

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

ANDRÉ FRANCISCO NUNES DE NUNES

**TRÊS ENSAIOS SOBRE INTERMEDIÇÃO FINANCEIRA
EM MODELOS DSGE APLICADOS AO BRASIL**

Porto Alegre

2015

ANDRÉ FRANCISCO NUNES DE NUNES

**TRÊS ENSAIOS SOBRE INTERMEDIÇÃO FINANCEIRA
EM MODELOS DSGE APLICADOS AO BRASIL**

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Economia, com ênfase em Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Savino Portugal

Porto Alegre

2015

CIP - Catalogação na Publicação

Nunes, André Francisco Nunes de
Três ensaios sobre intermediação financeira em
modelos DSGE aplicados ao Brasil / André Francisco
Nunes de Nunes. -- 2015.
129 f.

Orientador: Marcelo Savino Portugal.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas,
Programa de Pós-Graduação em Economia, Porto Alegre,
BR-RS, 2015.

1. DSGE. 2. Mercado de crédito. 3. Fricções
financeiras. 4. Política monetária. 5. Econometria
bayesiana. I. Portugal, Marcelo Savino, orient. II.
Titulo.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ANDRÉ FRANCISCO NUNES DE NUNES

**TRÊS ENSAIOS SOBRE INTERMEDIÇÃO FINANCEIRA
EM MODELOS DSGE APLICADOS AO BRASIL**

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Economia, com ênfase em Economia Aplicada.

Aprovado em: Porto Alegre, 04 de novembro de 2015.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcelo Savino Portugal – Orientador
UFRGS

Prof. Dr. Vicente da Gama Machado
UNB

Prof. Dr. Igor Alexandre Clemente de Moraes
UNISINOS

Prof. Dr. Ronald Hillbrecht
UFRGS

AGRADECIMENTOS

Escrever esses agradecimentos não é apenas um registro de reconhecimento a todos aqueles que contribuíram para que esse trabalho acontecesse, mas também é um momento de reflexão sobre os momentos de felicidade, cansaço, satisfação e ansiedade, entre tantas outras emoções, que fazem parte da vida acadêmica e da elaboração de uma tese. Coursar o doutorado em economia foi uma experiência gratificante, mas que também exigiu sacrifício, não somente meu, mas também das pessoas que me acompanham. Agradecer nominalmente a todos que possibilitaram que esse trabalho ocorresse tomaria um espaço considerável, mas sinto a necessidade de lembrar de algumas pessoas em especial.

Primeiramente, sou grato aos meus pais, Vânia e Francisco, e irmãs, Luciana e Ana Paula, pelo incentivo. Ao meu amor e companheira de viagem, Gabriela Valada, agradeço por suportar os meus defeitos.

Gostaria de agradecer também à equipe da Unidade de Estudos Econômicos da FIERGS: Ricardo Nogueira, Oscar Frank Jr., Gabriel Torres e Thais Waideman, pela parceria, seriedade e amizade. Cabe lembrar também aqueles colegas e amigos que partiram para novos desafios: Igor Morais, Patrícia Palermo e Vanessa Sulzbach. Aos colegas de mestrado e doutorado, Joyce, Pedro, Bruno, Thais, Gabrielito, Rodrigo, Júlio e Fernando, que dividiram as angústias e alegrias da vida de estudante. Todos vocês participaram da minha formação, amadurecimento e me ajudaram a ser um melhor economista.

Por fim, gostaria de agradecer ao meu orientador Marcelo Portugal – o qual eximo de todos os erros deste trabalho – pela seriedade, dedicação ao ensino e à ciência econômica. Também gostaria de agradecer a dedicação e competência dos professores Sabino Porto Jr., Ronald Hillbrecht, Flávio Tosi Feijó, Flávio Ziegelmann e de toda a equipe da Secretaria do PPGE.

RESUMO

Esta tese é composta por três ensaios sobre a estimação bayesiana de modelos DSGE com fricções financeiras para o Brasil. O primeiro ensaio tem o objetivo de analisar como a incorporação de intermediários financeiros num modelo DSGE influenciam na análise do ciclo econômico, bem como uma política de crédito pode ser utilizada para mitigar os choques no mercado de crédito sobre a atividade. O governo brasileiro expandiu o crédito na economia através das instituições financeiras públicas tendo como custo o aumento da dívida pública. Para isso, foi estimado um modelo inspirado em Gertler e Karadi (2011) para avaliar o comportamento da economia brasileira sob a influência de uma política de crédito. 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. Contudo, a política monetária tradicional se mostrou mais eficiente para a estabilização da inflação em momentos de normalidade. O segundo ensaio consiste na estimação de um modelo DSGE-VAR para a economia brasileira. A parte DSGE consiste em uma economia pequena, aberta e com fricções financeiras na linha de Gertler, Gilchrist e Natalucci (2007). A estimação do modelo indicou que flexibilização do espaço paramétrico possibilitado pelo modelo DSGE-VAR proporcionou ganhos em relação ao ajuste aos dados em relação a modelos alternativos. O exercício também obteve indicações de que os choques externos apresentam impactos significativos no patrimônio e no endividamento das firmas domésticas. Esse resultado fortalece a evidência de que um canal importante de transmissão dos movimentos da economia mundial para a o Brasil ocorre através das firmas. Por fim, no terceiro ensaio tem como foco a transmissão dos choques no spread de crédito bancário para as demais variáveis da economia e suas implicações para a condução da política monetária no Brasil. Para isso, foi estimado um modelo DSGE com fricções financeiras para a economia brasileira. O modelo é baseado em Cúrdia e Woodford (2010), que propuseram uma extensão do modelo de Woodford (2003) para incorporar a existência de um diferencial entre a taxa de juros disponíveis aos poupadores e tomadores de empréstimos, que pode variar por razões tanto endógenas quanto exógenas. Nessa economia, a política monetária pode responder não somente às variações na taxa de inflação e hiato do produto através de uma regra simples, como também por meio de uma regra ajustada pelo spread de crédito da economia. Os resultados mostram que a inclusão do spread de crédito no modelo Novo Keynesiano não altera significativamente as conclusões dos modelos DSGE em respostas a perturbações exógenas tradicionais, como choques na taxa de juros, na produtividade da economia e no

dispêndio público. Porém, nos eventos que ocasionam a deterioração da intermediação financeira, por meio de choques exógenos sobre o spread de crédito, o impacto sobre o ciclo econômico foi significativo e a adoção de uma regra de política monetária ajustada pelo spread pode conseguir estabilizar a economia mais rapidamente do que uma regra tradicional.

Palavras-Chave: DSGE. Mercado de crédito. Fricções financeiras. Política monetária. Econometria bayesiana.

ABSTRACT

The present thesis is a collection of three essays on Bayesian estimation of DSGE models with financial frictions in the Brazilian economy. The first essay intends to investigate how the incorporation of financial intermediaries in a DSGE model influences the analysis of the economic cycle, as well as how the credit policy can be employed to mitigate the effects of shocks in the credit market on the economic activity. The Brazilian government expanded the credit in the economy through public financial institutions, which resulted in an increase of public debt. It estimated a model inspired by Gertler and Karadi (2011) to evaluate the performance of the Brazilian economy under the influence of a credit policy. Credit policy was effective to mitigate the recessionary effects of a financial crisis that affects the valuation of private assets and the net worth of financial institutions. However, the traditional monetary policy was more efficient for the stabilization of inflation in times of normality. The second essay consists of a DSGE-VAR model for the Brazilian economy. The DSGE model was estimated for a small, open economy with financial frictions, in line with Gertler, Gilchrist and Natalucci (2007). The results indicate that the estimation of DSGE-VAR provides an advantage for the data fitting in comparison to alternative models. In addition, the results indicate that external shocks have significant impacts in the equity and debt of domestic firms. This result strengthens (supports) the evidence that an important channel of transmission of the movements of the world economy for the Brazil takes place through the productive sector. The third essay analyzes the transmission of shocks in the banking credit spread for the other variables of the economy and its implications for the conduct of monetary policy in Brazil. We do so by estimating a DSGE model with financial frictions for the Brazilian economy. The model is based on Cúrdia and Woodford (2010), who proposed an extension of the model Woodford (2003) to incorporate the existence of a differential between the interest rates available to savers and borrowers, which can vary by both endogenous and exogenous reasons. In this model, monetary policy can respond not only to changes in the inflation rate and output gap through a simple rule, but also through a rule set by the credit spread of the economy. The results show that the inclusion of credit spread in the New Keynesian model does not significantly change the conclusions of DSGE models in traditional responses to exogenous shocks, such as shocks in the interest rate, in the productivity of the economy and in public spending. However, in the events that cause the deterioration of financial intermediation through exogenous shocks on the credit spread, the impact on the business

cycle was significant and the adoption of a monetary policy rule set by the spread can achieve a faster stabilization of the economy than a traditional rule.

Keywords: Credit Market. Financial Frictions. Monetary Policy. DSGE. Bayesian Econometrics.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	UM MODELO DSGE COM INTERMEDIÁRIOS FINANCEIROS E POLÍTICA MONETÁRIA NÃO CONVENCIONAL ESTIMADO PARA O BRASIL	18
2.1	O Modelo com Intermediários Financeiros	22
2.1.1	Comportamento das Famílias	23
2.1.2	Comportamento das Firms Produtoras de Bens Intermediários	24
2.1.3	Comportamento das Firms Produtoras de Bens de Capital	26
2.1.4	Comportamento das Firms Produtoras de Bens Finais.....	27
2.1.5	Os Intermediários Financeiros.....	28
2.1.6	O Mercado de Crédito	31
2.1.7	Fechamento do Modelo e Setor Público.....	33
2.2	Estimação	34
2.2.1	Dados, Parâmetros Calibrados e Distribuições a priori.....	35
2.2.2	Resultados da estimação.....	37
2.3	Análise e Experimentos.....	41
2.4.1	Amplitude e persistência do ciclo econômico no modelo com F.F.....	41
2.3.2	Utilização de uma política de crédito para combater a recessão	45
2.3.3	Política de crédito versus política monetária.....	49
2.4	Considerações Finais.....	51
2.6	Referências	52
2.7	Apêndice A - Parâmetros do Modelo.....	54
2.8	Apêndice B – Equações do modelo	55
3	CHOQUES INTERNACIONAIS E CICLOS ECONÔMICOS: UMA ANÁLISE DSGE-VAR PARA A ECONOMIA BRASILEIRA.....	56
3.1	Modelo DSGE para uma Pequena Economia Aberta com Fricções Financeiras...	60
3.1.1	O Comportamento das Famílias	60
3.1.2	Setor Externo.....	62

3.1.3	Os empreendedores	62
3.1.4	Os Produtores de Bens de Capital	66
3.1.5	As Firmas Varejistas, o Nível de Preços e a Inflação	68
3.2.6	Fechamento do Modelo, Política Fiscal e Política Monetária.....	69
3.2	Metodologia e Estimação	70
3.2.1	Calibragem e distribuições a priori	71
3.2.2	Resultado das Estimações	73
3.3	A Importância relativa dos choques e decomposição de variância.....	76
3.4	Análise de Impulso e Resposta	79
3.5	Considerações Finais.....	82
3.7	Referências Bibliográficas	83
3.8	Apêndice A – Descrição das Variáveis	85
3.9	Apêndice B – Descrição dos Parâmetros.....	87
4	CHOQUES NO SPREAD DE CRÉDITO BANCÁRIO E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A CONDUÇÃO DA POLÍTICA MONETÁRIA NO BRASIL	88
4.1	O modelo de Novo Keynesiano com spread de crédito	92
4.2	Dados e estimação.....	102
4.3	Análises e Simulações.....	106
4.3.2	Regras monetárias ótimas para o Banco Central considerando o spread para a taxa de juros.....	110
4.3.1	Regra de Política Monetária Respondendo aos Movimentos no Spread.....	112
4.4	Considerações Finais.....	118
4.5	Referências	120
4.6	Apêndice A – Relações de Equilíbrio do Modelo.....	122
4.7	Apêndice B – Parâmetros da Função para a Política Ótima.....	123
4.8	Apêndice C – Teste para Identificação dos Parâmetros Estimados	124
5	CONCLUSÃO	125
	REFERÊNCIAS	127

1 INTRODUÇÃO

A macroeconomia e as finanças são duas disciplinas interligadas. As crises financeiras e os possíveis riscos sistêmicos terão, potencialmente, impactos no agregado da economia. Deste modo, a formação de preços nos mercados de crédito e ativos e o seu papel na alocação dos recursos têm função na delimitação dos ciclos econômicos. Do ponto de vista da macroeconomia, percebe-se que a transmissão da política econômica apresenta resultados díspares quando se considera as fricções existentes no sistema financeiro.

Nesse sentido, a crise econômica de 2008 serviu para enfatizar que as fricções financeiras são uma fonte importante para a persistência, volatilidade e amplificação dos ciclos de negócios. Embora, saiba-se que em tempos normais o setor financeiro tem a capacidade atenuar as flutuações econômicas e multiplicar os investimentos, em momentos de crise, a fragilidade do setor financeiro, pode contribuir para a instabilidade.

A atenção para as relações entre finanças e macroeconomia não é recente, os trabalhos clássicos de Fisher (1933), Keynes (1936), Minsky (1957) e Tobin (1969) já reservaram atenção para o papel das finanças na macroeconomia. Nas últimas décadas as pesquisas em macrofinanças têm se tornado bastante ampla e com diversas ramificações. A linha de pesquisa mais popular parece ser a que desenvolve modelos de apreçamento de ativos baseado em consumo (CCAPM) (COCHRANE, 2001). Outra ramificação procura inserir crenças heterogêneas para estudar casos de ciclos de alavancagem e comportamento especulativo dos agentes (GEANAKOPOLOS, 2010; BRUNNERMEIER; EISENBACH; SANNIKOV, 2012). Nesse contexto, também surge os modelos que formulam a hipótese de arbitragem limitada e seus impactos nos mercados financeiros (GROMB; VAYANOS, 2010). A linha de pesquisa também seguiu na direção de avaliar os impactos do mercado imobiliário e seu processo na alavancagem das famílias, tendo como principal referência o trabalho de Iacoviello (2005).

Diretamente motivados pela crise de 2008, alguns modelos procuraram mimetizar as políticas não convencionais adotadas pelas autoridades monetárias. Cúrdia e Woodford (2010) faz a extensão do modelo Novo Keynesiano para incluir o balanço do banco central como parte do modelo e avaliar o efeito de políticas que afetam as reservas monetárias dos bancos comerciais, através de maior requerimento de depósitos compulsórios ou choques nas taxas de redesconto. Del Negro et al. (2011) introduziu nos modelos Novo Keynesiano a possibilidade de restrições sobre o balanço patrimonial dos empreendedores para que alguns ativos

estivessem sem liquidez no mercado. Nesse caso, os autores buscaram avaliar operações em que a autoridade monetária troca obrigações líquidas do governo por ativos privados ilíquidos.

O traço predominante para essas avaliações é a utilização de agentes maximizadores dentro de um arcabouço de equilíbrio geral. De maneira geral, os modelos de equilíbrio geral dinâmico e estocástico (DSGE) se tornaram o padrão para a análise das flutuações econômicas. Na última década, houve um grande progresso na especificação e estimação desses modelos. O método se popularizou como ferramenta utilizada por analistas, formuladores de política econômica e pesquisadores, que começaram a empregá-los extensivamente para a análise do comportamento da economia sob diferentes choques exógenos e políticas macroeconômicas.

Dessa forma, adequar os modelos DSGE às diferentes fricções observadas no mundo real é um dos principais desafios dessa linha de pesquisa. A introdução de uma estrutura mais complexa para as relações financeiras entre os agentes pode ser uma importante fonte de flutuações da economia.

Os modelos macroeconômicos voltados para a análise dos ciclos econômicos e dos impactos das políticas macroeconômicas na economia real, em geral, não consideram a existência de fricções financeiras. Numa economia sem fricções financeiras, uma firma, ou empreendedor, conseguiria levantar recursos para financiar um novo investimento, ou a própria produção da empresa, em troca de uma parte dos lucros futuros. O risco para o prestador seria equivalente ao que produtor enfrentaria, qual seja a ocorrência de lucros abaixo do esperado. No entanto, não é isso que ocorre no mundo real. Quando os agentes buscam recursos externos para financiar um investimento existem certas restrições, impostas tanto pela oferta limitada de crédito, quanto pelas condições de financiamento pouco atrativas, pela possibilidade de *default* ou fraude.

Se, por um lado, é possível afirmar que os modelos DSGE não ignoravam as fricções dos mercados financeiros antes da crise, uma vez que os trabalhos seminais de Benanke, Gertler e Gilchrist (1999) e Christiano, Eichenbaum e Evans (2005) já apresentavam uma estrutura semelhante ao dos modelos mais atuais. Por outro lado, a abordagem padrão tinha como premissa que essas fricções não seriam relevantes quantitativamente. O mercado financeiro não exercia função relevante para explicar os ciclos econômicos. Porém, a extensiva a incorporação dessas imperfeições ganhou espaço central no debate sobre os avanços necessários nos modelos DSGE a partir da crise de 2008.

