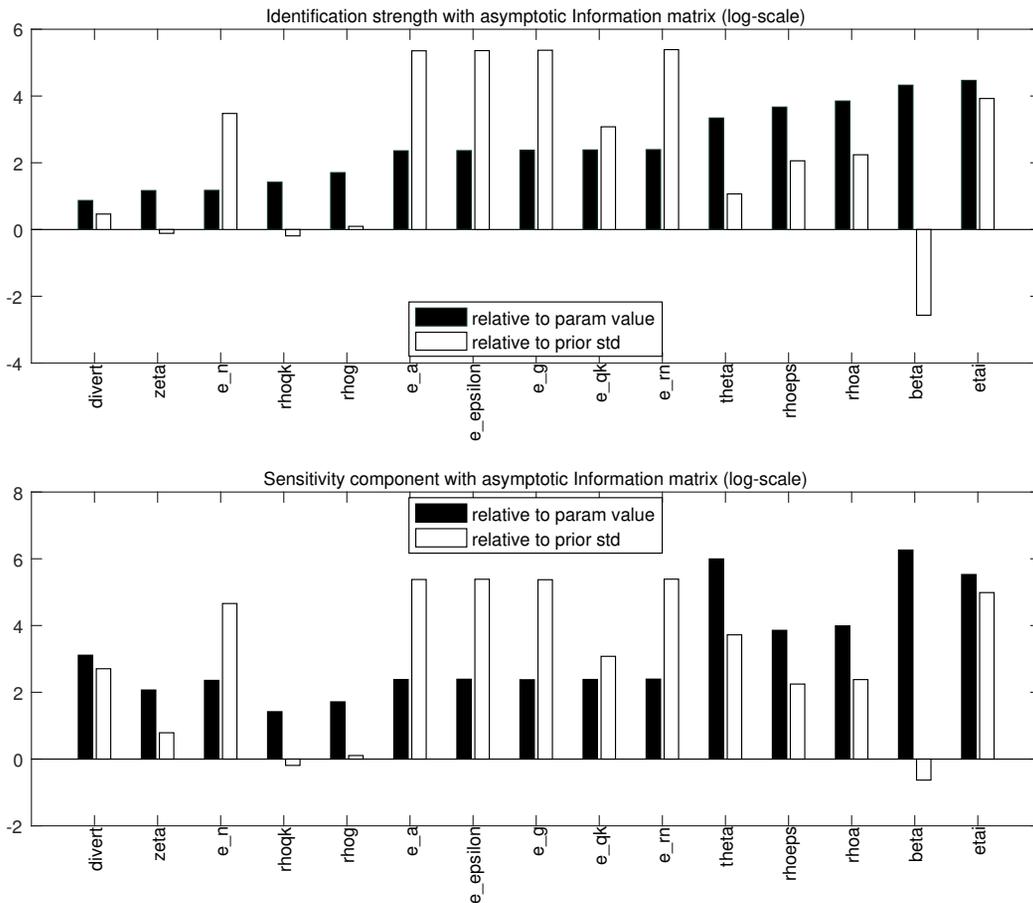


Figura 3. Intensidade de identificação do modelo com intermediários financeiros.

A segunda fonte de lapsos na identificação pode decorrer da falta de sensibilidade do modelo em relação à variação no valor dos parâmetros. Espera-se que a variação no valor dos parâmetros resulte em variações no resultado do modelo. Desse modo, uma fonte de fraca identificação pode ser consequência da não alteração no segundo momento do modelo quando o valor do parâmetro varia. Conforme o método de [Iskrev \(2010\)](#), este não parece ser o caso do modelo estimado, como mostra a segunda parte da [Figura 3](#).

O resultado da estimação do modelo com instituições financeiras é mostrado na [Tabela 2](#). O parâmetro $\beta = 0,9847$ apresentou valor semelhante à média da priori e equivale, em termo anualizados, a uma taxa de juros real de 6,22% a.a. Esse valor é inferior à taxa de 7,32% obtida para a média do período analisado para a economia brasileira.

A elasticidade marginal da taxa de depreciação do capital em relação à sua utilização ($\zeta = 1,5231$) é sensivelmente inferior à crença inicial, calibrada com base em [Gertler & Karadi \(2011\)](#). Esse valor pode ser explicado em decorrência da menor taxa de depreciação em estado estacionário ($\delta_c = 0,15$), que foi calibrada com referência em [Castro et al. \(2011\)](#).

O parâmetro que mede a probabilidade de sobrevivência dos intermediários financeiros (θ) e aquele relacionado à ineficiência do banqueiro (λ) — fração do capital que pode ser desviado — são compatíveis com uma taxa de alavancagem do sistema financeiro em estado estacionário de 4,57 vezes. Esse valor é próximo à alavancagem observada de 4,88 para a

Tabela 2. Distribuição a priori e posteriori dos parâmetros.

| Parâmetros | Densidade | Priori | | Posteriori | | Suporte |
|----------------|------------|--------|-------|------------|------------------|----------------|
| | | Média | DP | Média | Conf. 90% | |
| β | Beta | 0,989 | 0,010 | 0,9847 | [0,9827; 0,9864] | [0; 1] |
| ζ | Gamma | 7,200 | 1,000 | 1,5231 | [0,5719; 2,8986] | \mathbb{R}^+ |
| η_i | Gamma | 1,720 | 1,000 | 1,1851 | [0,8372; 1,5224] | \mathbb{R}^+ |
| θ | Beta | 0,972 | 0,100 | 0,8688 | [0,6480; 1,0000] | [0; 1] |
| λ | Beta | 0,250 | 0,100 | 0,3166 | [0,0344; 0,5801] | [0; 1] |
| ρ_ξ | Beta | 0,500 | 0,150 | 0,6920 | [0,5445; 0,7934] | [0; 1] |
| ρ_A | Beta | 0,500 | 0,150 | 0,6787 | [0,5986; 0,7621] | [0; 1] |
| ρ_g | Beta | 0,500 | 0,150 | 0,6983 | [0,6141; 0,7884] | [0; 1] |
| ρ_{qk} | Beta | 0,500 | 0,150 | 0,5456 | [0,4020; 0,6894] | [0; 1] |
| σ_g | Inv. Gamma | 0,050 | Inf. | 0,0514 | [0,0433; 0,0593] | \mathbb{R}^+ |
| σ_ξ | Inv. Gamma | 0,50 | Inf. | 0,0490 | [0,0388; 0,0584] | \mathbb{R}^+ |
| σ_A | Inv. Gamma | 0,050 | Inf. | 0,0661 | [0,0535; 0,0772] | \mathbb{R}^+ |
| σ_{N_e} | Inv. Gamma | 0,100 | Inf. | 0,2176 | [0,1814; 0,2499] | \mathbb{R}^+ |
| σ_I | Inv. Gamma | 0,050 | Inf. | 0,0134 | [0,0116; 0,0158] | \mathbb{R}^+ |
| σ_{qk} | Inv. Gamma | 0,050 | Inf. | 0,0646 | [0,0588; 0,0705] | \mathbb{R}^+ |

média para o índice de Basileia da economia brasileira entre primeiro trimestre de 2005 e o primeiro trimestre de 2014.⁶

A **Figura 4** mostra as estimativas do Filtro de Kalman para as variáveis calculadas a partir da média da *posteriori* dos parâmetros estimados do modelo com intermediários financeiros em comparação com as séries de dados observados para a economia brasileira. Essa comparação, de maneira simples, corresponde ao ajuste do modelo. A linha tracejada representa a previsão um passo à frente do modelo e a linha contínua os dados utilizados na estimação. Fazendo a ressalva de que o modelo é de economia fechada e que os dados utilizados na estimação não incorporam informação de emprego e mão-de-obra, o ajuste parece satisfatório.