As origens do esforço na investigação da influência do mercado financeiro sobre os ciclos econômicos, em modelos de equilíbrio geral, podem ser encontradas nas obras de Gertler (1988) e de Bernanke e Gertler (1989). A introdução de rigidez financeira levou à criação de modelos que distinguem as fontes de capital para financiar os agentes econômicos. O desenvolvimento levou à construção de modelos com a restrição da quantidade de crédito disponível para investimento. A teoria do acelerador financeiro de Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999), consolidou esta visão.

O acelerador financeiro tem como base a hipótese de que uma diminuição (aumento) no valor do colateral das firmas (aumenta) diminui a restrição de o setor financeiro conceder crédito para a produção e investimentos. Através desse mecanismo, o mercado de crédito pode afetar os ciclos da economia dando mais persistência e amplitude. Assim, quando o ciclo é de prosperidade, o preço dos ativos aumenta e possibilita a ampliação na alavancagem do setor privado. No momento de crise, os choques são ampliados tanto pelo efeito no patrimônio líquido das empresas (colateral) quanto pelo preço dos ativos.

No nível micro, o que ocorre é um problema de assimetria de informação entre os agentes tomadores e emprestadores. Há um custo de agência para a geração de novos investimentos o que significa um custo de financiamentos externos para os empreendedores. Assim, o prêmio que o devedor deve pagar aos credores, geralmente na forma de juros mais altos, tem como origem a assimetria de informação. Ademais, o valor desse prêmio não é fixo no tempo, podendo variar consideravelmente dependendo das características do tomador e emprestador, como a aversão ao risco, o retorno esperado do projeto e o tamanho do patrimônio líquido (colateral) do tomador.

Utilizando um modelo de economia pequena e aberta ao estilo de Gali e Monacelli (2005), o trabalho de Gertler, Gilchrist e Natalucci (2007) incorpora a estrutura do do acelerador financeiro para avaliar as flutuações nas relações com o exterior através do comércio e do mercado de títulos livre de risco. Neste modelo, as fricções financeiras ocorrem pelo lado das firmas que necessitam tomar dívida para empreender e utilizar insumos importados para produzir. O objetivo do trabalho foi avaliar a perda de bem estar social durante a crise asiática de 1997-1998 decorrente de cada um dos regimes cambiais. Christiano, Trabandt e Walentin (2011), também incorporam o conceito de fricções financeiras para o capital em uma economia aberta, juntamente com uma estrutura baseada na teoria de *job search* para incorporar desemprego no modelo.

Cúrdia e Woodford (2010) propõem uma abordagem diferente para analisar o papel do mercado de crédito. A partir de uma extensão de um modelo Novo Keynesiano, o trabalho introduz famílias heterogêneas que acabam por gerar um diferencial entre a taxa de juros disponíveis aos poupadores e tomadores de empréstimos, introduzindo um *spread* nas operações de crédito das famílias.

O modelo de Cúrdia e Woodford (2010) mostra que variação no *spread* bancário possui efeitos alocativos. Essa constatação faz o modelo se aproximar do que se verifica na prática. Mesmo nas economias com sistema financeiro mais avançado verifica-se grande diferença entre os *spreads*, bem como uma variação deste ao longo do tempo, principalmente nos períodos de estresse financeiro. Nesse sentido, um aperto monetário, seja ele resultado direto da política monetária ou de fatores exógenos, está relacionado com o aumento no tamanho dos *spreads*, bem como com a redução real no dispêndio e aumento no desemprego da economia.

A abordagem de Christiano, Eichenbaum e Evans (2007), Goodfriend e McCallum (2007) e Cúrdia e Woodford (2010) abriram espaço para tratar a intermediação financeira e o *spread* entre as taxas de juros entre tomadores e credores. Porém, nestes modelos, os bancos operam em competição perfeita e não determinam a taxa de juros. A fricção não ocorre dentro do setor de intermediação financeira, mas durante a transação entre os agentes.

A característica comum das obras acima referidas é a ausência de intermediários, por exemplo, bancos ou fundos de capital. Isso decorre do fato de que o modelo do acelerador financeiro está mais focado no lado da demanda por crédito. Para cobrir o lado da oferta, Goodfriend e McCallum (2007) adaptaram a formulação de Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999) para criar um modelo com “acelerador bancário”. Nesse caso, um choque na política monetária aumentará o custo de oportunidade do investimento, o que implica em aumento no preço do capital e dos depósitos nos bancos. Porém, a elevação do preço do capital eleva o valor do colateral do setor privado e diminui os custos de monitoramento e concessão de crédito, o que diminuirá o custo de oportunidade de investir.

A contribuição dos trabalhos de Christiano, Motto e Rostagno (2010) e Gerter e Karadi (2011) foram no sentido de introduzir o setor bancário numa estrutura de mercado em competição monopolística. Através desse modelo, os autores conseguem aprofundar as questões relacionadas com risco de crédito ao modelar endogenamente o capital do setor bancário dentro em balanço do banco. Desse modo, é possível examinar o papel da intermediação bancária, em particular as implicações do aperto das condições de crédito e sua

transmissão para a economia real, bem como a adoção de política monetária não convencional.

Portanto, a literatura de fricções financeiras em modelos DSGE, ainda que recente, já consegue delinear as implicações do crédito sobre a economia tanto do ponto de vista da demanda, quanto pela ótica da oferta de crédito. Pelo lado da demanda, a transmissão das fricções ocorre via balanço patrimonial das empresas ou disponibilidade de colateral, no qual os emprestadores podem ficar receosos em conceder empréstimos para os tomadores com mais risco de *default* e em pior situação financeira. Nesse caso, a insuficiência de garantias tende a aumentar o prêmio de risco do empréstimo.

No segundo caso, pela ótica da oferta, os bancos podem restringir as concessões de crédito devido a fatores relacionados à sua própria condição de *funding*. O maior custo de captação, uma redução nos ativos dos bancos ou maiores requerimentos de capital por parte do banco central, pode afetar os fluxos de crédito na economia. Em ambos os casos, ao contrário dos modelos tradicionais, o mercado crédito terá impactos potenciais diretos nas flutuações econômicas. A distinção proporcionada por essas duas classes de modelos é importante para o formulador de política econômica, pois pode direcionar a atuação da política monetária.

As questões relacionadas ao endividamento das famílias como crédito imobiliário entre outras abordagens mais direcionadas para crises financeiras específicas nos EUA e Zona do Euro também apresentaram progresso nos últimos anos. Para uma revisão de literatura mais completa sobre o desenvolvimento teórico de modelos DSGE como fricções financeiras sugere-se os trabalhos de Markovic (2006), Brunnermeier, Eisenbach e Sannikov (2012) e Brazdik, Hlavacek e Marsal (2012), que realizam uma revisão bastante completa sobre esta literatura.

A literatura que relaciona os modelos DSGE com fricções financeiras aplicados para a economia brasileira ainda é escassa. Com o objetivo de avaliar as interações entre as medidas macroprudencias e a política monetária, Carvalho, Castro e Costa (2013) elaboram e estimam por métodos bayesianos um modelo DSGE de maior porte para economia fechada. Os autores identificam que as políticas macroprudencias possuem fortes impactos sobre o balanço dos bancos, mas a transmissão para a economia real é pequena. Kunczuk (2013) faz um modelo com de economia fechada *a lá* Smets e Wouters (2007) incorporando as fricções financeiras dos trabalhos de Cúrdia e Woodford (2009) e Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999) para

mensurar o impacto das medidas macroprudenciais. O trabalho conclui que as medidas tiveram impacto equivalente ao aumento de 40 a 100 pontos base na taxa Selic.

Com objetivos semelhantes – analisar as interações entre as medidas macroprudencias e a política monetária – o trabalho de Agénor e Silva (2011), desenvolveu um modelo macroeconômico, fora da estrutura DSGE, com quatro tipos de agentes: famílias, firmas, bancos comerciais e banco central. Os autores analisam a interação entre a política monetária tradicional (regra de Taylor) e a política macroprudencial. O trabalho conclui que as medidas macroprudenciais influem na transmissão da política monetária e que o impacto dessas medidas dependerá do regime de política monetária vigente.

Vega Filho (2013) calibrou o modelo de Curdia e Woodford (2009) e estimou, através de métodos bayesianos, o modelo De Graeve (2007). O objetivo do trabalho foi identificar os mecanismos pelos quais fricções financeiras podem afetar os ciclos de negócios e a política monetária doméstica. Realizando a comparação entre os modelos com e sem fricções financeiras o trabalho mostrou que a inclusão da parte financeira altera de maneira significativa a resposta das variáveis aos choques na economia.

O tema desta tese será a intermediação financeira em modelos de equilíbrio geral dinâmico e estocástico (DSGE) aplicados para o Brasil. O período de análise será aquele posterior a 1999, pois foi quando o Brasil passou a adotar o regime de metas para a inflação, taxa de câmbio flutuante e meta de superávit primário para o setor público, ou seja, um período com menores mudanças na estrutura da política econômicas.

Em que pese o Brasil ter sido pouco afetado pelo colapso de 2008 e não ter enfrentado uma crise financeira desde a implantação do Plano Real, observamos duas mudanças importantes na economia ao longo da última década e, pelo menos, uma mudança na condução da política monetária. A estabilização da economia brasileira, a adoção de políticas macroeconômicas mais previsíveis e o crescimento da renda *per capita* foram, juntamente com o ambiente externo favorável, alguns dos elementos que possibilitaram a redução na taxa de *spread* das operações de crédito e o aumento da relação saldo de crédito/PIB.

Além disso, o mercado de crédito passou por algumas transformações importantes. A primeira delas foi o aumento no saldo de crédito com recursos direcionados em relação ao crédito com recursos livres. Outra alteração no mercado de crédito foi o aumento no volume de crédito colateralizado, em especial as linhas para aquisição de veículos e imobiliário, que passou de 30% do PIB no início de 2007 para cerca de 45% do PIB em 2014. O crédito consignado, caracterizado por ser altamente pró-cíclico, no mesmo período, aumentou de 15%

para 17,9% do PIB. Ainda que o objetivo do trabalho não seja estudar os elementos que levaram ao aumento do crédito no Brasil, o aumento colateralização do crédito provavelmente foi um dos elementos que possibilitou esse crescimento.

Com relação à condução da política monetária, a crise de 2008 cedeu espaço para que os bancos centrais atuassem diretamente no mercado de crédito através das chamadas políticas macroprudencias. O caso do Brasil não foi diferente, no final do ano de 2010, o Banco Central optou por complementar ao processo de aperto monetário, elevando os depósitos compulsórios e requisitos de capital para determinadas operações de crédito. Contudo, os efeitos dessas medidas sobre a economia tornaram-se mais difíceis de serem medidas pelos modelos DSGE tradicionais, que não contemplam uma estrutura para lidar com o mercado financeiro.

A modelagem DSGE com intermediação financeira tem mostrado avanços desde a crise de 2008 e tornou-se ainda mais popular para a análise do comportamento dos ciclos econômicos. O objetivo geral deste trabalho será estimar modelos DSGE com fricções financeiras para os dados da economia brasileira e, posteriormente, realizar simulações de choques nas variáveis de crédito sobre o desenvolvimento do ciclo econômico.

Com relação aos modelos adotados, buscou-se cobrir tanto a demanda por crédito, pelo lado das famílias, em uma economia fechada, e pelo lado das firmas, em uma estrutura de pequena economia aberta. Para a oferta de crédito, o objetivo é modelar os intermediários financeiros como um agente da economia e incluir a possibilidade de o setor público também atuar como intermediário financeiro.

Esta tese é composta por três ensaios. O primeiro ensaio tem o objetivo de mostrar como a incorporação de intermediários financeiros num modelo DSGE influenciam na análise do ciclo econômico, bem como uma política de crédito pode ser utilizada para mitigar os choques no mercado de crédito sobre a atividade. O governo brasileiro expandiu o crédito na economia através das instituições financeiras públicas tendo como custo o aumento da dívida pública. Para isso, foi estimado um modelo inspirado em Gertler e Karadi (2011) para avaliar o comportamento da economia brasileira sob a influência de uma política de crédito. Essa política 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. Contudo, a política monetária tradicional se mostrou mais eficiente para a estabilização da inflação em momentos de normalidade.

O segundo ensaio consiste na estimação de um modelo DSGE-VAR para a economia brasileira. A parte DSGE consiste em uma economia pequena e aberta com fricções financeiras na linha de Gertler, Gilchrist e Natalucci (2007). A estimação do modelo indicou que flexibilização do espaço paramétrico possibilitado pelo modelo DSGE-VAR proporcionou ganhos em relação ao ajuste aos dados em relação a modelos alternativos. A estimação do modelo indicou que o modelo DSGE-VAR proporcionou ganhos em relação ao ajuste aos dados em relação a modelos alternativos. O exercício também obteve indicações de que os choques externos apresentam impactos significativos no patrimônio e no endividamento das firmas domésticas. Esse resultado fortalece a evidência de que um canal importante de transmissão dos movimentos da economia mundial para a o Brasil ocorre através das firmas, principalmente após o país ter se tornado relativamente mais robusto aos choques externos.

Por fim, no terceiro ensaio buscou-se analisar a transmissão dos choques no spread de crédito bancário para as demais variáveis da economia e suas implicações para a condução da política monetária no Brasil. Para isso, foi estimado um modelo DSGE com fricções financeiras para a economia brasileira. O modelo é baseado em Cúrdia e Woodford (2010), que propuseram uma extensão do modelo de Woodford (2003) para incorporar a existência de um diferencial entre a taxa de juros disponíveis aos poupadores e tomadores de empréstimos, que pode variar por razões tanto endógenas quanto exógenas. Nessa economia, a política monetária pode responder não somente às variações na taxa de inflação e hiato do produto através de uma regra simples, como também por meio de uma regra ajustada pelo spread de crédito da economia. Os resultados mostram que a inclusão do spread de crédito no modelo Novo Keynesiano não altera significativamente as conclusões dos modelos DSGE em respostas a perturbações exógenas tradicionais. Porém, nos eventos que ocasionam a deterioração da intermediação financeira, por meio de choques exógenos sobre o spread de crédito, o impacto sobre o ciclo econômico foi significativo e a adoção de uma regra de política monetária ajustada pelo spread pode conseguir estabilizar a economia mais rapidamente do que uma regra tradicional. Além desta introdução, esta tese terá mais três capítulos, cada um destinado a um dos três ensaios. O último capítulo será destinado às considerações finais da tese.

2 UM MODELO DSGE COM INTERMEDIÁRIOS FINANCEIROS E POLÍTICA MONETÁRIA NÃO CONVENCIONAL ESTIMADO PARA O BRASIL

Os intermediários financeiros desempenham um papel importante no mecanismo de transmissão dos choques que atingem a economia. Contudo, a recente crise nos Estados Unidos e a grande recessão que a seguiu, trouxeram uma dimensão diferente para o tema. O setor financeiro passou a ter um papel ativo na economia real, e não apenas como parte do mecanismo de transmissão. Esse evento também expôs as limitações da política monetária para a estabilização da economia, pois as ferramentas tradicionais não foram suficientes para lidar com as consequências da crise sobre a atividade econômica. O rápido esvaziamento da liquidez no mercado de crédito exigiu que os bancos centrais buscassem outros meios de atuação na economia. Uma dessas alternativas foi a atuação direta no mercado de crédito.

Do ponto de vista teórico, os trabalhos seminais de Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999) e Carlstrom e Fuerst (1997) já incorporavam fricções financeiras dentro do arcabouço dos modelos DSGE através do conceito de acelerador financeiro. Nesses modelos, o mercado de crédito é visto pelo lado da demanda e o setor financeiro desempenha um papel como mecanismo de amplificação e persistência dos ciclos econômicos. Durante as crises financeiras, o valor do ativo das corporações privadas sofre desvalorização, o que afeta o valor do seu colateral. Isso restringe o acesso do setor privado ao mercado financeiro, levando ao aumento no prêmio de risco e queda nos investimentos e na produção.

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. Incorporar o setor bancário dentro da estrutura tradicional dos modelos DSGE consistiu-se no principal desafio no pós-crise dessa literatura. Nessa linha, destaca-se o modelo de Christiano, Motto e Rostagno (2009), com três setores produtivos e o setor bancário em estrutura bastante detalhada. Posteriormente, Gertler e Karadi (2011) apresentaram um modelo DSGE bastante parcimonioso com fricções financeiras e estrutura específica para os intermediários. O modelo apresenta as mesmas características de modelos DSGE tradicionais, seguindo a estrutura de Smets e Wouters (2007) e Christiano, Eichenbaum e Evans (2005) ao permitir formação de hábito no consumo e considerar uma economia monetária ao estilo de Woodford (2003).

Gertler e Karadi (2011) desenvolveram um modelo com problema de agência entre os intermediários e os seus depositantes para produzir restrições endógenas sobre índices de alavancagem 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 abordado pelo lado da oferta.