O modelo parece ter capacidade de mimetizar os dados de crédito para a economia brasileira no período analisado. O modelo foi capaz de capturar os movimentos nas variáveis de crédito incluídas no modelo. Além disso, as séries mostram o comportamento distinto das operações públicas e privadas. A série do financiamento com recursos públicos mostra menor variância ao longo do tempo analisado na comparação com os financiamentos privados, em que se destaca o crescimento ocorrido após a crise internacional de 2008 e

⁶A taxa de alavancagem para a economia brasileira foi calculada com a seguinte fórmula:

$$Lev_t = \frac{100 - I_{Basileia_t}}{I_{Basileia}}$$

A série para o índice de Basileia foi obtida em www.bcb.org.br

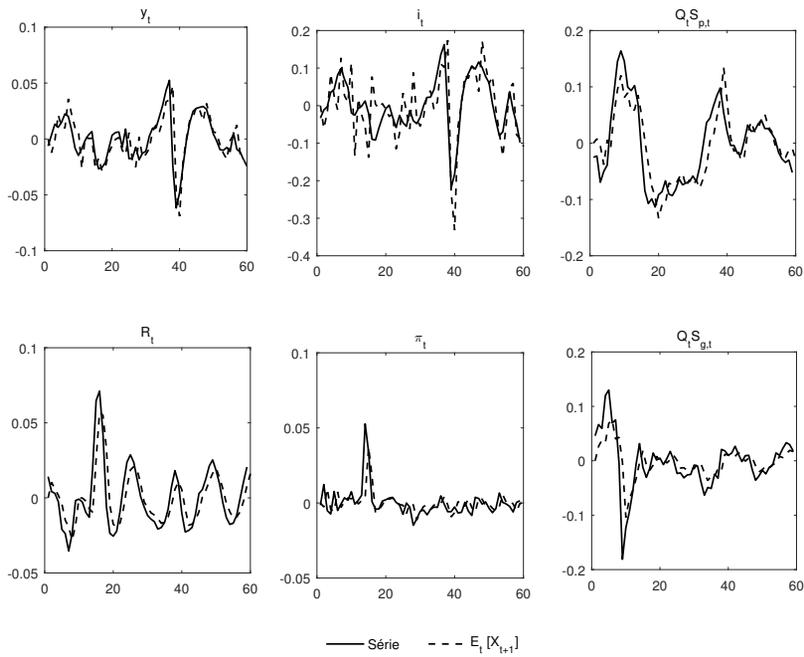


Figura 4. Ajuste do modelo DSGE com intermediários financeiros.

após 2012. Por outro lado, o crédito privado mostrou mais volatilidade e desaceleração acentuada logo após a crise internacional de 2008, bem como nos últimos anos.

O ajuste do modelo também pode ser avaliado comparando o desvio padrão das séries observadas e aquelas geradas pelo modelo. O desvio padrão da série gerada pelo modelo para a taxa de crescimento do PIB é maior do que o mostrado nos dados (0,0211 na simulação versus 0,0205 nos dados). Esse comportamento é observado em grande parte das aplicações empíricas de modelos DSGE. No caso da economia brasileira, o modelo de Castro et al. (2011) também apresenta esse padrão. Da mesma forma, a volatilidade gerada pelo modelo para a taxa de investimentos foi maior do que a observada nos dados. Por outro lado, as séries para o crédito, taxa de juros e de inflação apresentaram erro padrão menor do que o gerado pelo modelo.

Tabela 3. Comparação dos Momentos das Séries observadas e estimadas.

| Variável | Erro Padrão | |
|---------------|-------------|--------------------|
| | Empírico | Gerado pelo modelo |
| y_t | 0,0205 | 0,0211 |
| i_t | 0,0725 | 0,0911 |
| R_t | 0,0211 | 0,0168 |
| π_t | 0,0097 | 0,0067 |
| $Q_t S_{p,t}$ | 0,0691 | 0,0603 |
| $Q_t S_{g,t}$ | 0,0489 | 0,0279 |

4. Análise e experimentos

Foram realizados três estudos com base no modelo estimado. No primeiro, comparou-se o modelo com instituições financeiras com a sua versão sem a inclusão dessas instituições. No seguinte, analisou-se a eficácia da utilização de uma política de crédito para a estabilização da economia. Por fim, avaliou-se a política de crédito como instrumento alternativo à política monetária.

4.1 Amplitude e persistência do ciclo econômico no modelo com instituições financeiras

Os impactos ilustrados nesta parte são decorrentes dos choques exógenos na tecnologia, na política monetária e na qualidade do capital. Os choques foram configurados para produzir uma desaceleração na economia. O objetivo é avaliar o comportamento das principais variáveis econômicas dentro de um modelo DSGE com instituições financeiras em relação a um modelo tradicional.

O comportamento do modelo com fricções financeiras é mais fácil de ser compreendido e mais intuitivo quando se analisa os fatores que determinam o lucro dos intermediários financeiros. Três são esses elementos: o tamanho do *spread*, o volume dos empréstimos e a alavancagem. Após uma forte retração em seu patrimônio, os intermediários financeiros diminuem o volume de empréstimos devido à restrição imposta pela diminuição no valor do colateral. Destaca-se que quanto maior o nível de alavancagem dos intermediários, maior será a restrição nos empréstimos e os efeitos da desalavancagem sobre a economia. Essa redução no crédito leva a uma diminuição no lucro do setor bancário. Para retomar os lucros e recuperar capital, as taxas de juros sobre os empréstimos e o prêmio de risco aumentam.

Diante dessa restrição financeira, resultado do rápido aumento nos custos dos empréstimos, as firmas reduzem a sua demanda por empréstimos. As firmas respondem a esse aumento de custos cortando investimentos e aumentando a taxa de utilização do capital. Dessa forma, observa-se uma queda prolongada no produto e nos investimentos. Além disso, a queda nos investimentos implica na maior taxa de utilização do capital existente. A depreciação do capital, por sua vez, aumenta com a intensidade da utilização do capital pelas firmas, o que contribui para aprofundar a recessão.

Contudo, o modelo é dinâmico e a queda na demanda agregada, por sua vez, representará lucros ainda menores para o setor bancário. Assim como no choque inicial, o menor patrimônio dos bancos representará uma diminuição no volume de crédito na economia, bem como o seu custo será maior. Este processo que se retroalimenta é o efeito acelerador financeiro criado pelo modelo. Dependendo da magnitude do choque, pode levar muito tempo para que os intermediários reconstruam o seu capital e normalizem os empréstimos para o nível de estado estacionário. Portanto, quanto maior for o impacto do choque sobre o patrimônio dos intermediários financeiros, maior será a amplitude e persistência dos choques.

A [Figura 5](#) mostra como a economia responde a um desvio de 1,0% em relação ao estado estacionário na Produtividade Total dos Fatores, com persistência dada por um componente autorregressivo igual ao estimado (0,6787). Este é o caso de um típico choque de oferta em que o produto responde negativamente e a inflação aumenta. Para esse caso, a diferença entre os dois modelos é sutil e a maior amplitude nas funções impulso resposta no modelo com intermediários financeiros decorre do declínio nos investimentos. A resposta mais negativa nos investimentos é consequência do aumento no prêmio de financiamento

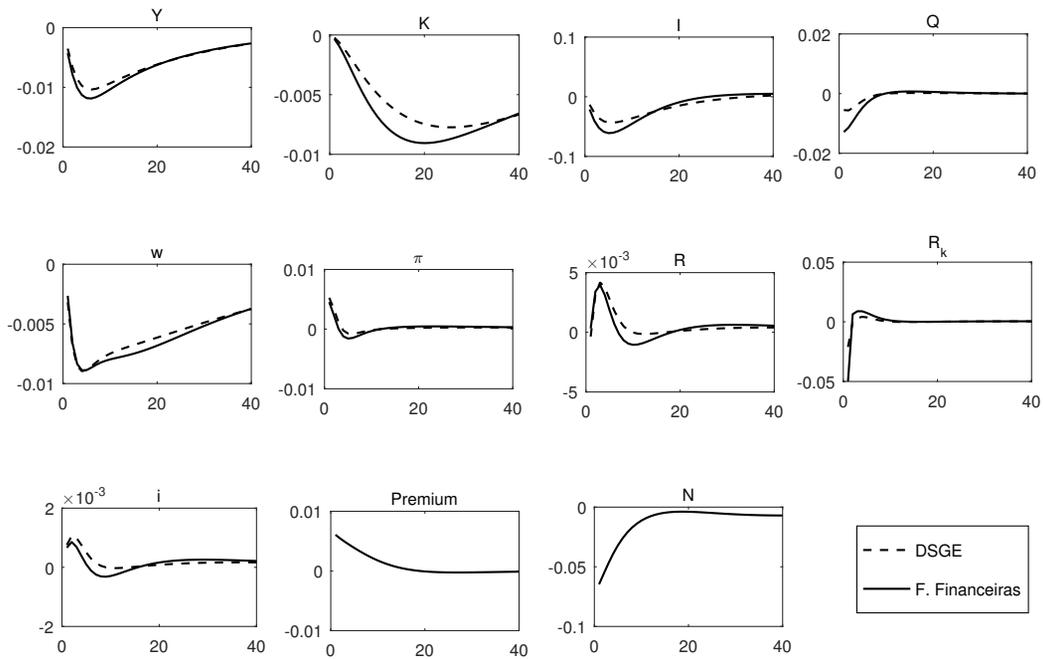


Figura 5. Variação percentual em relação ao estado estacionário em resposta a uma queda de 1% na produtividade total dos fatores.

externo e o rápido retorno das variáveis para a trajetória de estado estacionário também decorre da baixa persistência do choque.

O declínio não antecipado nos investimentos leva a desvalorização no preço dos ativos, o que produz uma deterioração no patrimônio dos intermediários financeiros que, por sua vez, aumenta o prêmio de risco. O aumento no custo de obter financiamento deprime a demanda por capital das firmas não financeiras amplificando a queda nos investimentos e no preço dos ativos. Por outro lado, no modelo convencional, a ausência de fricções financeiras faz com que o prêmio de financiamento seja sempre zero, não resultando na amplificação e persistência na queda dos investimentos.

Na segunda simulação, o choque ocorre através de um aumento de 100 pontos base na taxa de juros da política monetária. O aperto nas condições monetárias produz choque negativo pelo lado da demanda. Assim, a [Figura 6](#) mostra uma resposta negativa do produto em relação ao seu estado estacionário e da inflação após o aumento na taxa de juros. O efeito sobre a taxa de juros torna-se mais persistente devido à característica de suavização da regra de política monetária.

Da mesma forma que no caso anterior, o elemento central que diferencia os dois modelos é o impacto que há na economia decorrente da diminuição no patrimônio dos intermediários financeiros. Essa retração impacta o preço dos ativos e a quantidade de crédito na economia, o que resulta na queda dos investimentos. Além disso, na forma tradicional os juros mais altos impactam a decisão de consumo, o que também contribui para a queda do produto.

4.2 Utilização de uma política de crédito para combater a recessão

Nesta segunda parte, será analisada uma forma pela qual a intervenção do banco central no mercado de crédito poderia mitigar os efeitos de uma recessão que afete o mercado de

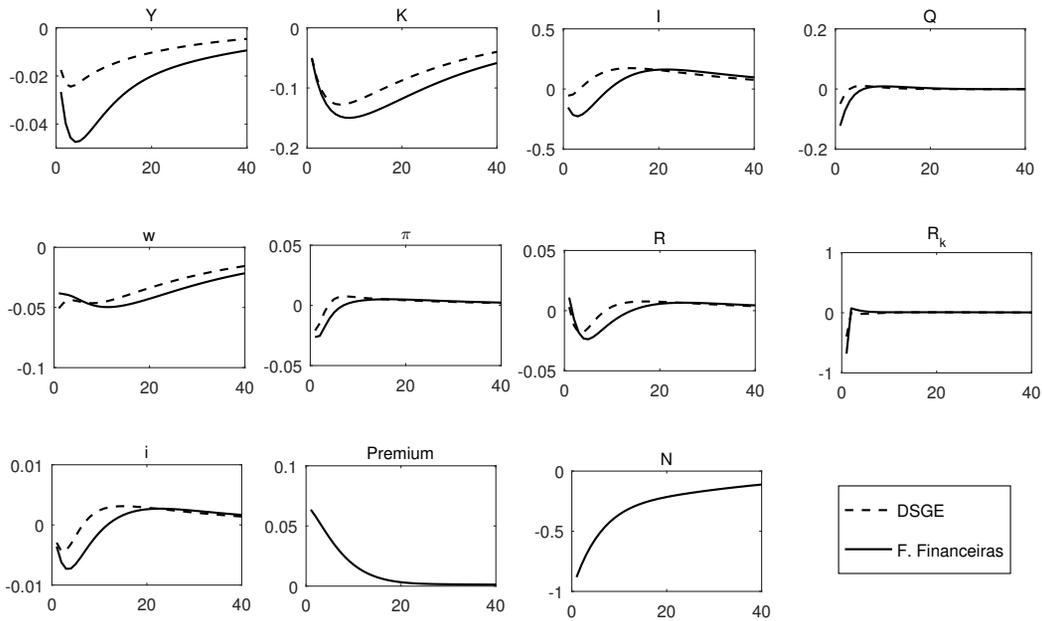


Figura 6. Variação percentual em relação ao estado estacionário em resposta a um aumento de 100 pontos base na taxa de juros do Banco Central.

crédito. Durante essa conjuntura, espera-se que os agentes se tornem mais avessos ao risco, o que se reflete no aumento do *spread* entre o retorno esperado sobre o capital e a taxa de juros livre de risco. Na prática, há um aumento no *spread* que paralisa os investimentos e, por consequência, afeta a cotação dos ativos, que, por sua vez, resulta em uma queda no colateral das empresas e das instituições financeiras.