Outra característica desse modelo é que o setor público, via banco central, também atua como um intermediário no mercado de crédito, com o objetivo de auxiliar a política monetária. Nesse contexto, as políticas chamadas de macroprudenciais tem como objetivo evitar ou reduzir os impactos das crises financeiras. 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 fundos emprestados dos poupadores, emitindo dívida pública e, em seguida, emprestá-los aos investidores. A distinção desta conduta para a dos bancos privados reside no fato de que o governo tende a enfrentar menores restrições ao seu nível de alavancagem.

A elaboração de modelos com fricções financeiras aplicados à economia brasileira ganha importância ao passo que o setor financeiro aumentou 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 ensaio não tem o objetivo de descrever diretamente o comportamento da economia e da política monetária brasileira durante a crise de 2008, mas mostrar como a incorporação de intermediários financeiros influenciam no ciclo econômico, bem como uma política de crédito pode ser utilizada para mitigar esses movimentos. A existência de intermediários operando no mercado é a condição necessária para que se verifique fricções financeiras no modelo, uma vez que é no processo de intermediação que esses agentes afetam o grau de alavancagem da economia e transformam a maturidade da dívida.

No caso da economia brasileira, os instrumentos de para mitigar os efeitos da crise internacional não ficaram apenas no âmbito da política monetária tradicional. A menor liquidez no mercado e a maior aversão ao risco durante a crise diminuiu o crédito disponível e

pressionou o prêmio de risco da economia. Em certa medida, a resposta do governo brasileiro esteve em linha com o preconizado por Gertler e Karadi (2011), visto que o governo expandiu o crédito na economia através das instituições financeiras públicas.

O roteiro das medidas de caráter macroprudencial adotadas pelo Banco Central do Brasil logo após a crise de 2008 foi exposto e analisado por Mesquita e Torós (2010) e buscou mitigar os riscos de contaminação sistema financeiro brasileiro pela crise financeira internacional. Além disso, o governo também adotou uma política de incentivo e expansão do crédito como forma de estímulo à economia. Para isso, o governo utilizou as instituições financeiras sob seu controle para promover a expansão no crédito, tanto para as empresas quanto para as famílias. Além disso, parte do *funding* dessas instituições ocorreu através da emissão de títulos da dívida pública.

O modelo utilizado neste ensaio tem como base conceber um papel de destaque para os intermediários financeiros e para uma política de crédito do governo. Não há explicitamente dois tipos de intermediários, públicos e privados, mas há uma fração da intermediação que é financiada com recursos públicos.

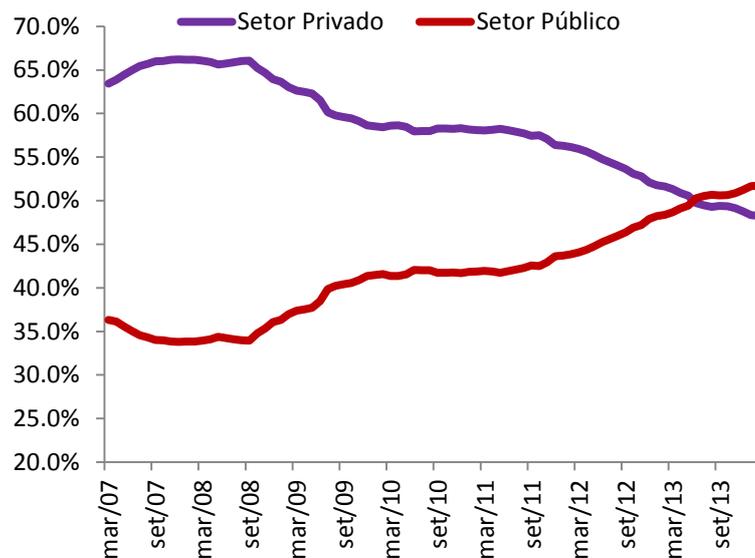
Pensando o caso da economia brasileira dentro desse arcabouço, os bancos públicos atuam no mesmo mercado dos bancos privados e concorrem em muitos segmentos, inclusive em ramos com crédito direcionado, como no Sistema Financeiro de Habitação, por exemplo. A não diferenciação entre os tipos de agentes é uma desvantagem do modelo mas não o inviabiliza para a análise proposta pelo trabalho.

O *Global Financial Stability Report* [IMF (2013)], cita o modelo de Gertler e 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 do que a que se defrontam as instituições privadas. 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.

Há evidências de que os dados da economia brasileira corroboram com essa hipótese. O Gráfico 2.1 apresenta a participação dos bancos públicos na concessão de crédito em comparação com as instituições privadas. É perceptível que ao longo da última década o 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 (Gráfico 2.2) passou de 0.5% do PIB em 2007 para 9.2% em 2012. Da mesma forma, a dívida bruta do governo geral passou de 57,1% do PIB no início de 2007 para a 63,4 no final de 2014.

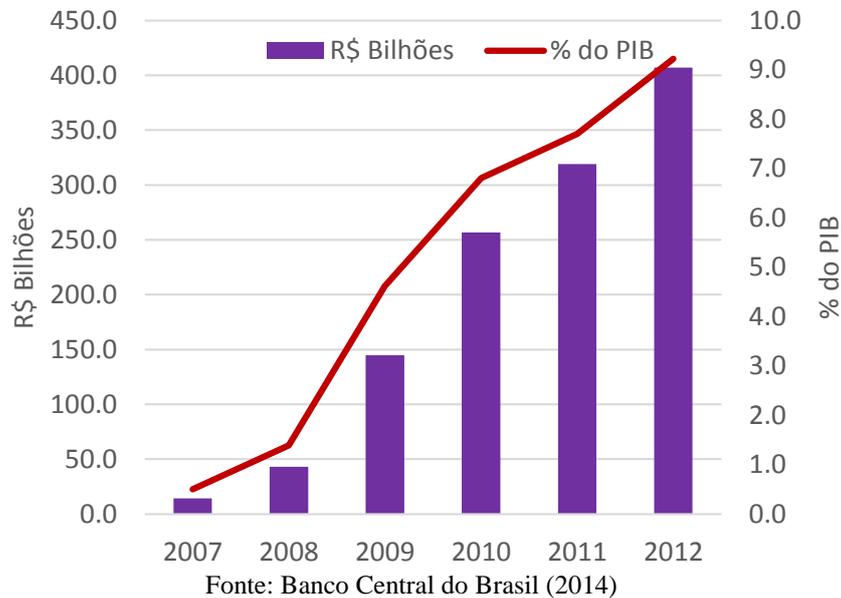
Gráfico 2.1 - Saldo das operações das instituições financeiras sob o controle Público e Privado em relação ao saldo de crédito total da economia



Fonte: Banco Central do Brasil (2014)

O objetivo principal do trabalho será apresentar, e estimar para a economia brasileira, um modelo com base em Gertler e Karadi (2011). Em seguida, serão simulados os 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, ou seja, sem fricções financeiras. Dessa forma, espera-se avaliar quais características a incorporação do setor financeiro traz para a análise dos ciclos econômicos.

Gráfico 2.2 – Empréstimos do Tesouro Nacional para Bancos Públicos – R\$ Bilhões e % do PIB



Posteriormente, as simulações de crise contarão com a adoção pelo banco central de uma política de crédito, que pode ser moderada ou agressiva. Espera-se mostrar que a intervenção pode mitigar os efeitos da crise, mas tem um custo em termos de elevação na relação dívida/PIB.

O trabalho está organizado em quatro partes, além dessa introdução e da conclusão. Na próxima seção será apresentado o modelo DSGE tradicional. A parte seguinte será destinada a descrição dos intermediários financeiros e do mercado de crédito que serão incorporados ao modelo tradicional. Em seguida serão realizadas as estimações e, por fim, os exercícios econométricos.

2.1 O Modelo com Intermediários Financeiros

O objetivo principal do modelo Gertler e Karadi (2011) é representar uma economia em que os intermediários financeiros sejam um agente econômico como as famílias e as firmas. O setor bancário 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 tem como origem as variações na cotação dos ativos e no patrimônio das instituições financeiras, afetando o mercado de crédito e a realização de investimentos.

Além das famílias, que participam no capital das instituições financeiras, o modelo se destaca por incluir três diferentes tipos de firmas: produtoras de bens de capital, produtoras de bens intermediários e ofertantes de bens finais. Ao governo caberá a realização da política fiscal, monetária e a política de crédito.

2.1.1 Comportamento das Famílias

A economia é composta por um contínuo de famílias idênticas, que consome, poupa e oferta trabalho. As famílias que 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.

A cada período uma proporção $1 - f$ dos membros das famílias são trabalhadores, enquanto f atuam como banqueiros. Um membro que é banqueiro em um período, permanece nesse estado para o próximo período com probabilidade θ , a qual ocorre independente dos eventos passados. Isso implica que a taxa média de sobrevivência como banqueiro num dado período é de $\frac{1}{1-\theta}$ e que em cada período uma proporção $(1 - \theta)f$ dos banqueiros saem do mercado e se tornam trabalhadores. Os membros que deixam de ser banqueiros carregam os lucros acumulados para as suas respectivas famílias. Os novos banqueiros aportam recursos iniciais para a atividade, como será descrito na seção a frente.

Sendo C_t o consumo e L_t a oferta de trabalho, o problema de maximização das famílias pode ser descrito como:

$$\text{Max} E_t \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \left[\ln(C_{t+i} - hC_{t+i-1}) - \frac{\chi}{1+\varphi} L_{t+i}^{1+\varphi} \right], \quad (2.1)$$

Sujeito a

$$C_t = W_t L_t + \Pi_t + T_t + R_t B_t - B_{t+1} \quad (2.2)$$

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

¹ A descrição de cada parâmetro do modelo está no Apêndice 2.1.

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 com o 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 por²:

$$E_t \beta \frac{(C_{t+1} - hC_t)^{-1} - \beta h E_t (C_{t+2} - hC_{t+1})^{-1}}{(C_t - hC_{t-1})^{-1} - \beta h E_t (C_{t+1} - hC_t)^{-1}} R_t = 1, \quad (2.3)$$

e

$$[(C_t - hC_{t-1})^{-1} - \beta h E_t (C_{t+1} - hC_t)^{-1}] Q_t W_t = \chi \ell_t L_t^\varphi \quad (2.4)$$

2.1.2 Comportamento das Firms Produtoras de Bens Intermediários

Pelo lado da produção, um número infinito e contínuo de firms não financeiras operam num mercado competitivo e produzem bens intermediários, que serão, eventualmente, vendidos para as firms 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 obter recursos, as firms emitem uma obrigação, S_t , igual ao número de unidades de capital K_{t+1} , com preço de uma unidade de capital igual a Q_t . Sendo assim, $Q_t K_{t+1}$ é o valor do capital adquirido e $Q_t S_t$ é valor das obrigações emitidas contra esse capital:

$$Q_t K_{t+1} = Q_t S_t \quad (2.5)$$

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

² A utilidade marginal da renda é dada por $\Lambda_{t,t+1} = \frac{(C_{t+1} - hC_t)^{-1} - \beta h E_t (C_{t+2} - hC_{t+1})^{-1}}{(C_t - hC_{t-1})^{-1} - \beta h E_t (C_{t+1} - hC_t)^{-1}}$.

processo. Além disso, diferentemente do que nos modelos com inspiração em Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999), neste apenas os intermediários financeiros enfrentarão restrições via patrimônio líquido para obter recursos financeiros. 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:

$$Y_{m,t} = A_t (U_t \xi_t K_t)^\alpha L_t^{1-\alpha}. \quad (2.6)$$

em que,

$$A_t = \rho_A A_{t-1} + \epsilon_{A,t}, \quad \epsilon_{A,t} \sim N(0, \sigma_A^2) \quad (2.7)$$

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

$$\xi_t = \rho_\xi \xi_{t-1} + \epsilon_{\xi,t}, \quad \epsilon_{\xi,t} \sim N(0, \sigma_\xi^2) \quad (2.8)$$

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.

$$\delta_t(U_t) = \delta_c + \frac{b}{(1+\zeta)} U_t^{(1+\zeta)} \quad (2.9)$$

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

³ Conforme é demonstrado em Gertler e 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_{nt} , e do capital no período $t - 1$, ajustado pelo choque na qualidade do capital: $K_t = \xi_t K_{t-1} + I_{nt}$.

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

A firma opera em um mercado competitivo e terá lucro zero em cada período. Isso significa que ela pagará o retorno *ex post* do capital para o intermediário. 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 taxa de utilização do capital:

$$R_{kt+1} = \frac{\left[P_{m,t+1} \alpha \frac{Y_{m,t+1}}{\xi_{t+1} K_{t+1}} + Q_{t+1} - \delta(U_{t+1}) \right] \xi_{t+1}}{Q_t} \quad (2.10)$$

Em que $P_{m,t}$ e $Y_{m,t}$ é o preço e a produção dos intermediários.

2.1.3 Comportamento das 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 o capital depreciado e produzir capital novo. Esses bens são vendidos ao preço Q_t . Seja I_t e I_{nt} o capital bruto e líquido criado e I_{SS} o investimento em estado estacionário, o produtor de bens de capital maximiza os lucros descontados no tempo:

$$\text{Max } E_t \sum_{\tau=t}^{\infty} \beta^{T-t} \Lambda_{t,\tau} \left\{ (Q_{\tau} - 1) I_{nt} - f \left(\frac{I_{n,t} + I_{SS}}{I_{n,t-1} + I_{SS}} \right) (I_{n,t} + I_{SS}) \right\}$$

Com I_{nt} representando o investimento líquido

$$I_{nt} = I_t - \delta(U_t) \xi_t K_t \quad (2.11)$$

onde $f(1) = f'(1) = 0$ e $f''(1) > 0$, em que $\delta(U_t) \xi_t K_t$ é a quantidade de capital reaproveitado (reparado)⁴. Da mesma forma que em Christiano, Eichenbaum e Evans (2005), existe um fluxo de ajustamento dos investimentos que estão restritos ao fluxo de investimentos líquidos, o que abre a possibilidade de lucros fora do estado estacionário. Esses

⁴ Assume-se que não há custo de ajustamento para o capital reparado e a equação do custo de ajustamento do capital novo possui a seguinte forma: $f_t = \frac{\eta_i}{2} \left(\frac{I_{nt} + I_{SS}}{I_{nt-1} + I_{SS}} - 1 \right)^2$, conforme Gertler e Karadi (2011).

lucros retornam *lump sum* para as famílias (Π_t). A condição de primeira ordem mostra a decisão ótima para os investimentos líquidos:

$$Q_t = 1 + f_t + f_t' \left(\frac{I_{nt} + I_{SS}}{I_{nt-1} + I_{SS}} \right) - E_t \beta \Lambda_{t+1} f'_{t+1} \left(\frac{I_{nt} + I_{SS}}{I_{nt-1} + I_{SS}} \right)^2 \quad (2.12)$$

2.1.4 Comportamento das 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 $(1 - \gamma)$. Entre os períodos de ajustamento, a firma apenas indexado o seu à inflação passada, $0 < \gamma_p < 1$. 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. Assumindo que π_t é a taxa de inflação entre $t - 1$ e t , temos:

$$D_t = \gamma D_{t-1} \pi_{t-1}^{-\gamma_p \varepsilon} \pi_t^\varepsilon + (1 - \gamma) \left(1 - \gamma \pi_{t-1}^{\gamma_p (1-\gamma)} \pi_t^{(1-\gamma)} \right) / (1 - \gamma)^{-\varepsilon / (1-\gamma)}$$

O problema de escolha dos preços pelos varejistas é determinar o preço ótimo, P_t^* , durante o período em que lhe é permitido ajustar livremente o preço, de modo que a variação ótima dos preços $\pi_t^* = P_t^* / P_{t-1}$, é dada por:

$$\pi_t^* = \frac{1}{1 - 1/\varepsilon} \frac{F_t}{Z_t} \pi_t \quad (2.13)$$

em que F_t e Z_t é expresso como

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

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

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

$$\pi_t^{(1-\varepsilon)} = \gamma \pi_{t-1}^{\gamma p(1-\varepsilon)} + (1-\gamma) \pi_t^{*(1-\varepsilon)} \quad (2.14)$$

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 e Wouters (2003).

Para relacionar os dois tipos de modelos deste trabalho, naquele em que não há fricções financeiras será acrescentada uma equação de arbitragem, que iguala as taxas de retorno: $\beta \Lambda_{t+1} R_{kt+1} = \beta \Lambda_{t+1} R_t$. As demais equações descritas acima serão as mesmas, acrescentadas do fechamento da economia que será apresentado no seção 2.1.7. Nas próximas duas partes serão acrescentados os intermediários financeiros e o mercado de crédito.

2.1.5 Os Intermediários Financeiros

Os intermediários financeiros emprestam os recursos depositados pelas famílias para as firmas produtoras de bens intermediários. Neste processo de canalizar os fundos dos poupadores para os investidores, eles também se engajam em transformar a maturidade da dívida e gerar alavancagem, ou seja, detêm ativos de longo prazo e financiam esses ativos com passivos de curto prazo e/ou com o seu próprio capital.