Em tempos normais, se supõe que a regra de política monetária é suficiente para conduzir a política. Por outro lado, durante uma crise, pode-se empregar uma política de crédito para dar liquidez ao mercado. Nesse caso, no início da crise, o banco central expande o crédito público quando o *spread* aumenta em relação ao seu valor de estado estacionário. Nas simulações, é possível observar que, em cada período, a intervenção no mercado de crédito consegue atenuar o aumento no *spread*, o qual, por sua vez, reduz a queda nos investimentos e o período de recessão.

A **Figura 7** mostra o comportamento do ciclo econômico após uma redução não antecipada na qualidade dos ativos no modelo com intermediários financeiros e com uma política de crédito com parâmetro de resposta $\kappa = 10$, que corresponde a aproximadamente o acréscimo de 1 ponto percentual na participação do governo no crédito para cada 1 ponto percentual de desvio do prêmio de risco em relação ao estado estacionário, e $\kappa = 100$, em que a participação do crédito público aumenta em 10 pontos percentuais para cada ponto percentual de desvio do prêmio de risco. Além disso, se supõe que durante a crise o banco central abandona a sua propensão para suavizar os movimentos na política monetária. Para tanto, o parâmetro de suavização do ajuste da taxa de juros na regra de política monetária é configurado para zero ($\rho_i = 0$).

A política de crédito mais moderada produz um aumento no balanço do banco central de aproximadamente 6% do valor do estoque de capital. A política de crédito mais agressiva torna o declínio da economia mais moderado do que o modelo que não emprega a política

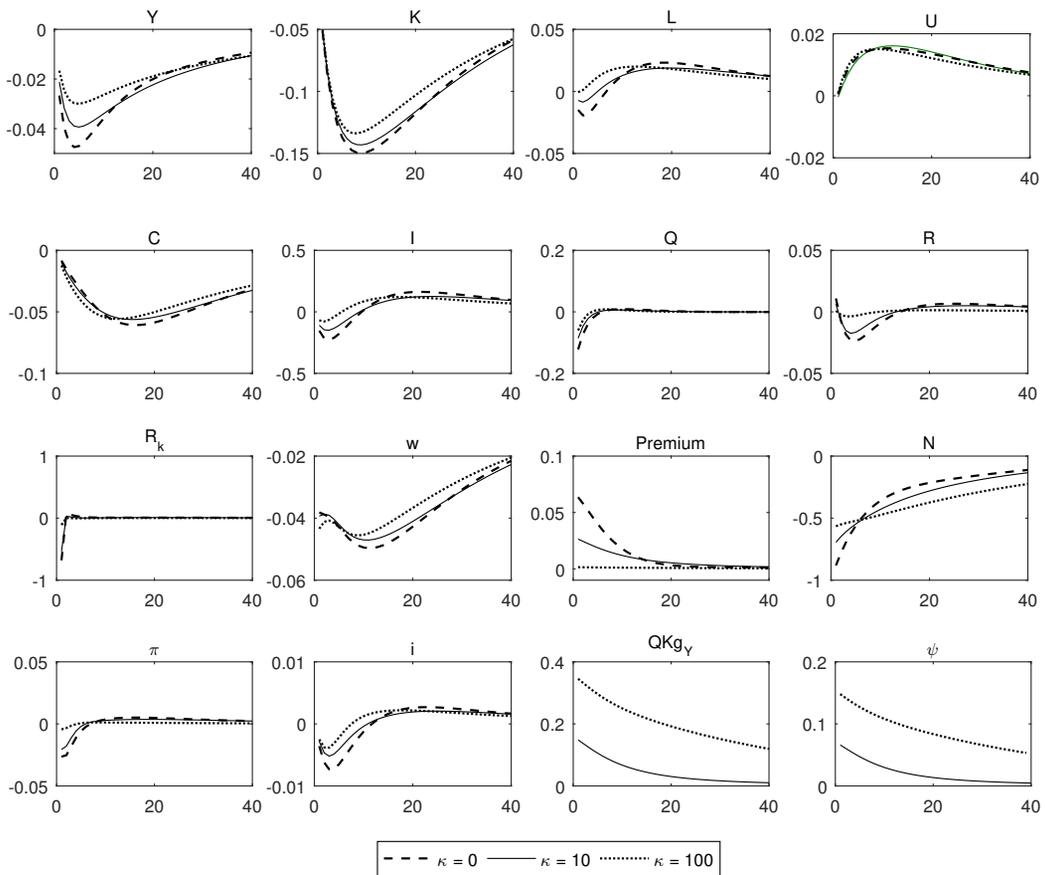


Figura 7. Variação percentual em relação ao estado estacionário em resposta a uma desvalorização de 5,00% no valor dos ativos com política de crédito.

de crédito. Contudo, o governo gera obrigações para dar liquidez à economia através da emissão de dívida pública. Portanto, a política de crédito tem um custo para o setor público na forma de um aumento na sua dívida como proporção do PIB. Para avaliar o custo da política foi acrescentada a seguinte equação para a relação dívida/PIB:

$$QKg_{y,t} = \frac{B_{g,t}}{4y_t} = \frac{\psi Q_t K_t}{4y_t}. \tag{41}$$

Na **Figura 7**, o diagrama para a variável QKg_y mostra o comportamento da relação dívida/PIB em relação ao estado estacionário durante a realização da política de crédito. No caso da política menos agressiva, a dívida aumenta 17 pontos percentuais do PIB. Na política mais agressiva, a dívida pública avança quase 40pp do PIB. Porém, a contração da economia nos primeiros cinco anos é significativamente menor do que para as outras simulações. Depois dos cinco primeiros anos, a recuperação nos três modelos ocorre na mesma velocidade.

Na **Figura 8**, o declínio de 1% no patrimônio dos intermediários financeiros resulta no aumento no *spread*, que por sua vez deprime os investimentos e a taxa de crescimento da economia. No caso da política de crédito mais branda, há um aumento no balanço do banco central no valor equivalente a 0,2% do valor do estoque de capital. Para a política

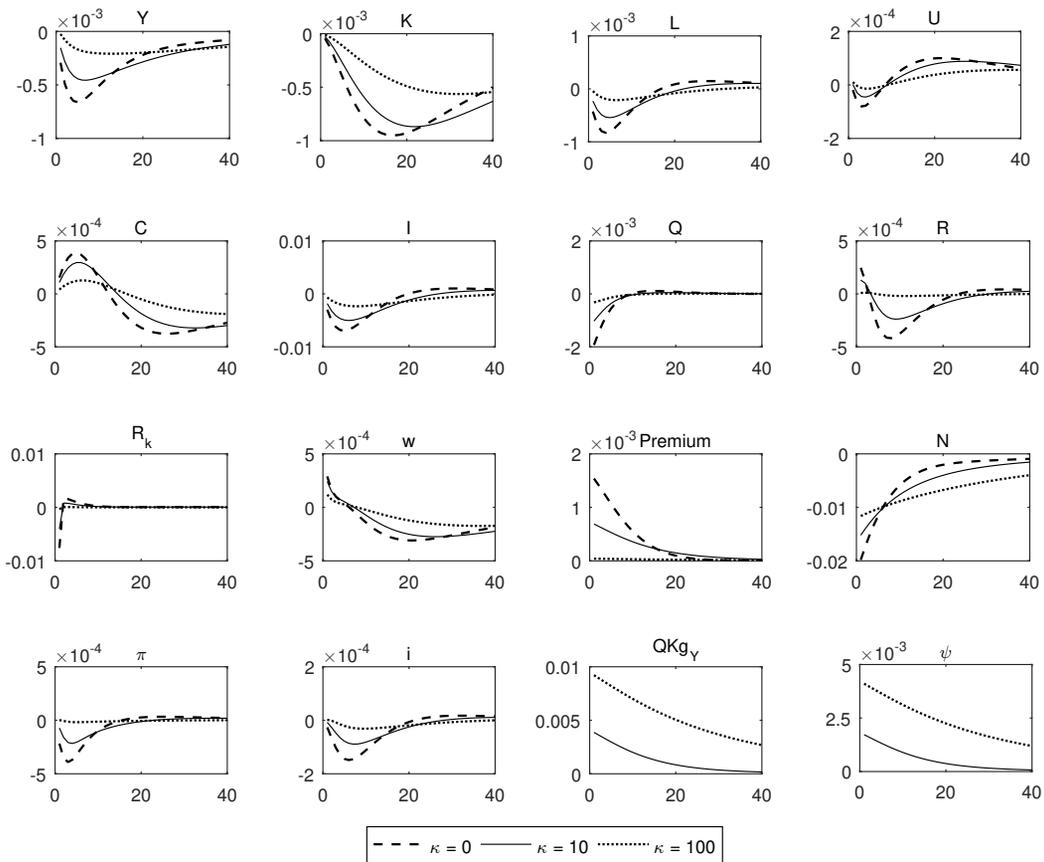


Figura 8. Variação percentual em relação ao estado estacionário em resposta a uma desvalorização de 1,00% no patrimônio das instituições financeiras.

mais agressiva, esse aumento é de 0,4%. Em ambos os casos a política consegue mitigar os impactos do choque no setor bancário sobre o lado real da economia. Dado o aumento marginal no balanço do banco central, a dívida pública resultante dessa política aumenta menos de 1 ponto percentual em relação ao PIB.

O consumo, por outro lado, aumenta no curto prazo, pois a queda no patrimônio das instituições financeiras é transferida para as famílias. Porém, no médio prazo, a diminuição dos investimentos implica em uma queda no consumo abaixo do nível de estado estacionário.

4.3 Política de crédito versus política monetária

A disponibilidade de uma política de crédito pode ser uma opção como instrumento alternativo para a estabilização da economia. Nesse caso, uma redução na taxa de alavancagem da economia através da restrição da disponibilidade de crédito público impacta a atividade econômica através do aumento do custo de financiamento via maior prêmio de risco e, por conseguinte, a taxa de inflação será impactada pela desaceleração nos investimentos e na atividade como um todo.

Contudo, a eficiência dessa política vis-à-vis a política monetária tradicional pode ser questionável. O primeiro exercício realizado nesta seção consistiu em simular uma restrição

na alavancagem dos empréstimos financiados pelo setor público que resulte numa redução na inflação semelhante ao aumento de 1,00 ponto percentual na taxa de juros de referência para a política monetária. Nesse caso, conforme apresentado na [Figura 9](#), o choque negativo na política de crédito produz uma recessão maior do que a que ocorreria no caso da política monetária tradicional, bem como uma volatilidade maior nas demais variáveis da economia.

No segundo exercício, apesar de parecer contra intuitivo, realizou-se um choque restritivo na política monetária, numa circunstância em que o governo está disposto a empregar uma política para expandir o volume de crédito na economia. Nesse exercício, se supõe que não há comunicação entre a autoridade que pratica a política monetária e aquela que emprega a política de crédito. Assim, o aumento do prêmio de risco decorrente da política monetária contracionista vai ser anulado, em parte, pela atuação da política de crédito. O principal objetivo desse exercício será quantificar os impactos na inflação, investimentos e produto dessa política ambígua.

Na [Figura 10](#), a linha tracejada representa o modelo sem política de crédito, a linha contínua e a linha pontilhada mostram a resposta do modelo ao choque na política monetária com políticas de crédito ativas, menos e mais agressivas, respectivamente. Percebe-se que em ambos os casos a atuação da política de crédito reduz a eficácia da política monetária. Por exemplo, no caso em que o governo está empregando uma política de crédito agressiva, o banco central precisará promover um aperto de 1,30% a.a. na taxa básica de juros para

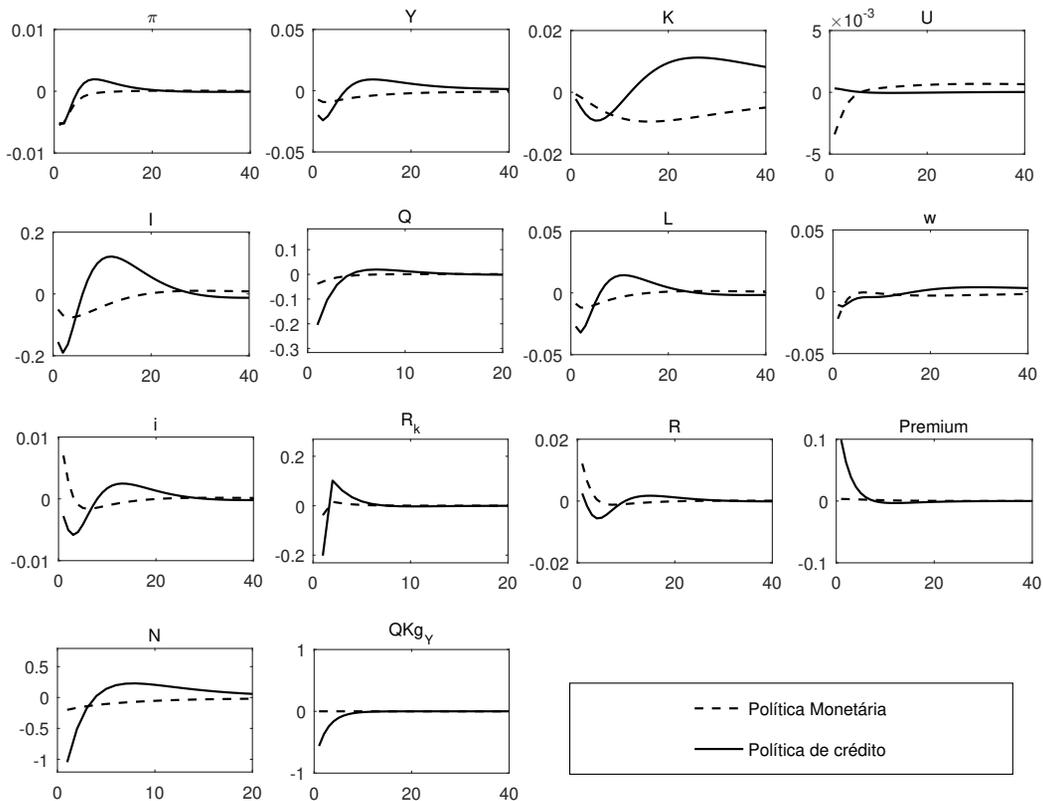


Figura 9. Variação percentual em relação ao estado estacionário em resposta ao aumento de 1,00% a.a. na taxa de juros do Banco Central e retração de 0,25% no crédito público.