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 cada um desses ativos, o balanço dos intermediários financeiros pode ser expresso como:

$$Q_t S_{jt} = N_{jt} + B_{jt+1} \quad (2.15)$$

O crescimento do patrimônio da instituição financeira vai depender do prêmio $(R_{kt+1} - R_{t+1})$ sobre os seus ativos, 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:

$$N_{jt+1} = (R_{kt+1} - R_{t+1})Q_t S_{jt} + R_{t+1}N_{jt} \quad (2.16)$$

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 ativos dos intermediários auferem um retorno estocástico, R_{kt+1} no mesmo período, de t para $t + 1$. Ambas as taxas de retorno, R_{t+1} e R_{kt+1} , serão determinadas endogenamente no modelo.

Num mercado sem fricções financeiras, o retorno do 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. Portanto, neste modelo, a existência de instituições financeiras que maximizam lucros é a condição para que existam fricções financeiras. 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:

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

Sendo que $E_t \beta^i \Lambda_{t,t+1+i}$ é o fator de desconto estocástico dos banqueiros no período entre t e $t + i$.

O objetivo do banqueiro será maximizar a renda final esperada, dado por:

$$V_{jt} = \max E_t \sum_{i=0}^{\infty} (1 - \theta) \theta^i \beta^{i+1} \Lambda_{t,t+1+i} [(R_{kt+1+i} - R_{t+1+i})Q_{t+i} S_{jt+i} + R_{t+1+i} N_{jt+i}]. \quad (2.17)$$

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 e 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.

Para os credores que estão dispostos a fornecer fundos para os banqueiros, a seguinte restrição de incentivo deve ser satisfeita:

$$V_{jt} = v_t Q_t S_{jt} + \eta_t N_{jt}. \quad (2.18)$$

Sendo que o lado esquerdo da expressão representa o que o banqueiro perde ao desviar recursos e o lado direito é o ganho que obtém desviando os recursos. Sendo que,

$$\begin{aligned} \eta_t &= E_t\{(1 - \theta)\beta\Lambda_{t,t+1}(R_{kt+1} - R_{t+1}) + \beta\Lambda_{t,t+1}\theta x_{t,t+1}\eta_{t+1}\} \\ v_t &= E_t\{(1 - \theta) + \beta\Lambda_{t,t+1}\theta z_{t,t+1}v_{t+1}\} \end{aligned} \quad (2.19)$$

onde a taxa bruta de crescimento dos ativos entre t e $t + i$ é dada por $x_{t,t+i} \equiv \frac{Q_{t+i}S_{jt+i}}{Q_t S_{jt}}$ e a taxa de crescimento do patrimônio é dada por $z_{t,t+i} \equiv \frac{N_{jt+i}}{N_{jt}}$. A variável v_t 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, η_t representa o valor presente esperado de expandir N_{jt} mantendo S_{jt} constante.

Além disso, se essa restrição para a expansão dos ativos estiver valendo, a quantidade de ativos que o banqueiro poderá adquirir dependerá positivamente do seu capital próprio:

$$Q_t S_{jt} = \frac{\eta_t}{\lambda - v_t} N_{jt} = \phi_t N_{jt} \quad (2.20)$$

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

$$\phi_t = \frac{v_t}{\lambda - \eta_t} \quad (2.21)$$

A equação que expressa a evolução do patrimônio líquido agregada para os intermediários financeiros pode ser descrita como:

$$N_t = \theta[(R_{kt} - R_t)\phi_{t-1} + R_t]N_{t-1} + \omega Q_t S_{t-1} \quad (2.22)$$

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 e 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 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.

2.1.6 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:

$$Q_t S_t = Q_t S_{p,t} + Q_t S_{g,t} \quad (2.23)$$

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

$$Q_t S_{g,t} = \psi_t Q_t S_t, \quad (2.24)$$

A política de crédito será conduzida pelo governo (que pode ser o tesouro nacional ou o banco central) que emite dívida pública, que as famílias adquirem pagando a taxa livre de risco, R_{t+1} . Então se empresta os recursos para as firmas não-financeiras cobrando 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.

Os autores do modelo destacam que é possível fazer uma interpretação do 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 a restrição do orçamento dos bancos.

Uma vez que os fundos intermediados pelo setor privado são restritos pelo patrimônio líquido dessas instituições, a equação (2.20) pode ser reescrita para obter:

$$Q_t S_t = \phi_t N_t + \psi_t Q_t S_t = \phi_{ct} N_t \quad (2.25)$$

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:

$$\phi_{ct} = \frac{1}{1-\psi_t} \phi_t \quad (2.26)$$

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 adicionarmos 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:

$$\begin{aligned}\psi_t &= \kappa E_t[(\log R_{kt+1} - \log R_{t+1}) - (\log R_k - \log R)] + \iota_t \\ \iota_t &= \rho \iota_{t-1} + \epsilon_{\iota,t}, \epsilon_{\iota,t} \sim N(0, \sigma_\iota^2)\end{aligned}\quad (2.27)$$

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

2.1.7 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.

$$Y_t = C_t + I_t + \frac{\eta I}{2} \left(\frac{I_{nt} + I_{ss}}{I_{nt-1} + I_{ss}} \right)^2 (I_{nt} + I_{ss}) + G_t + \tau\psi_t K_t \quad (2.28)$$

A equação de movimento para o capital é dada por

$$K_{t+1} = \xi_t K_t + I_{nt} \quad (2.29)$$

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:

$$G_t = \bar{G} g_t \quad (2.30)$$

onde,

$$g_t = \rho_g g_{t-1} + \epsilon_{g,t}, \epsilon_{g,t} \sim N(0, \sigma_g^2) \quad (2.31)$$

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

$$G_t + \tau\psi_t Q_t K_{t+1} = T_t + (R_{kt} - R_t)B_{gt-1} \quad (2.32)$$

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:

$$i_t = (1 - \rho_i)[i + \kappa_\pi \pi_t + \kappa_y (\log Y_t - \log Y_t^*)] + \rho_i i_{t-1} + \epsilon_{I,t} \quad (2.33)$$

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 $\epsilon_{I,t} \sim N(0, \sigma_e^2)$.

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:

$$1 + i_t = R_{t+1} \frac{E_t P_{t+1}}{P_t} \quad (2.34)$$

2.2 Estimação

Para realizar as análises e experimentos será utilizado três variações do modelo completo apresentado nas seções anteriores. O primeiro modelo, mais simples, não possui fricções financeiras (economia em que $R_t = R_{kt}$). O segundo será uma evolução do primeiro acrescido dos intermediários financeiros, o que resultará num modelo com fricções financeiras. O terceiro modelo terá, além de fricções financeiras, uma política de crédito, que é realizada pelo setor público. As equações que compõem os modelos estão descritas no Apêndice 2.

O trabalho empírico utilizará tanto a estimação dos parâmetros estruturais, via metodologia Bayesiana, quanto a calibragem com base no modelo de Gertler e Karadi (2011) e Castro et al. (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 e Schorfheide (2006), a inserção de *prioris* funcionam como ponderadores no processo de estimação das distribuições posteriores. Ou seja, as distribuições *a priori* incorporam informação adicional na estimação dos parâmetros, 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 fornece as informações disponíveis antes de observar os 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 e Gelman (1998).⁵ Uma descrição mais detalhada desta metodologia é encontrada em Canova (2007), An e Schorfheide (2007) e DeJong e Dave (2011). O último passo consiste na análise da identificação do modelo e dos resultados estimados.

2.2.1 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 primeiro trimestre de 2014. As séries dessazonalizadas para o PIB (Y_t) e Formação Bruta de Capital Fixo (I_t) tem como fonte o Sistema de Contas Nacionais Trimestrais (IBGE/ SCNT). Para o saldo operações de crédito para o setor privado

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

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 o (log)diferença 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 de Castro et al. (2011) 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.

Tabela 2.1 – Parâmetros Calibrados

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 : Coeficiente da taxa de inflação	2.234
κ_y : Coeficiente do hiato do produto	0.160
ρ_i : Parâmetro de suavização da taxa de juros	0.790

Fonte: Elaborado pelo Autor

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.

A decisão sobre as distribuições *a priori* segue os trabalhos de Smets e Wouters (2003) 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 para 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 e 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.

2.2.2 Resultados da estimação

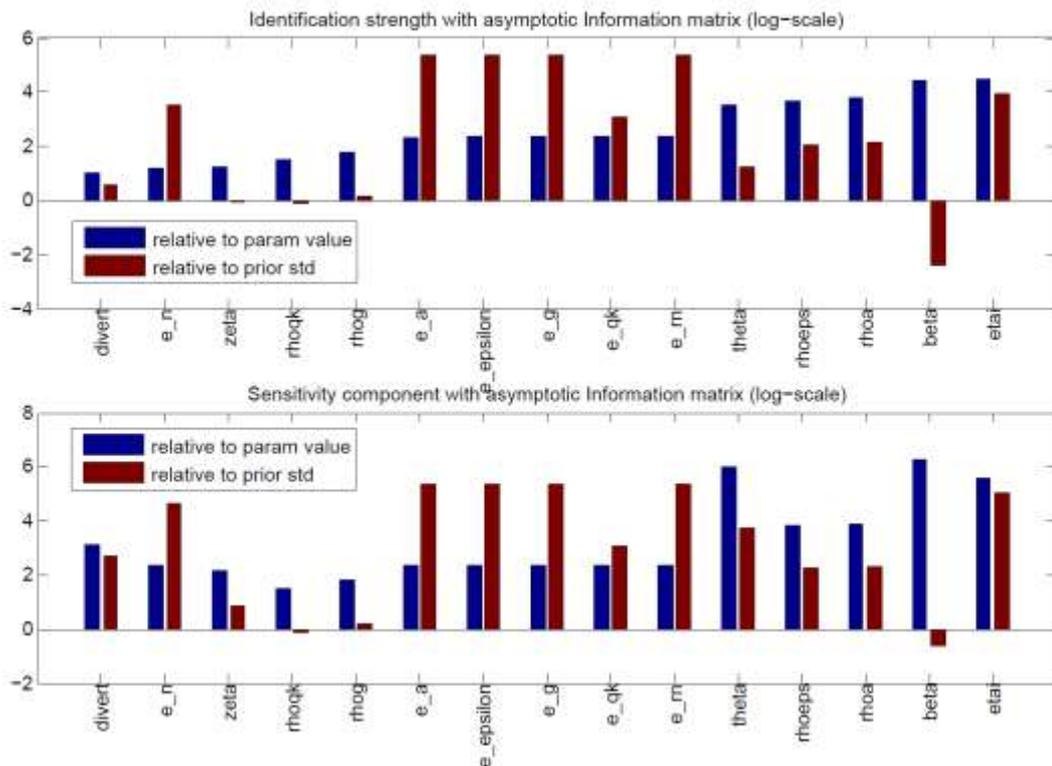
Um desafio para implementar a estimação bayesiana dos modelos DSGE refere-se à identificação dos parâmetros estimados. A importância da identificação é sintetizada Iskrev (2010): “Quando o modelo econômico fornece uma caracterização completa do processo de geração de dados, a identificação dos parâmetros pode ser tratada como uma propriedade do modelo teórico subjacente. Os parâmetros não serão identificáveis ou serão fracamente identificáveis se as características econômicas que representam não têm, ou têm pouca relevância empírica. Isto tanto pode ocorrer porque essas características não são importantes por si próprias, ou porque são redundantes dadas às características representadas no modelo.”

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 e 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 1, indica que todos os parâmetros apresentam identificação tanto em relação ao valor dos parâmetros quanto ao desvio padrão da *priori*.

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.

Figura 2.1 – Intensidade de identificação do modelo com fricções financeiras



Fonte: Elaborado pelo Autor

O resultado da estimação do modelo com fricções financeiras é apresentado 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 a 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 e Karadi (2011). Esse valor pode ser explicado em decorrência da menor taxa de depreciação em estado estacionário ($\delta_c = 0.15$), que foi calibrado com referência em Castro et al. (2011).

Na parte que se refere às fricções financeira, 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 o para a média para o índice de Basileia da economia brasileira entre primeiro trimestre de 2005 e o primeiro trimestre de 2014.⁶

A Figura 2.2 mostra as estimativas do Filtro de Kalman para as variáveis calculadas a partir da média da *posteriori* dos parâmetros estimados do modelo com fricções financeiras em comparação com as séries de dados observados para a economia brasileira. Essa comparação, de maneira simples, corresponde ao ajuste do modelo. A linha vermelha representa a previsão um passo à frente do modelo e a linha azul 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.

Tabela 2.2 – Distribuição a priori e posteriori dos parâmetros

Parâmetros	Densidade	Priori		Posteriori		Suporte
		Média	D P	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]	\mathfrak{R}^+
η_i	Gamma	1.720	1.000	1.1851	[0.8372; 1.5224]	\mathfrak{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]	\mathfrak{R}^+
σ_ξ	Inv. Gamma	0.050	Inf.	0.0490	[0.0388; 0.0584]	\mathfrak{R}^+
σ_A	Inv. Gamma	0.050	Inf.	0.0661	[0.0535; 0.0772]	\mathfrak{R}^+
σ_{N_e}	Inv. Gamma	0.100	Inf.	0.2176	[0.1814; 0.2499]	\mathfrak{R}^+
σ_I	Inv. Gamma	0.050	Inf.	0.0134	[0.0116; 0.0158]	\mathfrak{R}^+
σ_{qk}	Inv. Gamma	0.050	Inf.	0.0646	[0.0588; 0.0705]	\mathfrak{R}^+

Fonte: Elaborado pelo autor

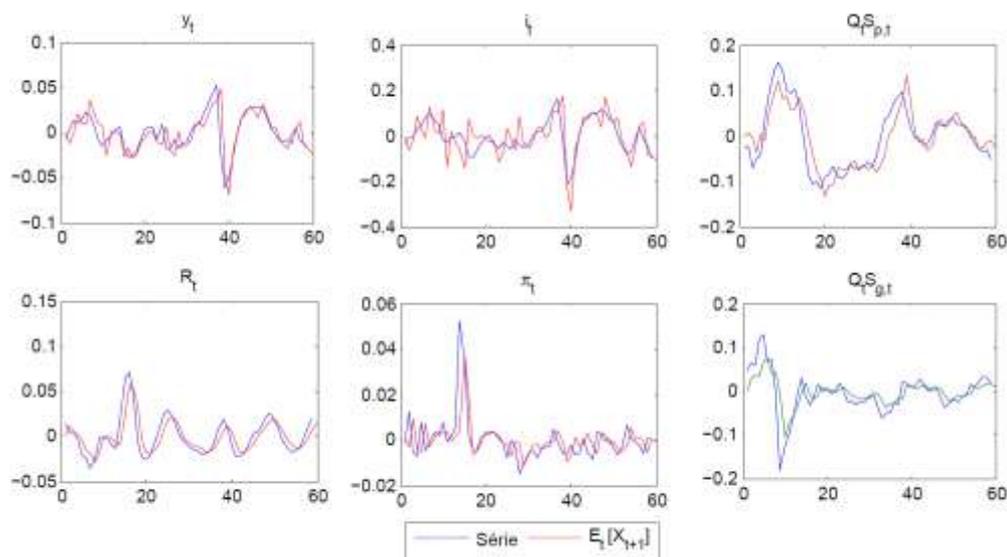
O modelo parece ter capacidade de mimetizar os dados de crédito para a economia brasileira no período analisado. O modelo foi capaz de capturar os movimentos nas

⁶ A taxa de alavancagem para a economia brasileira foi calculada com a seguinte fórmula: $Lev_t = \frac{100 - I_{Basileia_t}}{I_{Basileia_t}}$. A série para o índice de Basileia foi obtida em www.bcb.org.br.

variáveis de crédito incluídas no modelo. Além disso, as séries mostram o comportamento distinto das operações públicas e privadas. O crédito público mostra menor variância ao longo do período, em que se destaca o crescimento no período após a crise internacional e no período mais recente. Por outro lado, o crédito privado mostrou mais volatilidade e com desaceleração acentuada logo após a crise internacional e no período mais recente.

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 gerado pelo modelo.

Figura 2.2 - Ajuste do modelo DSGE com Fricções Financeiras



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Portanto, para avaliar a conformidade entre os dados e o modelo, realizou-se a avaliação da identificação dos dados com o modelo, o ajuste da previsão um passo à frente e a comparação dos momentos. Assim, parece haver um suporte empírico para as propriedades do modelo Gertler e Karadi (2011), principalmente quanto às variáveis financeiras e à microfundamentação do setor bancário apresentem propriedades empíricas mais autênticas quando aplicado à economia brasileira.

Tabela 2.3 - 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

Fonte: Elaborado pelo Autor

2.3 Análise e Experimentos

Foram realizados três conjuntos de simulações que são apresentadas nas próximas seções. Na primeira foram comparados o modelo com instituições financeiras com a sua versão sem a inclusão dessas instituições. Nesse caso buscou-se analisar a amplitude e persistência do ciclo econômico a partir da inclusão de fricções financeiras.