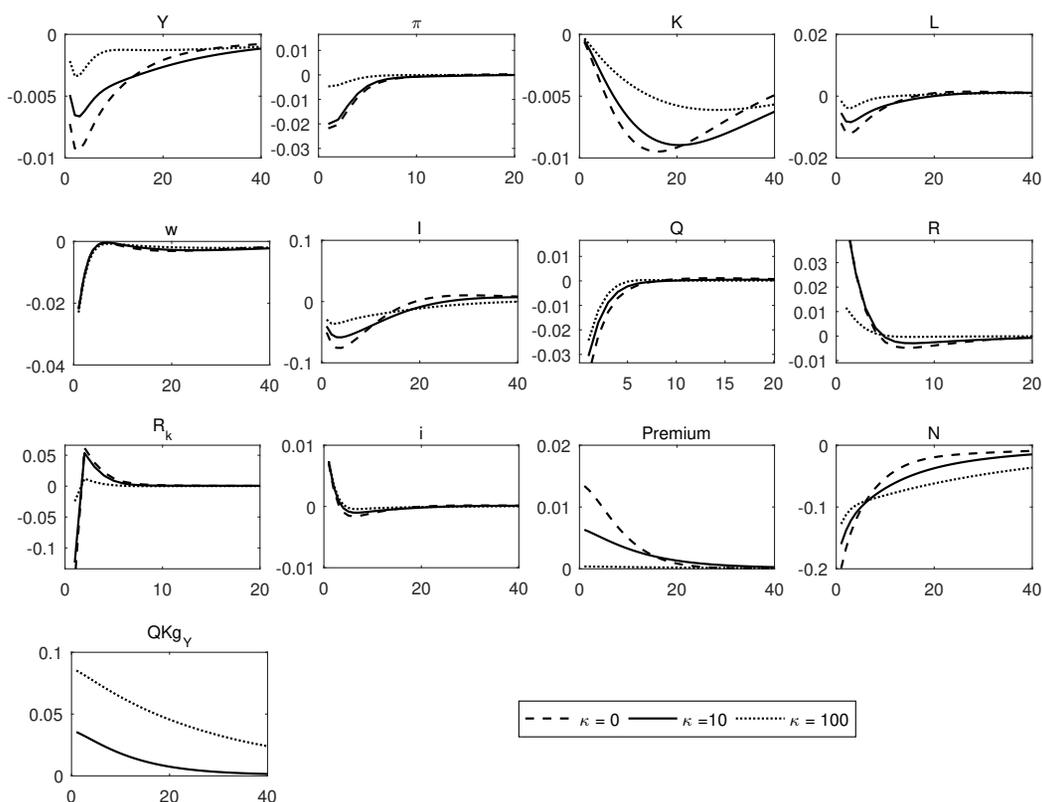


Figura 10. Variação percentual em relação ao estado estacionário em resposta ao aumento de 1,00% a.a. na taxa de juros do Banco Central com diferentes configurações de política de crédito.

obter o mesmo resultado que o aumento de 1,00% a.a. no caso de não haver política de crédito atuando.

5. Considerações Finais

Nos últimos anos, em especial para o período posterior à crise financeira internacional, o Brasil passou a adotar uma política de expansão do crédito impulsionado pelas instituições financeiras públicas financiadas com o suporte de repasses do Tesouro Nacional. Avaliar o impacto macroeconômico, bem como os riscos associados, dessa nova configuração no mercado de crédito, que expandiu significativamente a sua participação no PIB, é um desafio para a academia e analistas.

Buscando avançar nesse entendimento, o ensaio realizou a estimação e a simulação do modelo de [Gertler & Karadi \(2011\)](#) para a economia brasileira. O ajuste do modelo aos dados da economia brasileira foi satisfatório, em especial para as variáveis financeiras. Em seguida realizou-se um conjunto de simulações para analisar o comportamento da economia num modelo com instituições financeiras e com a atuação do governo no mercado de crédito.

As simulações mostraram que o modelo conseguiu reproduzir o comportamento esperado para um modelo com fricções financeiras, quais sejam: maior amplificação e persistência nos ciclos econômicos. Os choques exógenos sobre a qualidade dos ativos e a taxa de juros produziram impactos mais intensos do que os verificados tradicionalmente.

Por exemplo, no caso do aumento inesperado de 0,25 pontos percentuais na taxa básica de juros, a atividade registrou uma taxa de retração duas vezes maior no modelo com os intermediários financeiros. Esse resultado pode ser um indício de que a maior participação do setor financeiro na economia demandará modelos mais sofisticados para a análise da política econômica no Brasil, principalmente em momentos de turbulência financeira.

No segundo conjunto de simulações, duas políticas de crédito, uma mais branda e outra mais agressiva, foram testadas. Os choques foram configurados para simular um contexto de crise financeira, mais especificamente uma crise no setor bancário através da perda de valor dos ativos. Ainda que o Brasil tenha passado pela crise de 2008 sem uma grande recessão e o setor financeiro tenha se mostrado sólido, o trabalho se justifica a partir das mudanças que o setor de crédito tem passado nos últimos anos, o que tem levado ao aumento no grau de alavancagem da economia brasileira.

Política de crédito mostrou-se efetiva para mitigar os efeitos recessivos de uma crise financeira que atinja a cotação dos ativos privados ou o patrimônio das instituições financeiras. Em ambos os casos a política de crédito obteve mais sucesso para reduzir a amplitude do ciclo econômico. Contudo, a influência na duração não foi tão significativa, ou seja, o período decorrido do choque ao retorno ao estado estacionário nos modelos com e sem política de crédito foram semelhantes. Contudo, a expansão do crédito público deixa como herança um aumento na dívida pública, o que pode requerer maior restrição nos gastos ou inflação mais elevada no futuro.

Por outro lado, a política monetária tradicional se mostrou mais eficiente para a estabilização da inflação em momentos de normalidade do que a atuação do governo via política de crédito. Além disso, a falta de coordenação entre a política de crédito e a política monetária tradicional pode representar um maior custo de estabilização para a economia em termos de aperto na taxa de juros. Portanto, as simulações sinalizam que uma política de crédito pública agressiva parece mais indicada para ciclos recessivos com origem no sistema financeiro, tendo o objetivo de mitigar a queda nos investimentos e preço dos ativos, via a diminuição do prêmio de risco. Numa conjuntura oposta, em que o controle de preços é prioridade, a política monetária obteve sucesso com menor custo em termos de crescimento econômico.

Uma das limitações do trabalho é que foram abstraídas características importantes para analisar uma gama maior de relações entre os agentes. Por exemplo, avanços no sentido de tratar imperfeições no mercado de crédito interbancário. Também foram ignoradas importantes características de uma economia pequena e aberta como o Brasil, como os canais de financiamento internacional e o impacto das variações na taxa de câmbio sobre o grau de alavancagem dos agentes. Além disso, é possível avançar na incorporação de outras formas de intervenção do Banco Central na economia. Uma delas é através da janela de redesconto para controlar a liquidez do mercado de crédito, de modo que a autoridade monetária pode tentar uma política monetária contracionista sem precisar recorrer ao aumento da taxa de juros.