Na seção seguinte, será analisada a eficácia da utilização de uma política de crédito para combater a recessão. No exercício final será comparada a política de crédito com a política monetária como instrumento alternativo à política monetária.

2.4.1 Amplitude e persistência do ciclo econômico no modelo com F.F.

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

O mecanismo de transmissão da parte financeira do modelo é mais intuitivo de ser explicado quando se analisa os fatores que determinam o lucro dos intermediários financeiros, são eles: o tamanho do *spread*, o volume dos empréstimos e a alavancagem. Após uma forte retração em seu patrimônio, os intermediários 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 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.

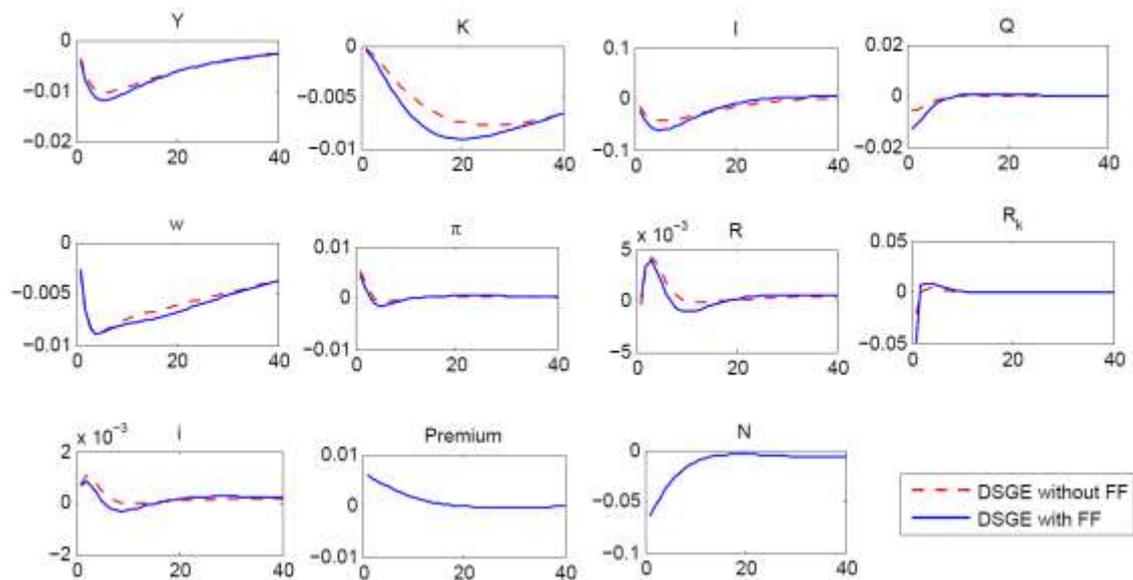
Diante dessa restrição financeira, resultado do rápido aumento nos custos dos empréstimos, as firmas reduzem a sua demanda por empréstimos. As firmas respondem a esse aumento de custos cortando investimentos e aumentando a taxa de utilização do capital. Dessa forma, observa-se uma queda prolongada no produto e nos investimentos. Além disso, a maior taxa de utilização do capital tem efeitos na sua velocidade de depreciação, a intensidade do uso implica em aumento na depreciação.

Contudo, o processo 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 de 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 2.3 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 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 fricções financeiras decorre do declínio nos investimentos. A resposta mais negativa nos investimentos é consequência do aumento no prêmio de financiamento 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.

Figura 2.3 – Variação percentual em relação ao estado estacionário em resposta a uma queda de 1% na produtividade total dos fatores



Fonte: Elaborado pelo Autor

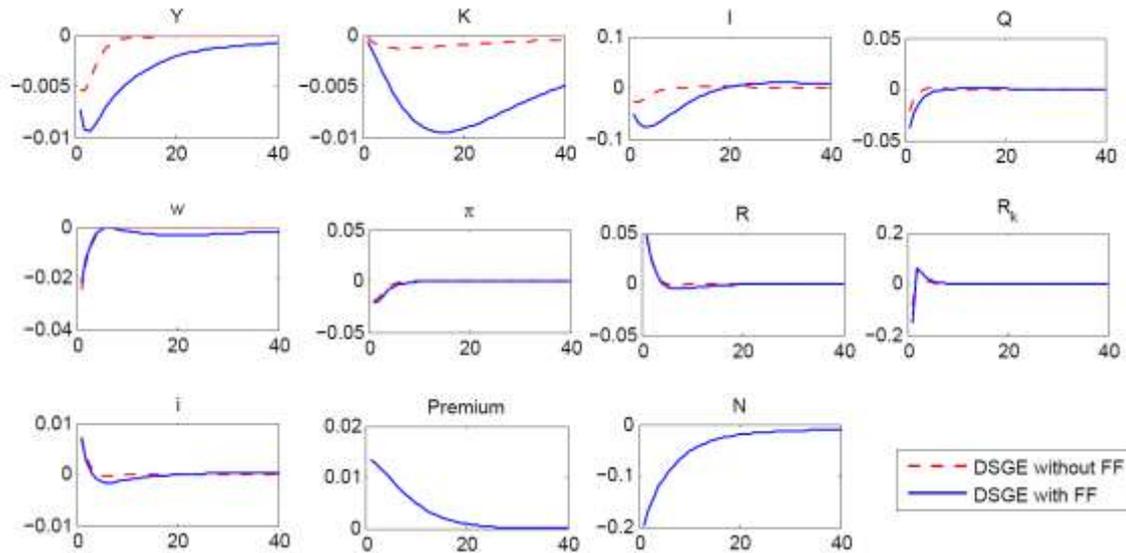
Na segunda simulação, o choque ocorre através de um aumento de 100 pontos base na taxa de juros da política monetária. O aperto nas condições monetárias produz choque negativo pelo lado da demanda. Assim, a Figura 2.4 mostra uma resposta negativa do produto em relação ao seu estado estacionário e da 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, com na forma tradicional os juros mais altos impactam a decisão de consumo, o que também contribui para a queda do produto.

O terceiro choque simula a retração de 5,00% na qualidade do capital, que se traduz diretamente num choque no patrimônio dos intermediários financeiros devido à identidade entre o capital e os ativos. Este choque é um evento raro, mas uma vez que ele ocorre existe uma persistência dada por um componente autorregressivo igual ao estimado na seção anterior (0.692). Gertler e Karadi (2011) utilizam esse modelo para tentar mimetizar os efeitos da crise do *sub-prime* na economia norte americana. É importante salientar que tão maior será

o declínio no produto provocado pela perda de qualidade do capital quanto maior foi a taxa de alavancagem da economia.

Figura 2.4 – Variação percentual em relação ao estado estacionário em resposta a um aumento de 100 pontos base na taxa de juros do Banco Central



Fonte: Elaborado pelo Autor

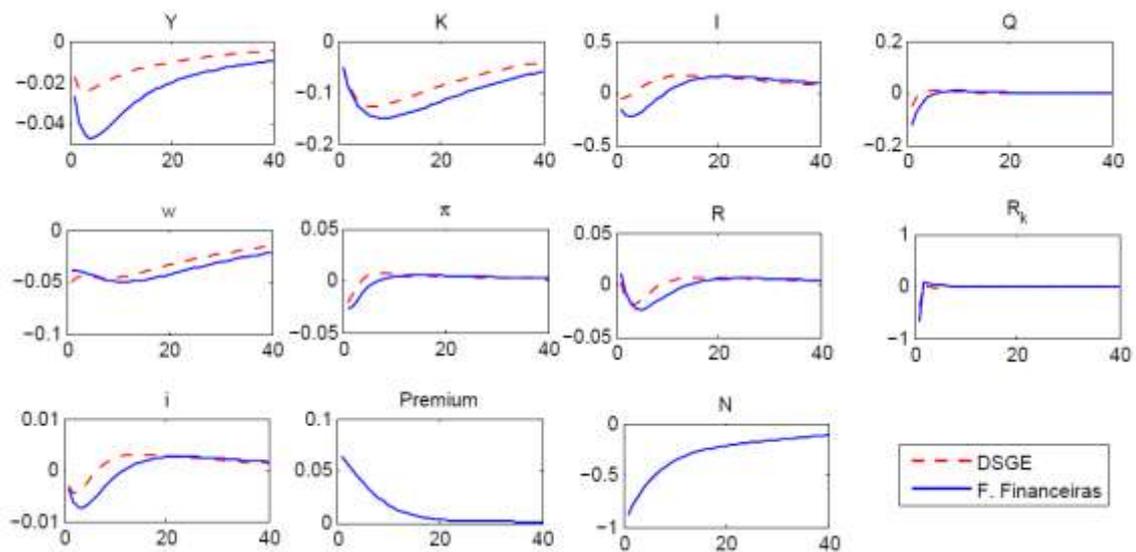
Como mostrado na Figura 2.5, no modelo com fricções financeiras a retração no produto é muito mais intensa. A resposta do produto atinge o seu maior valor após três trimestres e apresenta uma magnitude 86,5% maior do que no modelo tradicional. Chama também a atenção a queda de 20% no patrimônio das instituições financeiras e o crescimento na taxa de juros.

Outras duas variáveis importantes para o modelo, investimentos e preços dos ativos, também mostram uma retração mais intensa no modelo financeiro. Para os investimentos, a retração em relação ao nível de estado estacionário foi de 170% maior no modelo com fricções financeiras em relação ao modelo tradicional. No caso do preço dos ativos, a desvalorização foi 148% maior no modelo com fricções financeiras. Conseqüentemente, a queda nos investimentos representa um forte declínio no estoque de capital, que posteriormente também afeta a taxa de crescimento.

Neste segundo conjunto de experimentos, será analisado uma forma pela qual a intervenção do banco central no mercado de crédito poderia mitigar os efeitos de uma recessão em decorrência de uma crise que atinge o sistema financeiro. 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, a tendência é de que nos períodos de crise ocorra um aumento no *spread* que paralisa os investimentos e, por consequência, também afetam a cotação dos ativos, que, por sua vez, resulta em uma queda no colateral das empresas e das instituições financeiras. O resultado disso para o ciclo econômico pode ser um longo período de crescimento abaixo do nível de estado estacionário.

Figura 2.5 - Variação percentual em relação ao estado estacionário em resposta a uma desvalorização de 5,00% no valor dos ativos



Fonte: Elaborado pelo Autor

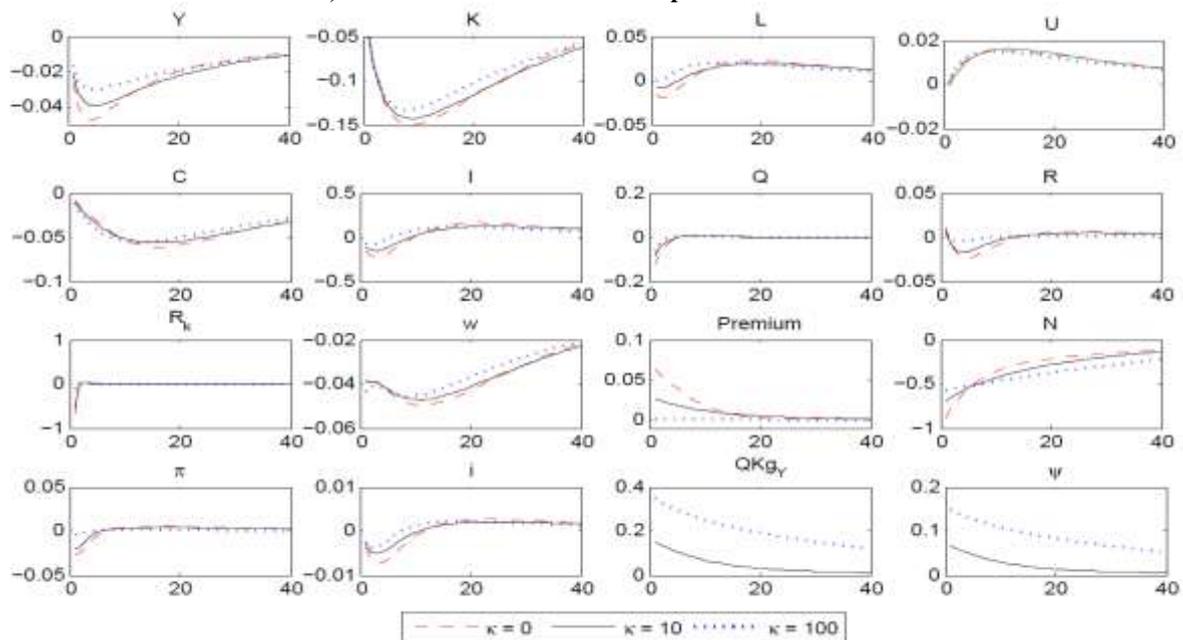
2.3.2 Utilização de uma política de crédito para combater a recessão

Em tempos normais, se supõem que a regra de política monetária é suficiente para conduzir a política. Já durante uma crise financeira, permite-se que uma política de crédito seja empregada para dar liquidez ao mercado de crédito. Nesse caso, no início da crise financeira, 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 2.6, 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 ($\rho_i = 0$).

Figura 2.6 – Variação percentual em relação ao estado estacionário em resposta a uma desvalorização de 5,00% no valor dos ativos com política de crédito



Fonte: elaborado pelo autor

A política de crédito mais moderada produz um aumento no balanço do banco central de aproximadamente a 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 de crédito.

A Figura 2.6 para a variável ψ_t , que representa a política de crédito, também mostra que a cada período o banco central diminuiu lentamente a intervenção no mercado. No primeiro caso, a política dura cerca de cinco anos (20 trimestres) até que seja dissipada. Essa saída está associada com a recapitalização dos intermediários financeiros privados. Ao passo que os intermediários privados conseguem restaurar o seu patrimônio, eles ficam aptos para absorver os ativos que estão no balanço do banco central e reativar a participação do setor privado no mercado de crédito.

Também merece destaque que, mesmo com a expansão dos ativos do banco central em resposta à crise, a taxa de inflação mantém um comportamento benigno. A política de crédito,

através da redução dos *spreads*, consegue prover estímulos para reduzir o processo de deflação iniciado quando a crise é deflagrada. Além disso, a política de crédito também não se mostra agressiva o suficiente para impulsionar a inflação.

As obrigações geradas pelo banco central para dar liquidez à economia advêm 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 acrescentado a seguinte equação para a relação dívida/PIB.

$$QK_{gy,t} = \frac{B_{g,t}}{4y_t} = \frac{\psi Q_t K_t}{4y_t}. \quad (2.35)$$

Na Figura 2.6, o diagrama para a variável QK_{gy} 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 40 p.p. 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.

Os resultados do modelo estimado para a economia brasileira foram comparados com outros dois modelos semelhantes aplicados para outros países. No caso, o modelo calibrado por Gertler e Karadi (2011) para a economia dos EUA e a estimação realizada por Villa e Yang (2011) para a economia do Reino Unido. Para o caso do choque na qualidade do capital, a comparação de ambos os modelos com o estimado para a economia brasileira mostrou que, utilizando-se uma regra para a política de crédito com os mesmos parâmetros, tanto a política moderada, quanto a mais agressiva proporcionaram uma injeção de capital em relação ao estoque maior nos países desenvolvidos. Possivelmente, essa maior necessidade de recursos está relacionada com o nível de alavancagem mais alto dessas duas economias em relação à economia brasileira.