Referências bibliográficas

- Adjemian, S., Bastani, H., Juillard, M., Mihoubi, F., Perendia, G., Ratto, M. & Villemot, S. (2011). *Reference manual version 4* (Dynare Working Papers N° 1). Centre d'Etudes Prospectives d'Economie Mathématique Appliquées à la Planification (CEPREMAP). URL: <http://www.dynare.org/wp-repo/dynarewp001.pdf>

- Afonso, J. R. R. (2011). As intrincadas relações entre política fiscal e creditícia no Brasil pós-2008. *Revista Econômica*, 13(2), 125–154. doi: [10.22409/economica.13i2.p31](https://doi.org/10.22409/economica.13i2.p31)
- An, S., & Schorfheide, F. (2007). Bayesian analysis of DSGE models. *Econometric Reviews*, 26(4), 113–172. doi: [10.1080/07474930701220071](https://doi.org/10.1080/07474930701220071)
- Bernanke, B. S., Gertler, M. & Gilchrist, S. (1999). The financial accelerator in a quantitative business cycle framework. In: J. B. Taylor & M. Woodford (Org.), *Handbook of macroeconomics* (Vols. 1, Part C, pp. 1341–1393). Elsevier. doi: [10.1016/S1574-0048\(99\)10034-X](https://doi.org/10.1016/S1574-0048(99)10034-X)
- Brooks, P. S., & Gelman, A. (1998). General methods for monitoring convergence of iterative simulations. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 7(4), 434–455. doi: [10.1080/10618600.1998.10474787](https://doi.org/10.1080/10618600.1998.10474787)
- Brunnermeier, M. K., Eisenbach, T. M. & Sannikov, Y. (2012, maio). *Macroeconomics with financial frictions: A survey* (Working Paper N° 18102). National Bureau of Economic Research (NBER). doi: [10.3386/w18102](https://doi.org/10.3386/w18102)
- Canova, F. (2007). *Methods for applied macroeconomic research*. New Jersey: Princeton University Press.
- Carlstrom, C. T., & Fuerst, T. S. (1997). Agency costs, net worth, and business fluctuations: A computable general equilibrium analysis. *American Economic Review*, 87(5), 893–910. URL: <https://www.jstor.org/stable/2951331>
- Castro, M. R. d., Gouvea, S. N., Minella, A., Santos, R. C. & Souza-Sobrinho, N. F. (2011, abril). *SAMBA: Stochastic analytical model with a Bayesian approach* (Working Paper N° 239). Brasília, DF: Banco Central do Brasil. URL: <https://www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps239.pdf>
- Christiano, L. J., Eichenbaum, M. & Evans, C. L. (2005). Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy. *Journal of Political Economy*, 113(1), 1–45. doi: [10.1086/426038](https://doi.org/10.1086/426038)
- Christiano, L. J., Motto, R. & Rostagno, M. (2014). Risk shocks. *American Economic Review*, 104(1), 27–65. doi: [10.1257/aer.104.1.27](https://doi.org/10.1257/aer.104.1.27)
- DeJong, D. N., & Dave, C. (2011). *Structural macroeconometrics* (2ª ed.). New Jersey: Princeton University Press.
- Gertler, M., & Karadi, P. (2011). A model of unconventional monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, 58(1), 17–34. doi: [10.1016/j.jmoneco.2010.10.004](https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2010.10.004)
- IMF—International Monetary Fund. (2014). *Global Financial Stability Report—Risk taking, liquidity, and shadow banking: Curbing excess while promoting growth*. Washington. URL: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/gfsr/2014/02>
- Iskrev, N. (2010). Local identification in DSGE models. *Journal of Monetary Economics*, 57(2), 189–202. doi: [10.1016/j.jmoneco.2009.12.007](https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2009.12.007)
- Ratto, M., & Iskrev, N. (2010, novembro). *Identification toolbox for DYNARE* (FP7 Funded Project). Monetary and Fiscal Policy FP7 Project (MONFISPOL). URL: <http://www.monfispol.eu/events/london-papers/identifSylvester.pdf>
- Schorfheide, F. (2011, fevereiro). *Estimation and evaluation of DSGE models: Progress and challenges* (Working Paper N° 16781). National Bureau of Economic Research (NBER). doi: [10.3386/w16781](https://doi.org/10.3386/w16781)
- Smets, F., & Wouters, R. (2007). Shocks and frictions in US business cycles: A Bayesian DSGE approach. *American Economic Review*, 97(3), 586–606. doi: [10.1257/aer.97.3.586](https://doi.org/10.1257/aer.97.3.586)
- Woodford, M. (2003). *Interest and prices: Foundations of a theory of monetary policy*. New Jersey: Princeton University Press.

Apêndice A. Parâmetros do modelo

Famílias

- β Taxa de desconto
- h Parâmetro para a formação de hábito no consumo
- φ Elasticidade inversa da oferta de trabalho
- χ Participação relativa do trabalho na função de utilidade

Firmas varejistas

- ε Elasticidade substituição entre os bens finais
- γ Parâmetro de Calvo
- γ_p Parâmetro de indexação dos preços

Firmas Produtoras de bens intermediários

- ζ Elast. marginal da taxa de depreciação do capital em relação à utilização
- δ_c Taxa de depreciação
- α Participação do capital na produção
- b Parâmetro da função de ajustamento do capital
- η_i Elasticidade inversa do investimento líquido em relação ao preço do capital em s.s.

Política monetária

- κ_π Coeficiente da taxa de inflação
- κ_y Coeficiente do hiato do produto
- ρ_i Parâmetro de suavização da taxa de juros

Fricções financeiras

- θ Probabilidade de sobrevivência dos intermediários financeiros
- λ Ineficiência do banqueiro (fração do capital que pode ser desviado)
- ω Proporção de recursos transferidos aos novos banqueiros
- κ Coeficiente da política de crédito
- τ Custo da política de crédito

Parâmetros dos choques

- \bar{G} Dispêndio do governo
- σ_l Desvio padrão do choque sobre a utilidade marginal do trabalho
- ρ_l Persistência do choque sobre a utilidade marginal do trabalho
- σ_ξ Desvio padrão do choque sobre a qualidade do capital
- ρ_ξ Persistência do choque na qualidade do capital
- σ_A Desvio padrão do choque sobre a PTF
- ρ_A Persistência do choque na PTF
- σ_g Desvio padrão do choque sobre o dispêndio do governo
- ρ_g Persistência do choque no dispêndio do governo
- σ_t Desvio padrão do choque sobre a política de crédito
- ρ_t Persistência do choque na política de crédito
- σ_{N_e} Desvio padrão do choque sobre a qualidade dos ativos do sistema financeiro
- σ_I Desvio padrão do choque sobre a taxa de juros