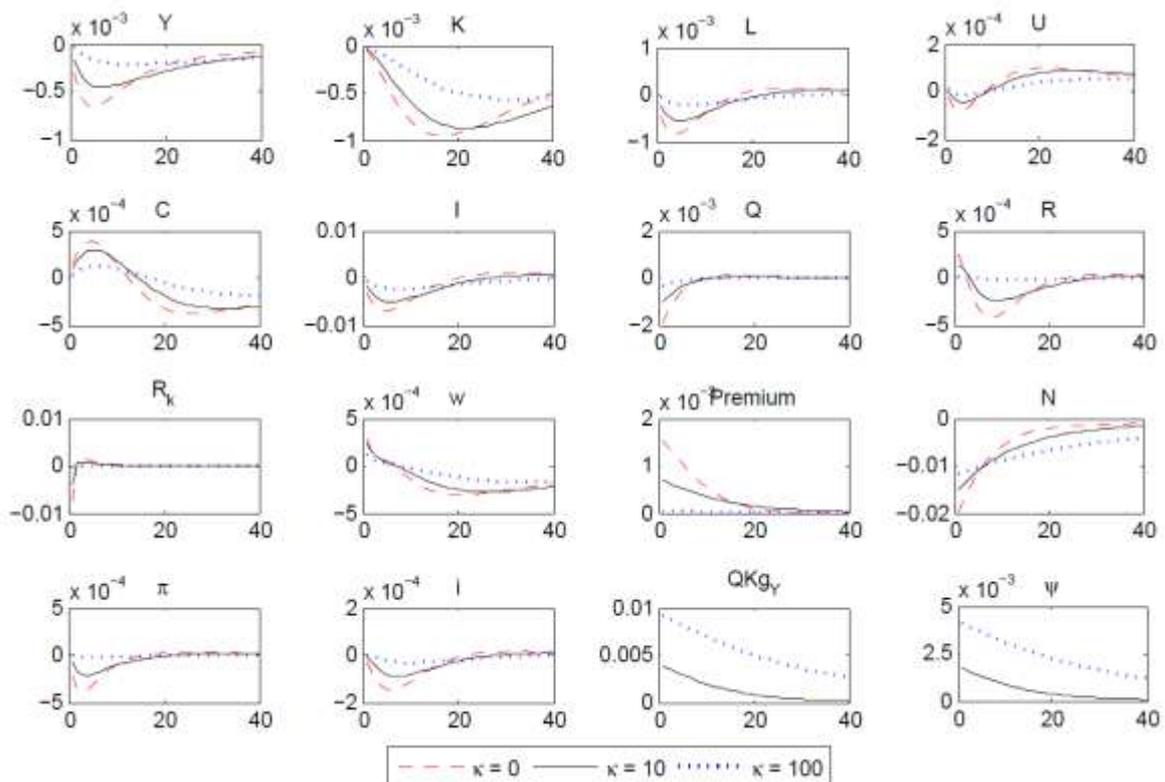
Os impactos no ciclo econômico foram mais divergentes entre os modelos. O choque na qualidade do capital provocou uma retração na atividade mais intensa na economia dos EUA, do Brasil e do que no Reino Unido, nesta ordem. Com relação a inflação, o resultado para a economia americana e para a economia brasileira mostrou um processo de queda na taxa de inflação. Por outro lado, no exercício para a economia inglesa os autores verificaram um processo inflacionário após o evento exógeno.

Outra fonte de impulso para o ciclo econômico no modelo com fricções financeiras pode ser através de uma diminuição no patrimônio dos intermediários financeiros estabelecidos no mercado. Um choque no capital do setor bancário afeta o balanço patrimonial dessas instituições que passam a enfrentar restrições para aumentar os empréstimos, uma vez que os bancos já estão alavancados.

Nesse caso, 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 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.

Figura 2.7 – Variação percentual em relação ao estado estacionário em resposta a uma desvalorização de 1,00% no patrimônio das instituições financeiras

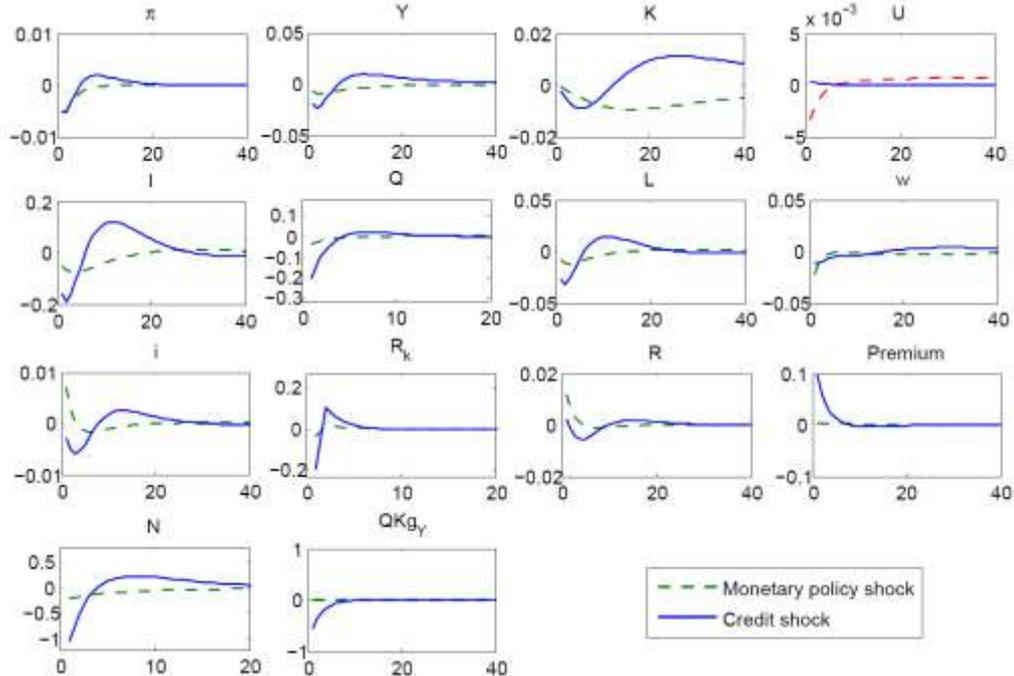


Fonte: elaborado pelo autor

2.3.3 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.

Figura 2.8 – 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



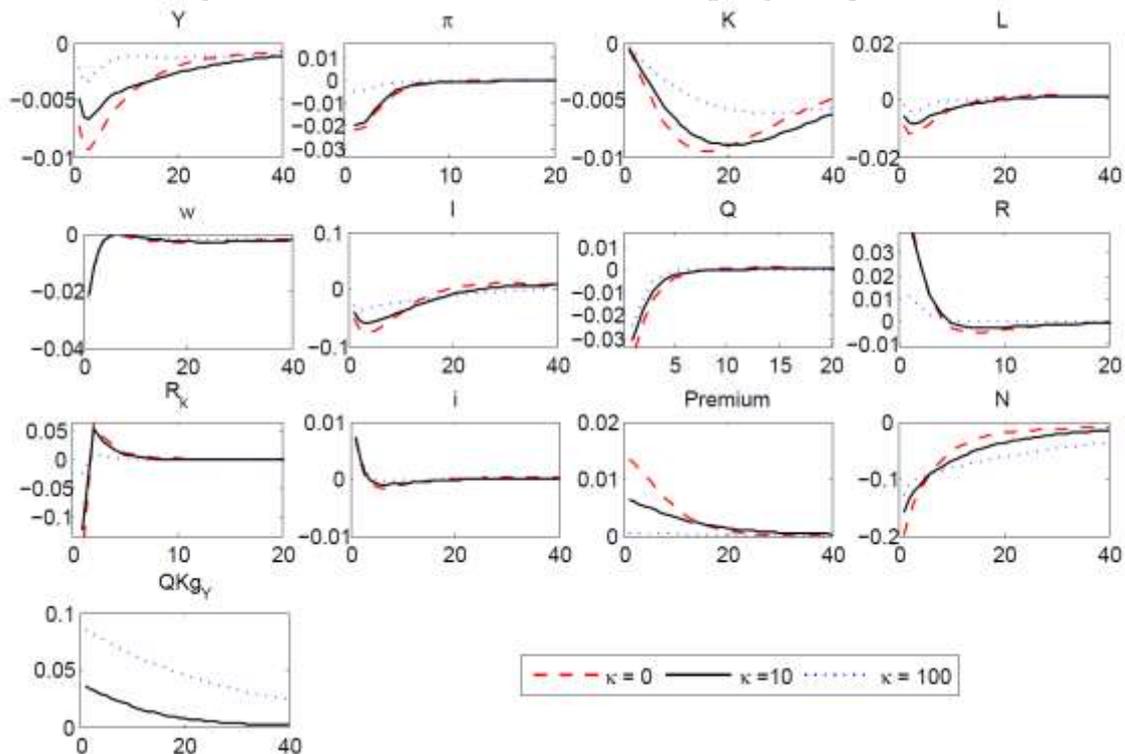
Fonte: elaborado pelo autor

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 referência para a política monetária. Nesse caso, conforme apresentado na Figura 2.8, o choque negativo na política de crédito produz uma recessão maior do que a 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 as autoridades 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.

Figura 2.9 – 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



Fonte: Elaborado pelo Autor

Na Figura 2.9 a linha vermelha tracejada representa o modelo com fricções financeiras sem política de crédito, a linha preta contínua e a linha pontilhada azul 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 obter o mesmo resultado que o aumento de 1.00% a.a. no caso de não haver política de crédito atuando.

2.4 Considerações Finais

Nos últimos anos, em especial para o período posterior à crise financeira internacional, o Brasil passou 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 e 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 o verificado 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 público 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.

2.6 Referências

AN, S.; SCHORFHEIDE, F. Bayesian Analysis of DSGE Models. *Econometric Reviews*, New York, v. 26, n. 4, p. 113-172, May. 2007. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07474930701220071>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

BERNANKE, B. S.; M. GERTLER, M.; GILCHRIST, S. The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework. In: TAYLOR, J. B.; WOODFORD, M. (Ed.). *Handbook of Macroeconomics*. Philadelphia: Elsevier, 1999. p. 1341-1393.

BROOKS, P.; GELMAN, A. General methods for monitoring convergence of iterative simulations. *Journal of computational and graphical statistics*, London, v. 7, n. 4, p. 434-455,

Feb. 2012. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10618600.1998.10474787>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CANOVA, F. *Methods for applied macroeconomic research*. New Jersey: Princeton University Press, 2007.

CARLSTROM, C. T.; FUERST, T. S. Agency Costs, Net Worth, and Business Fluctuations: A Computable General Equilibrium Analysis. *American Economic Review*, New York, v. 87, n. 5, p. 893-910, Dec. 1997.

CASTRO, M. R. et al. *Samba: Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach*. Brasília: Banco Central do Brasil, 2011. (Working Paper Series Brasília, 239). Disponível em: <www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps239.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CHRISTIANO, L.; EICHENBAUM, M.; EVANS, C. Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, Chicago, v. 113, n. 1, p.1-46. Dec. 2005. Disponível em: <<http://www.tau.ac.il/~yashiv/cee.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CHRISTIANO, L. J.; MOTTO, R.; ROSTAGNO, M. Risk Shocks. *American Economic Review*, New York, v. 104, n. 1, p.27-65. Jan. 2014. Disponível em: <<https://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/aer.104.1.27>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

DEJONG, D. N.; DAVE C. *Structural Macroeconometrics*, New Jersey: Princeton University Press, 2011.

GERTLER, M.; KARADI, P. A model of unconventional monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, Chicago, v. 58, n.1, p.17-34. Jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304393210001261>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

International Monetary Fund, *Global Financial Stability Report*. Risk Taking, Liquidity, and Shadow Banking: Curbing Excess while Promoting Growth. Washington. Oct. 2014. Disponível em: <<http://www.imf.org/external/pubs/ft/gfsr/2014/02>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

ISKREV, N. Local identification in DSGE models. *Journal of Monetary Economics*, Chicago, v. 57, n.1. p.189-202. Jan. 2010.

MESQUITA, M.; TORÓS, M. *Considerações sobre a Atuação do Banco Central na Crise de 2008*. Brasília: Banco Central do Brasil, 2010. (Trabalhos para Discussão, 202). Disponível em: <www.bcb.gov.br/pec/wps/port/wps202.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.

SMETS, F.; WOUTERS, R. Shocks and frictions in us business cycles: A bayesian DSGE approach. *American Economic Review*, New York, v.97, n.3, p.586-606. Jun. 2007. Disponível em: <<https://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/aer.97.3.586>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

STÉPHANE, A. et al. *Dynare: Reference Manual, Version 4*. Paris: CEPREMAP, 2011. (Dynare Working Papers, 1).

WOODFORD, M. *Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy*. New Jersey: Princeton University Press, 2003.

2.7 Apêndice A - Parâmetros do Modelo

Parâmetro	Descrição
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
Firmas Produtoras de bens intermediários	
η_i	Elasticidade inversa do custo de ajustamento dos investimentos
Política monetária	
κ_π	Coefficiente da taxa de inflação
κ_y	Coefficiente 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	Coefficiente 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_i	Desvio padrão do choque sobre a política de crédito
ρ_i	Persistência do choque na política de crédito
σ_{N_e}	Desvio padrão do choque sobre a qualidade dos ativos do sistema financeiro
σ_j	Desvio padrão do choque sobre a taxa de juros

Fonte: Elaborado pelo Autor

2.8 Apêndice B – Equações do modelo

Famílias:	
$q_t = (C_t - hC_{t-1})^{-1} - \beta h E_t(C_{t+1} - hC_t)^{-1}$	Utilidade Marginal do Consumo
$\beta \Lambda_{t+1} R_t = 1$	Equação de Euler
$\Lambda_t \equiv \frac{q_t}{q_{t-1}}$	Taxa de desconto estocástica
$\beta \Lambda_{t+1} R_{kt+1} = \beta \Lambda_{t+1} R_t$	Condição de arbitragem
$\chi L_t^q = \ell_t q_t P_{mt} (1 - \alpha) \frac{Y_t}{L_t}$	Equilíbrio no mercado de trabalho
Produtores de bens intermediários	
$Y_t = A_t (U_t \xi_t K_t)^\alpha L_t^{1-\alpha}$	Função de produção
$R_{kt+1} = \frac{P_{mt+1} \alpha \frac{Y_{t+1}}{\xi_{t+1} K_{t+1}} + Q_{t+1} - \delta(U_{t+1})}{Q_t} \xi_{t+1}$	Retorno do capital
Produtores de bens de capital	
$Q_t = 1 + \frac{\xi_t}{2} \left(\frac{I_{nt+1} + I_{ss}}{I_{nt-1} + I_{ss}} - 1 \right)^2 + \xi_t \left(\frac{I_{nt+1} + I_{ss}}{I_{nt-1} + I_{ss}} - 1 \right)$ $\left(\frac{I_{nt+1} + I_{ss}}{I_{nt-1} + I_{ss}} \right) - E_t \beta \Lambda_{t+1} \xi_t \left(\frac{I_{nt+1} + I_{ss}}{I_{nt-1} + I_{ss}} - 1 \right) \left(\frac{I_{nt+1} + I_{ss}}{I_{nt-1} + I_{ss}} \right)^2$	Decisão de investimento
$\delta(U_t) = \delta_c + \frac{b}{(1+\zeta)} (U_t)^{(1+\zeta)}$	Taxa de depreciação
$P_{mt} \alpha \frac{Y_t}{U_t} = \delta' (U_t) \xi_t K_{t-1}$	Taxa ótima de utilização da capacidade instalada
$I_{nt} = I_t - \delta(U_t) \xi_t K_t$	Investimento líquido
$K_t = \xi_t K_{t-1} + I_{nt}$	Equação de acumulação de capital
$D_t = \gamma D_{t-1} \pi_{t-1}^{-\gamma p \varepsilon} \pi_t^\varepsilon + (1 - \gamma)$ $\left(1 - \gamma \pi_{t-1}^{\gamma p (1-\gamma)} \pi_t^{(1-\gamma)} \right) / (1 - \gamma)^{-\varepsilon / (1-\gamma)}$	Índice de dispersão dos preços
$\pi_t^* = \frac{1}{1 - 1/\varepsilon} \frac{F_t}{Z_t} \pi_t$	Escolha do preço ótimo
$F_t = Y_t P_{m,t} + \gamma \beta \Lambda_{t+1} \pi_{t+1}^\varepsilon \pi_t^{-\varepsilon \gamma p} F_{t+1}$	
$Z_t = Y_t + \gamma \beta \Lambda_{t+1} \pi_{t+1}^{\varepsilon-1} \pi_t^{\gamma p (1-\varepsilon)} Z_{t+1}$	
$\pi_t^{(1-\varepsilon)} = \gamma \pi_{t-1}^{\gamma p (1-\varepsilon)} + (1 - \gamma) \pi_t^{*(1-\varepsilon)}$	Índice de preços
Fricções financeiras	
$\eta_t = E_t \{ (1 - \theta) \beta \Lambda_{t,t+1} (R_{kt+1} - R_{t+1}) + \beta \Lambda_{t,t+1} \theta x_{t,t+1} v_{t+1} \}$	Valor do patrimônio líquido dos bancos
$v_t = E_t \{ (1 - \theta) + \beta \Lambda_{t,t+1} \theta z_{t,t+1} \eta_{t+1} \}$	Valor do capital bancário
$\phi_t = \frac{v_t}{\lambda - \eta_t}$	Alavancagem ótima
$z_t = (R_{kt} - R_{t-1}) \phi_{t-1} + R_{t-1}$	Taxa de crescimento do capital bancário
$x_t = (\phi_t / \phi_{t-1}) z_t$	Taxa de crescimento do patrimônio líquido dos bancos
$Q_t S_t = \phi_t N_t$	Patrimônio líquido
$N_t = N_{et} + N_{nt}$	Patrimônio líquido
$N_{et} = \theta [(R_{kt} - R_t) \phi_{t-1} + R_t] N_{t-1}$	Equação de movimento do patrimônio
$N_{nt} = \omega Q_t S_{t-1}$	Patrimônio líquido dos Bancos
$\psi_t = \kappa E_t [(\log R_{kt+1} - \log R_{t+1}) - (\log R_k - \log R)] + t_t$	Política de crédito
Fechamento do Modelo	
$G_t = \bar{G} g_t$	Consumo do governo
$Y_t = C_t + I_t + \frac{\xi_t}{2} \left(\frac{I_{nt+1} + I_{ss}}{I_{nt-1} + I_{ss}} - 1 \right)^2 (I_{nt} + I_{ss}) + G + \tau \psi_t Q_t K_{t+1}$	Equação de equilíbrio da economia
$G_t + \tau \psi_t Q_t K_{t+1} = T_t + (R_{kt} - R_t) \psi_{t-1} Q_t K_t$	Restrição do governo
$Y_{m,t} = Y_t D_t$	Produção no atacado encaminhada para o varejo
$i_t = R_t \pi_{t+1}$	Equação de Fischer
$i_t = (1 - \rho_i) [i + \kappa_\pi \pi_t + \kappa_y (\log Y_t - \log Y_t^*)] + \rho_i i_{t-1} + \varepsilon_t$	Regra de Política Monetária
Choques	
$\ell_t = \rho_\ell \ell_{t-1} + \varepsilon_{\ell,t}, \varepsilon_{\ell,t} \sim N(0, \sigma_\ell^2)$	Choque sobre desutilidade marginal do trabalho
$A_t = \rho_A A_{t-1} + \varepsilon_{A,t}, \varepsilon_{A,t} \sim N(0, \sigma_A^2)$	Choque na Produtividade Total dos Fatores
$\xi_t = \rho_\xi \xi_{t-1} + \varepsilon_{\xi,t}, \varepsilon_{\xi,t} \sim N(0, \sigma_\xi^2)$	Choque na qualidade do capital
$g_t = \rho_g g_{t-1} + \varepsilon_{g,t}, \varepsilon_{g,t} \sim N(0, \sigma_g^2)$	Choque nos gastos do governo
$i_t = \rho_i i_{t-1} + \varepsilon_{i,t}, \varepsilon_{i,t} \sim N(0, \sigma_i^2)$	Choque na política de crédito
$\varepsilon_{N_{e,t}} \sim N(0, \sigma_{N_e}^2)$	Choque na qualidade dos ativos do sistema financeiro
$\varepsilon_{i,t} \sim N(0, \sigma_i^2)$	Choque na Taxa de Juros