Apêndice B. Equações do modelo

Famílias

Utilidade Marginal do Consumo:

$$q_t = (C_t - hC_{t-1})^{-1} - \beta h \mathbb{E}_t (C_{t+1} - hC_t)^{-1}$$

Equação de Euler:

$$\beta \Lambda_{t+1} R_t = 1$$

Taxa de desconto estocástica:

$$\Lambda_t \equiv \frac{q_t}{q_{t-1}}$$

Condição de arbitragem:

$$\beta \Lambda_{t+1} R_{kt+1} = \beta \Lambda_{t+1} R_t$$

Equilíbrio no mercado de trabalho:

$$\chi L_t^\varphi = l_t q_t P_{mt} (1 - \alpha) \frac{Y_t}{L_t}$$

Produtores de bens intermediários

Função de produção:

$$Y_t = A_t (U_t \xi_t K_t)^\alpha L_t^{1-\alpha}$$

Retorno do capital:

$$R_{kt+1} = \frac{\left[P_{mt+1} \alpha \frac{Y_{t+1}}{\xi_{t+1} K_{t+1}} + Q_{t+1} - \delta (U_{t+1}) \right] \xi_{t+1}}{Q_t}$$

Produtores de bens de capital

Decisão de investimento:

$$Q_t = 1 + \frac{\xi_t}{2} \left(\frac{I_{nt} + I_{SS}}{I_{nt-1} + I_{SS}} - 1 \right)^2 + \xi_t \left(\frac{I_{nt} + I_{SS}}{I_{nt-1} + I_{SS}} - 1 \right) \left(\frac{I_{nt} + I_{SS}}{I_{nt-1} + I_{SS}} \right) - \mathbb{E}_t \beta \Lambda_{t+1} \xi_t \left(\frac{I_{nt} + I_{SS}}{I_{nt-1} + I_{SS}} - 1 \right) \left(\frac{I_{nt} + I_{SS}}{I_{nt-1} + I_{SS}} \right)^2$$

Taxa de depreciação:

$$\delta(U_t) = \delta_c + \frac{b}{(1 + \zeta)} U_t^{(1+\zeta)}$$

Taxa ótima de utilização da capacidade instalada:

$$P_{mt} \alpha \frac{Y_t}{U_t} = \delta'(U_t) \xi_t K_{t-1}$$

Investimento líquido:

$$I_{nt} = I_t - \delta(U_t) \xi_t K_t$$

Equação de acumulação de capital:

$$K_t = \xi_t K_{t-1} + I_{nt}$$

Índice de dispersão dos preços:

$$D_t = \gamma D_{t-1} \pi_{t-1}^{-\gamma p^\varepsilon} \pi_t^\varepsilon + (1 - \gamma) \frac{1 - \gamma \pi_{t-1}^{\gamma p^{(1-\gamma)}} \pi_t^{(1-\gamma)}}{(1 - \gamma)^{-\varepsilon/(1-\gamma)}}$$

Escolha do preço ótimo:

$$\pi_t^* = \frac{1}{(1 - 1/\varepsilon)} \frac{F_t}{Z_t} \pi_t$$

$$F_t = Y_t P_{m,t} + \gamma \beta \Lambda_{t+1} \pi_{t+1}^\varepsilon \pi_t^{-\varepsilon} \gamma^p F_{t+1}$$

$$Z_t = Y_t + \gamma \beta \Lambda_{t+1} \pi_{t+1}^{\varepsilon-1} \pi_t^{\gamma p (1-\varepsilon)} Z_{t+1}$$

Índice de preços:

$$\pi_t^{(1-\varepsilon)} = \gamma \pi_{t-1}^{\gamma p (1-\varepsilon)} + (1 - \gamma) \pi_t^{*(1-\varepsilon)}$$

Fricções financeiras

Valor do patrimônio líquido dos bancos:

$$\eta_t = \mathbb{E}_t \left\{ (1 - \theta) \beta \Lambda_{t,t+1} (R_{kt+1} - R_{t+1}) + \beta \Lambda_{t,t+1} \theta x_{t,t+1} v_{t+1} \right\}$$

Valor do capital bancário:

$$v_t = \mathbb{E}_t \left\{ (1 - \theta) + \beta \Lambda_{t,t+1} \theta z_{t,t+1} \eta_{t+1} \right\}$$

Alavancagem ótima:

$$\phi_t = \frac{v_t}{\lambda - \eta_t}$$

Taxa de crescimento do capital bancário:

$$z_t = (R_{k,t} - R_{t-1}) \phi_{t-1} + R_{t-1}$$

Taxa de crescimento do patrimônio líquido dos bancos:

$$x_t = \frac{\phi_t}{\phi_{t-1}} z_t$$

Patrimônio líquido:

$$Q_t S_t = \phi_t N_t$$

Patrimônio líquido:

$$N_t = N_{et} + N_{nt}$$

Equação de movimento do patrimônio:

$$N_{et} = \theta \left[(R_{kt} - R_t) \phi_{t-1} + R_t \right] N_{t-1}$$

Patrimônio líquido dos bancos:

$$N_{nt} = \omega Q_t S_{t-1}$$

Política de crédito:

$$\psi_t = \kappa \mathbb{E}_t \left[(\log R_{kt+1} - \log R_{t+1}) - (\log R_k - \log R) \right] + \iota_t$$

Fechamento do Modelo

Consumo do governo:

$$G_t = \bar{G} g_t$$

Equação de equilíbrio da economia:

$$Y_t = C_t + I_t + \frac{\xi_t}{2} \left(\frac{I_{nt} + I_{ss}}{I_{nt-1} + I_{ss}} - 1 \right)^2 (I_{nt} + I_{ss}) + G + \tau \psi_t Q_t K_{t+1}$$

Restrição do governo:

$$G_t + \tau \psi_t Q_t K_{t+1} = T_t + (R_{kt} - R_t) \psi_{t-1} Q_t K_t$$

Produção no atacado encaminhada para o varejo:

$$Y_{m,t} = Y_t D_t$$

Equação de Fischer:

$$i_t = R_t \pi_{t+1}$$

Regra de Política Monetária:

$$i_t = (1 - \rho_i) \left[i + \kappa_\pi \pi_t + \kappa_y (\log Y_t - \log Y_t^*) \right] + \rho_i i_{t-1} + \varepsilon_t$$

Choques

Choque sobre desutilidade marginal do trabalho:

$$l_t = \rho_l l_{t-1} + \varepsilon_{l,t}, \quad \varepsilon_{l,t} \sim N(0, \sigma_l^2)$$

Choque na Produtividade Total dos Fatores:

$$A_t = \rho_A A_{t-1} + \varepsilon_{A,t}, \quad \varepsilon_{A,t} \sim N(0, \sigma_A^2)$$

Choque na qualidade do capital:

$$\xi_t = \rho_\xi \xi_{t-1} + \varepsilon_{\xi,t}, \quad \varepsilon_{\xi,t} \sim N(0, \sigma_\xi^2)$$

Choque nos gastos do governo:

$$g_t = \rho_g g_{t-1} + \varepsilon_{g,t}, \quad \varepsilon_{g,t} \sim N(0, \sigma_g^2)$$

Choque na política de crédito:

$$l_t = \rho_l l_{t-1} + \varepsilon_{l,t}, \quad \varepsilon_{l,t} \sim N(0, \sigma_l^2)$$

Choque na qualidade dos ativos do sistema financeiro:

$$\varepsilon_{N_e,t} \sim N(0, \sigma_{N_e}^2)$$

Choque na Taxa de Juros:

$$\varepsilon_{I,t} \sim N(0, \sigma_I^2)$$