Fonte: Elaborado pelo autor

3 CHOQUES INTERNACIONAIS E CICLOS ECONÔMICOS: UMA ANÁLISE DSGE-VAR PARA A ECONOMIA BRASILEIRA

Os modelos macroeconômicos voltados para a análise dos ciclos econômicos e dos impactos das políticas macroeconômicas, em geral, não consideram a existência de fricções financeiras. Do ponto de vista das firmas, numa economia sem fricções financeiras, um empreendedor conseguiria levantar recursos para financiar um novo investimento, ou a própria produção da empresa, em troca de uma parte dos lucros futuros. O risco para o prestador seria equivalente ao que o produtor enfrentaria, qual seja a ocorrência de lucros abaixo do esperado. No entanto, não é isso que ocorre no mundo real. Quando os agentes buscam recursos externos para financiar um investimento existem certas restrições, impostas pela oferta limitada de crédito, pelas condições de financiamento pouco atrativas e pela possibilidade de *default* ou fraude.

Na origem dessas restrições, reside um problema de assimetria de informação entre os agentes tomadores e emprestadores. Esse custo de agência para a geração de novos investimentos implica num custo dos recursos financeiros externos para os empreendedores, que se traduz num prêmio que o devedor deve pagar aos credores, geralmente na forma de taxas de juros mais altas. Esse prêmio pode variar consideravelmente e depende de muitas características, como o risco da empresa, patrimônio líquido e a própria conjuntura econômica.

O prêmio de financiamento externo consiste na diferença entre os custos que o tomador incorre ao buscar recursos no mercado financeiro e aquele que ele teria se financiar com recursos próprios (retenção de lucros, ações, etc.). O trabalho de Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999) é um dos primeiros ao incorporar esse tipo de característica na estrutura dos modelos equilíbrio geral dinâmico e estocástico.

Essa abordagem, que também é conhecida com acelerador financeiro, tem como origem teórica os trabalhos Bernanke e Gertler (1989) e Carlstrom e Fuerst (1997), que trazem como elemento chave o mecanismo de verificação de estado com custo (*Costly State Verification* – CSV), introduzido, primeiramente, por Townsend (1979). O acelerador financeiro é um mecanismo pelo qual o mercado de crédito exerce o papel de propagar e ampliar os ciclos da economia. Nesse caso, em momentos de aumento no risco o custo de financiamento externo das firmas tende a aumentar o que implica em menor capacidade de alavancagem e investimentos na economia. Por sua vez, a queda nos investimentos e na

produção afetam o patrimônio da firma, que percebe um aumento na dificuldade de obter crédito.

Atualmente, os modelos DSGE incorporaram os conceitos introduzidos por Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999). Neste trabalho, o modelo empregado será baseado em Gertler, Gilchrist e Natalucci (2007), Gilchrist e Saito (2006) e Bolaños (2013). Esses trabalhos incorporam a estrutura do acelerador financeiro em um modelo de economia aberta ao estilo de Gali e Monacelli (2005) e Chari, Kehoe e McGrattan (2002). Desse modo, buscaremos destacar, principalmente, como os choques externos afetam a economia em um modelo em que as firmas podem estar suscetíveis a restrições financeiras.

A escolha do modelo de Gertler, Gilchrist e Natalucci (2007) como base para analisar a economia brasileira decorre de algumas características desejáveis que este possui. Em que pese a economia brasileira ser uma das mais fechadas do mundo para o comércio internacional, 73,5% das importações brasileiras, em 2013, foram de bens intermediários e bens de capital. Essa característica se encaixa bem com a ideia subjacente no modelo de Gertler, Gilchrist e Natalucci (2007), que consideram o produto importado como um insumo para a indústria doméstica.

Do ponto de vista do financiamento internacional, o Brasil é credor externo, em 2013 a dívida externa líquida foi negativa 4,2% do PIB. Contudo, a maior parte da dívida externa brasileira decorre do setor privado e, possivelmente, as instituições privadas são as mais suscetíveis as oscilações no mercado financeiro internacional.

Deste modo, analisar as fricções financeiras pelo lado das empresas, em um modelo de economia pequena e aberta, abre espaço para que se estude o mercado de crédito por uma ótica diferente dos dois ensaios anteriores. Para analisar como os impactos da economia internacional são transmitidos para a economia será estimado, via métodos bayesianos, um modelo DSGE com economia aberta para o Brasil.

Portanto, mesmo que objetivo do modelo de Gertler, Gilchrist e Natalucci (2007) fosse avaliar o impacto de diferentes regimes cambiais na economia Coreana, a sua estrutura para descrever uma economia emergente se adapta bem ao Brasil. O modelo trata de uma economia pequena e aberta e deixa em aberto a possibilidade de considerar uma taxa de câmbio flutuante. Nesse modelo, as importações são majoritariamente de bens intermediários e bens de capital, o que torna as importações pró-cíclicas, e as fricções financeiras ocorrem pelo lado do custo de financiamento das firmas. Como citado acima, essas características se adaptam muito bem às particularidades da economia brasileira.

A estratégia bayesiana de estimação tem se mostrado a mais eficaz para modelos DSGE, como mostra Canova (2007) e DeJong e Dave (2011). No caso da economia brasileira, o período para o qual há dados disponíveis é muito pequeno quando comparado com o número de parâmetros a serem estimados. Desse modo, a utilização de distribuições *a priori* sobre os parâmetros estruturais torna o algoritmo de estimação, que é altamente não linear, mais estável.

O método de estimação bayesiana de modelos DSGE se popularizou a partir dos trabalhos de Smets e Wouters (2003), An e Schorfheide (2005) e Del Negro et al. (2004). Esses trabalhos conseguiram mostrar que um modelo DSGE estimado via métodos bayesianos pode obter resultados melhores, em termos de ajuste dos dados e previsão fora da amostra, do que o de um VAR Bayesiano (BVAR) irrestrito. O resultado obtido por Smets e Wouters (2003) foi um avanço na análise empírica dos modelos macroeconômicos, pois até então, predominava a metodologia de Sims (1980). Dessa forma, o trabalho se tornou referência para a literatura e motivou o avanço no processo de estimação de modelos DSGE.

Contudo, a estimação do modelo DSGE pode representar uma severa restrição sobre o processo gerador dos dados, o que, frequentemente, resulta em problemas de identificação do modelo. O espaço paramétrico restrito utilizado pela metodologia bayesiana, ou mesmo, um equívoco na escolha das distribuições *a priori*, dificultam o ajuste do modelo aos dados.

Por isso, quando Del Negro e Schorfheide (2004) e Del Negro et al. (2004) introduzem o conceito de DSGE-VAR busca-se fazer um meio termo entre os dois métodos. Desta forma, a chamada “maldição da dimensionalidade” dos modelos VAR, conforme destaca Tsay (2005), poderia ser atenuada utilizando as duas metodologias conjuntamente. Assim, o modelo DSGE torna-se uma restrição para o modelo BVAR.

Del Negro e Schorfheide (2004) e Del Negro et al. (2004) mostram que o modelo DSGE linear pode ser aninhado ao modelo VAR, em que o DSGE linearizado é uma versão mais restrita de um VAR¹. Os autores mostram que é possível relaxar as restrições que o modelo DSGE impõem sobre o VAR e assim podendo obter melhores resultados do que a estimação do DSGE ou do VAR apenas. Para ilustrar seu ponto, Del Negro et al. (2004), utilizam a metodologia DSGE-VAR para avaliar o modelo de Smets e Wouters (2003) e obtêm resultados robustos para previsões dentro e fora da amostra.

O tamanho da restrição imposta pelo modelo DSGE ao modelo VAR é controlado por um hiperparâmetro λ . De maneira informal, o hiperparâmetro λ faz o papel de um ponderador

¹ O tratamento formal da metodologia DSGE-VAR pode ser encontrado em Del Negro e Schorfheide (2004).

da matriz de covariância das distribuições *a priori* do modelo DSGE. Por exemplo, se λ é um valor grande, a variância será pequena e grande parte da massa de probabilidade da *priori* estará concentrada nos intervalos estabelecidos pelo modelo DSGE, ou seja, os coeficientes do VAR estarão mais reprimidos pelas restrições impostas pelo modelo DSGE. Portanto, quanto maior for λ , mais a distribuição *a posteriori* vai se aproximar das restrições impostas pelo DSGE e haverá menos relaxamento das restrições para a estimação do modelo DSGE-VAR. No limite, quando $\lambda = \infty$ representa-se apenas do modelo DSGE.

Por outro lado, se λ é um valor igual a zero, a distribuição *a priori* sobre os coeficientes do VAR será difusa, tornando o DSGE irrelevante para a estimação dos coeficientes do modelo VAR. Portanto, a análise DSGE-VAR pode ser entendida como a estimação de um BVAR em que o modelo DSGE faz o papel de uma *priori* que restringe o espaço paramétrico dos coeficientes do modelo BVAR.

Neste trabalho, ao invés de impor dogmaticamente um valor para λ optou-se por estimar o valor deste parâmetro e compará-lo com os modelos em que $\lambda = 0$ e $\lambda = \infty$. Em resumo, procura-se saber se é melhor realizar a análise através de um modelo DSGE puro, um modelo BVAR puro ou uma versão híbrida (DSGE-VAR). Para dar prosseguimento à análise empírica, a seguir será detalhada a base de dados e as distribuições *a priori* utilizadas para a estimação.

Este ensaio irá estimar para a economia brasileira um modelo DSGE-VAR, que contempla a estrutura de uma pequena economia aberta e com fricções financeiras. Além da escassez de trabalhos que utilizam a metodologia DSGE-VAR para o Brasil, a incorporação de fricções financeiras pode ser um elemento importante para avaliar a transmissão dos choques na produção do resto do mundo e nas taxas de juros internacionais para o lado real da economia brasileira.

Na próxima seção será apresentado, de forma resumida, o modelo DSGE para uma pequena economia aberta com fricções financeiras. Na terceira seção, será realizado o exercício econométrico e na quarta seção o modelo estimado será utilizado para avaliar o comportamento da economia brasileira através das técnicas de decomposição de variância e das equações de impulso e resposta. A última parte será destinada às considerações finais.

3.1 Modelo DSGE para uma Pequena Economia Aberta com Fricções Financeiras

O modelo apresentado nesta parte será baseado em Gertler, Gilchrist e Natalucci (2007), Gilchrist e Saito (2006) e Bolaños (2013). Esses trabalhos incorporam a estrutura do acelerador financeiro em um modelo de economia aberta ao estilo de Gali e Monacelli (2005) e Chari, Kehoe e McGrattan (2002).

As fricções financeiras são incorporadas no processo de acumulação e administração do capital ao estilo de Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999). Desse modo, emprestadores e tomadores são agentes que possuem informações privadas sobre a sua produtividade. Da mesma forma que no trabalho seminal, há um agente empreendedor, que vai ao mercado tomar crédito e outros que produzem bens finais e bens de capital. Assim, poderá ser verificada a persistência e amplificação do ciclo de negócios dentro de uma estrutura mais complexa.

A estrutura básica do modelo conta com três tipos de agentes: famílias, empresários/empreendedores e varejistas. As famílias e os empresários diferem por serem emprestadores e tomadores de crédito, respectivamente. A inclusão dos varejistas permite incorporar viscosidade nos preços. Além disso, o modelo inclui o governo, que realiza as políticas fiscal e monetária.

No mercado doméstico, as firmas são divididas em três tipos: empreendedores, varejistas e produtores de bens de capital. A economia produz três tipos de bens: produtos para consumo (finais), para investimento e para exportação, que são produzidos utilizando insumos domésticos e importados. Além disso, as importações e exportações estarão sujeitas a rigidez nos preços ao estilo de Calvo (1983) resultando em um *pass-through* imperfeito do câmbio para os preços.

3.1.1 O Comportamento das Famílias

As famílias consomem dois tipos de bens, domésticos e externos, C_t^H e C_t^F respectivamente, e têm suas preferências definidas por uma equação CES. Seja C_t o agregado dos bens de consumo comercializáveis, a função das preferências é dada por:

$$C_t = \left(\gamma^{\frac{1}{\rho}} (C_t^H)^{\frac{\rho-1}{\rho}} + (1-\gamma)^{\frac{1}{\rho}} (C_t^F)^{\frac{\rho-1}{\rho}} \right)^{\frac{\rho}{\rho-1}} \quad (3.1)$$

Em que o parâmetro $0 \leq \gamma \leq 1$ corresponde à participação dos bens domésticos no consumo e $\rho \geq 0$ representa a elasticidade da substituição entre os bens domésticos e estrangeiros. O índice de preços ao consumidor, P_t , para essa cesta de consumo é dada por:

$$P_t = \left(\gamma (P_t^H)^{1-\rho} + (1-\gamma)(P_t^F)^{1-\rho} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} \quad (3.2)$$

O problema das famílias é maximizar a função utilidade sujeito a restrição orçamentária:

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \xi_{c,t} \left[\log(C_{t+i} - bC_{t+i-1}) + \zeta \log\left(\frac{M_{t+i}}{P_{t+i}}\right) + \eta \log(1 - L_{t+i}) \right], \quad (3.3)$$

sujeito a,

$$C_t = \frac{W_t}{P_t} L_t + \Pi_t - T_t - \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t} - \frac{B_{t+1} - (1+i_{t-1})B_t}{P_t} - \frac{S_t B_{t+1}^* - S_t(1+i_{t-1}^*)B_t^*}{P_t}, \quad (3.4)$$

onde W_t é o salário nominal, Π_t são os dividendos recebidos das firmas, T_t são os impostos *lump sum*, M_t é saldo nominal de moeda, S_t é a taxa de câmbio nominal, B_t e B_t^* são os títulos denominados em moeda doméstica e externa, respectivamente. As taxas de juros doméstica e externa são dadas por i_{t-1} e i_{t-1}^* . O parâmetro $b > 0$ indica que o modelo incorpora formação de hábito de consumo de C_t . A variável $\xi_{c,t}$ representa um choque exógeno no tempo t sobre as preferências.

O consumidor maximiza a função de bem-estar (3.3) sujeito às restrições (3.1) e (3.4). As condições de primeira ordem para o consumo e oferta de trabalho são dados por:

$$\lambda_t = \frac{\xi_{c,t}}{C_t - bC_{t-1}} - \beta \frac{\xi_{c,t} b}{C_{t+1} - bC_t} \quad (3.5)$$

$$\lambda_t (1 - \eta) \frac{1}{C_t} \frac{W_t}{P_t} = \eta \frac{1}{1 - L_t} \quad (3.6)$$

Relação entre consumo e poupança é dada pela utilidade marginal do consumo, λ_t :

$$\lambda_t = \beta E_t \left\{ \lambda_{t+1} (1 + i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\} \quad (3.7)$$

As famílias decidem também a demanda por moeda. Porém, como a política monetária será conduzida através da taxa de juros nominal, a demanda por moeda não desempenha qualquer papel que não seja o de fixar o estoque nominal de moeda.

A condição para a paridade descoberta da taxa de juros é dada por:

$$E_t \left\{ \lambda_{t+1} \frac{P_t}{P_{t+1}} \left[(1 + i_t) - v_t (1 + i_t^*) \frac{S_t}{S_{t+1}} \right] \right\} = 0 \quad (3.8)$$

3.1.2 Setor Externo

São consideradas exógenas a taxa de juros externa, $(1 - i_t^*)$, e o preço nominal do produto externo, P_t^{F*} . Assim, assume-se que a demanda externa por produtos domésticos, C_t^{H*} é dada por:

$$C_t^{h*} = \left[\left(\frac{P_t^{h*}}{P_t^*} \right)^{-\chi} Y_t^* \right]^\omega (C_{t-1}^h)^{1-\omega}, \quad (3.9)$$

onde Y_t^* é a renda externa real e $0 \leq \omega \leq 1$ representa a inércia na demanda externa por produtos domésticos, que também pode ser entendido como a existência de contratos de exportação.

O preço do bem importado no atacado, em moeda doméstica, é dado por $P_{w,t}^F$ e P_t^{F*} é o preço do mesmo bem no mercado externo. Dessa forma, o bem que chega ao produtor interno está sujeito a lei do preço único:

$$P_{w,t}^F = S_t P_t^{F*} \quad (3.10)$$

3.1.3 Os empreendedores

As firmas se dividem em três tipos: empreendedores, produtores de bens de capital (investimento) e varejistas. Os empreendedores administram a produção de bens para o mercado de vendas no atacado. Essa produção utiliza os bens de capital fabricados pelos produtores de bens de capital e trabalho que é ofertado pelas famílias e pelos próprios empreendedores. A compra de capital é financiada através do patrimônio líquido dos empreendedores (financiamento interno) e através de dívida (financiamento externo). Nesta

parte é introduzida as imperfeições no mercado de crédito para fazer o custo do financiamento externo depender das condições financeiras do próprio empreendedor.

Assim como no modelo Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999), os empreendedores possuem um comportamento neutro em relação ao risco e tem uma expectativa de vida determinada por $\left(\frac{1}{1-\phi}\right)$, o que implica numa probabilidade constante ϕ de sobreviver até o próximo período. A hipótese de vida finita tem a intenção de capturar o fenômeno de que empresas abrem e fecham a cada período, além de impedir que uma empresa acumule riqueza o suficiente para se tornar autofinanciável.

Novos empreendedores entram no mercado para substituir aqueles que saíram. Para assegurar que os novos empreendedores tenham algum recurso quando iniciam as atividades, cada um deles é dotado com H_t^e unidades de trabalho que são ofertadas inelasticamente como um insumo para gerenciar a atividade e recebem um salário W_t^e .

Assim, em cada período t os empreendedores adquirem capital físico, K_t , sendo aqueles que encerram as atividades no período t apenas consomem o capital acumulado. O capital adquirido é utilizado, juntamente com o insumo trabalho, L_t , para produzir em $t + 1$.

O trabalho utilizado na produção é composto pelo trabalho das famílias H_t e pelo trabalho dos empreendedores H_t^e , que compõem a oferta total de trabalho na economia:

$$L_t = H_t^\Omega (H_t^e)^{1-\Omega} \quad (3.11)$$

A função de produção Y_t é composta dos insumos capital e trabalho e está sujeita a um choque exógeno na tecnologia A_t que afeta igualmente todos os empreendedores. Além disso, o empreendedor pode estar sujeito à um choque idiossincrático, ϖ_t , que afeta a produção de bens para o atacado e o estoque de capital dos empreendedores:

$$Y_t = \varpi_t K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha} \quad (3.12)$$

Seja $P_{w,t}$ o preço doméstico do produto no atacado, Q_t o preço do capital em relação ao preço ao preço agregado P_t e δ a taxa de depreciação do capital, a receita real dos empreendedores no período t será a soma das receitas da produção e o valor real do capital não depreciado:

$$\frac{P_{w,t}}{P_t} A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} + Q_t (1 - \delta) K_t \quad (3.13)$$

Em cada período t os empreendedores decidem a demanda de trabalho das famílias e dos empreendedores que maximiza os lucros dada a quantidade de capital K_t adquirida no período anterior. As condições de primeira ordem são:

$$(1 - \alpha) \Omega \frac{Y_t}{H_t} = X_t^h \frac{W_t}{P_t} \quad (3.14)$$

e

$$(1 - \alpha)(1 - \Omega) \frac{Y_t}{H_t^e} = X_t^h \frac{W_t^e}{P_t},$$

em que $P_{w,t} = \frac{P_t}{X_t^h}$, em que X_t^h é o *mark-up* do preço do varejo sobre o atacado.

No final do período t a firma adquire o capital que será utilizado na produção em $t + 1$. Nesse período, ela tem disponível o patrimônio líquido N_{t+1} e para financiar a diferença entre a sua despesa com capital e o patrimônio líquido a firma toma emprestado o montante B_{t+1} , que é definido como:

$$Q_t K_{t+1} = N_{t+1} + B_{t+1} \quad (3.15)$$

onde Q_t é o preço nominal do capital em moeda doméstica. Assim a firma financia a produção com uma parte de recursos próprios e outra parte com recursos de terceiros.

A demanda dos empreendedores por bens de capital no período $t + 1$, por sua vez, será uma função decrescente do retorno esperado, $1 + r_{t+1}^k$. A expressão mostra que o retorno do capital depende inversamente do nível de investimentos, refletindo retornos decrescentes para o capital:

$$E_t \{1 + r_{t+1}^k\} = E_t \left[\frac{\frac{1}{X_t^h} \left(\alpha \frac{Y_{t+1}}{K_{t+1}} \right) + Q_{t+1} (1 - \delta)}{Q_t} \right] \quad (3.16)$$

O prêmio de financiamento externo, $prem_t$, pode ser expresso como uma função do grau de alavancagem, $\left(\frac{Q_t K_t}{N_{t+1}} \right)$. Desse modo, a demanda do empreendedor por capital satisfazer

a taxa real *ex post* de retorno de capital é dada por $(1 + r_{t+1}^k)$ e o custo *ex post* do custo de tomar emprestado, que é dado por $(1 + prem_t(\cdot))(1 + i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}}$.

$$E_t\{1 + r_{t+1}^k\} = (1 + prem_t(\cdot))E_t\left\{(1 + i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}}\right\} \quad (3.17)$$

$$premi_t = \left(\frac{Q_t K_t}{N_{t+1}}\right)^\psi \text{ e } premi'_t(\cdot) > 0. \quad (3.18)$$

onde $E_t\left\{(1 + i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}}\right\}$ é o custo bruto do financiamento via mercado sem fricções financeiras.

O parâmetro $\psi \geq 0$ é a elasticidade do prêmio de financiamento externo em relação a alavancagem da firma. No caso de informação perfeita não há custo de financiamento externo e $\psi = 0$.

A equação pode ser interpretada como o custo do empreendedor, na margem, adquirir uma unidade a mais de capital financiada por dívida. A dívida adicional, entretanto, aumenta a alavancagem e o prêmio de financiamento externo e o custo total de se financiar. A equação apresenta a base para o acelerador financeiro do modelo de Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999). Ela relaciona os movimentos na posição financeira do tomador em relação aos custos marginais de se financiar externamente.

Percebe-se que flutuações no preço do capital, Q_t , pode ter um efeito significativo sobre a taxa de alavancagem, $\frac{Q_t K_t}{N_{t+1}} = \frac{B_{t+1}}{Q_t K_t - B_{t+1}}$. Desta maneira, o modelo captura a relação entre o movimento no preço dos ativos e a variação no colateral.

Da mesma forma que Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999), a expressão mostra que um choque no patrimônio líquido das empresas N_t apresenta persistência. Na medida em que o choque afeta a participação do capital na economia e o próprio patrimônio líquido nos períodos subsequentes. Além disso, há mais um elemento a afetar o ciclo econômico. A diminuição do capital agregado da economia devido ao choque negativo no patrimônio líquido das empresas vai gerar uma redução do preço do capital Q_t , que por sua vez vai reduzir ainda mais o patrimônio líquido das empresas. Assim, o efeito sobre o ciclo econômico será ampliado em relação ao choque original

Outro aspecto importante do acelerador financeiro é a relação que descreve a evolução do patrimônio líquido do empreendedor, N_t . O valor do patrimônio líquido dos empreendedores no fim do período t é a soma dos ativos carregados do período anterior $t - 1$ e o salário agregado obtido pelo empreendedor, o qual consiste no salário obtido pelos

empreendedores que sobreviveram do período $t - 1$ acrescido do salário dos que ingressaram no período t :

$$N_{t+1} = \phi v_t^n \left\{ (1 + r_t^k) Q_{t-1} K_t - E_{t-1} [(1 + r_t^k)] \left(\frac{B_t}{P_t} \right) \right\} + \frac{W_t^e}{P_t}$$

$$N_{t+1} = \phi v_t^n \left\{ (1 + r_t^k) Q_{t-1} K_t - E_{t-1} [(1 + r_t^k)] (Q_{t-1} K_t - N_t) \right\} + \frac{W_t^e}{P_t} \quad (3.19)$$

As equações acima sugerem que a fonte de movimento no patrimônio líquido deriva dos movimentos não antecipados do retorno do capital e do custo de financiamento. Além disso, movimentos não antecipados no preço do capital, Q_t , podem levar a flutuações em $(1 + r_{t+1}^k)$. Dessa forma, as variações no preço dos ativos também têm influência sobre o acelerador financeiro. A variável v_t^n representa um choque *i.i.d.* que sobre o valor do patrimônio líquido das firmas.

Os empreendedores que saem do negócio no período t consomem e transferem o seus fundos para os novos empreendedores fora do patrimônio residual, $(1 - \phi) N_{t+1} - \frac{W_t^e}{P_t}$. Assume-se que os empreendedores têm preferência entre os bens domésticos e estrangeiros idênticos aos das famílias. Sendo C_t^e o montante do consumo dos dois bens pelo empreendedor e as transferências para os novos empreendedores, o consumo dos empreendedores deve satisfazer a equação:

$$C_t^e = (1 - \phi) (1 + r_t^k) Q_{t-1} K_t - E_{t-1} [(1 + r_t^k)] \left(\frac{B_t}{P_t} \right) + \varrho_t \quad (3.20)$$

em que ϱ_t representa um choque exógeno no consumo dos empreendedores.

3.1.4 Os Produtores de Bens de Capital

Os produtores de bens de capital atuam em um mercado competitivo. Eles compram bens finais dos varejistas e usam esses bens para substituir o capital depreciado e produzir capital novo. Os investimentos são um bem composto de produtos finais domésticos e estrangeiros:

$$I_t = \left(\left(\gamma_I^{\frac{1}{\rho_I}} \right) (I_t^h)^{\frac{\rho_I - 1}{\rho_I}} + (1 - \gamma_I)^{\frac{1}{\rho_I}} (I_t^f)^{\frac{\rho_I - 1}{\rho_I}} \right)^{\frac{\rho_I}{\rho_I - 1}} \quad (3.21)$$

O parâmetro γ_i mede o peso relativo dos insumos domésticos e estrangeiros. Os produtores escolhem a composição ótima dos dois tipos de bens de acordo com a condição de primeira ordem intertemporal:

$$\frac{I_t^h}{I_t^f} = \frac{\gamma_I}{1-\gamma_I} \left(\frac{P_t^h}{P_t^f} \right)^{-\rho_I} \quad (3.22)$$

Devido ao custo de ajustamento, o retorno do investimento é dado por $\Phi \left(\frac{I_t}{K_t} - \delta \right) K_t$ unidades de novos bens de capital. Assume-se que $\Phi \left(\frac{I_t}{K_t} - \delta \right)$ é uma função côncava e crescente e que os produtores de capital fazem seus planos de produção um período a frente. O objetivo é capturar a defasagem da resposta dos investimentos observada nos dados. Uma vez que o custo de ajustamento somente se aplicam ao incremento líquido do estoque de capital, a acumulação de capital apresenta a seguinte equação de movimento:

$$K_{t+1} = \Phi \left(\frac{I_t}{K_t} - \delta \right) K_t + K_t \quad (3.23)$$

onde o investimento bruto da economia é dado por $\Phi \left(\frac{I_t}{K_t} - \delta \right) K_t + \delta K_t$. O índice de preços dos bens de investimento é definido como:

$$P_{I,t} = \left(\gamma_i (P_t^H)^{1-\rho_i} + (1-\gamma_i) (P_t^F)^{1-\rho_i} \right)^{\frac{1}{1-\rho_i}} \quad (3.24)$$

Os produtores de capital que planejam investimentos líquidos devem satisfazer:

$$E_{t-1} \left\{ \frac{Q_t}{P_{I,t}} - \left[\Phi' \left(\frac{I_t}{K_t} - \delta \right)^{-1} \right] \right\} = 0 \quad (3.25)$$

A equação acima é similar a teoria do Q de Tobin, modificada para permitir a defasagem nos investimentos. A variável preço do capital tem um papel adicional nessa estrutura. A variação no preço dos ativos afetará o balanço das firmas e, por consequência, o custo do capital.

3.1.5 As Firms Varejistas, o Nível de Preços e a Inflação

Os varejistas atuam em um mercado em competição monopolística. Eles compram bens dos empreendedores e diferenciam esse bem para o mercado (através da marca do produto, segmentação, distribuição, etc.) com um custo fixo K . Neste modelo, as famílias domésticas, os produtores de bens de capital, o governo e os estrangeiros compram bens do varejista. Seja $Y_t^h(z)$ o bem final vendido pelo varejista z ao preço P_t^h é possível determinar uma função de produção para o bens de varejo e o seu respectivo índice de preços agregado:

$$Y_t^h = \left(\int_0^1 Y_t^h(z)^{\frac{\vartheta-1}{\vartheta}} dz \right)^{\frac{\vartheta}{\vartheta-1}} - K \quad (3.26)$$

$$P_t^h = \left(\int_0^1 P_t^h(z)^{1-\vartheta} dz \right)^{\frac{1}{1-\vartheta}} \quad (3.27)$$

O setor varejista será o responsável por incluir a rigidez nominal de preços no modelo, ao estilo de Calvo (1983). Cada varejista poderá reajustar os seus preços com probabilidade $(1 - \theta)$, independente do lapso tempo entre o último reajuste. Assim, os preços permanecem fixos por um período equivalente a $\frac{1}{(1-\theta)}$. Desse modo, se $\theta = 0.75$ por trimestre, os preços ficarão fixos por um ano, em média. Quando determinam o preço, todos os vendedores escolhem o preço ótimo \bar{P}_t^h , e o índice de preços domésticos se movem de acordo com a seguinte expressão:

$$P_t^h = (P_{t-1}^h)^\theta (\bar{P}_t^h)^{1-\theta} \quad (3.28)$$

Assim, é possível obter a taxa de inflação doméstica:

$$\frac{P_t^h}{P_{t-1}^h} = \left(\mu \frac{P_{W,t}}{P_t^h} \right)^\kappa \left(\mu \frac{P_{t+1}^h}{P_t^h} \right)^\beta \quad (3.29)$$

onde $\mu = \frac{1}{1-\frac{1}{\vartheta}}$ é o *markup* bruto desejado sobre os produtos no atacado. No caso particular em que os preços no varejo são perfeitamente flexíveis, a equação assume a forma $\bar{P}_t^h = \mu P_{W,t}$, ou seja, o preço de varejo seria simplesmente o *markup* sobre os preços do atacado. O parâmetro $\kappa = \frac{(1-\theta)(1-\beta\theta)}{\theta}$ é decrescente em θ , que mede a rigidez de preços. A expressão

relaciona taxa de inflação com os movimentos no custo marginal e no valor da inflação esperada.

Para os bens estrangeiros, o processo é similar, pois eles também estarão sujeitos ao *markup* sobre os bens comprados no atacado. Assume-se que os bens estrangeiros possuem um custo marginal igual a $P_{W,t}^f$ e também escolhem os preços conforme a restrição de Calvo (1983), onde $(1 - \theta^f)$ denota a probabilidade de que o preço dos varejistas não mudem no período atual. A inflação para os bens importados é dada por:

$$\frac{P_t^f}{P_{t-1}^f} = \left(\mu^f \frac{S_t P_t^{f*}}{P_t^f} \right)^{\kappa^f} E_t \left\{ \frac{P_{t+1}^f}{P_t^f} \right\}^\beta \quad (3.30)$$

O parâmetro θ^f captura a rigidez nos preços externos. A inflação ao consumidor é composta pela inflação dos produtos domésticos e importados, conforme a expressão:

$$\frac{P_t}{P_{t-1}} = \left(\frac{P_t^h}{P_{t-1}^h} \right)^\gamma \left(\frac{P_t^f}{P_{t-1}^f} \right)^{1-\gamma} \quad (3.31)$$

3.2.6 Fechamento do Modelo, Política Fiscal e Política Monetária

Estabelecendo que G_t^h seja o consumo do governo e C_t^{eh} o consumo de bens domésticos dos empreendedores, a restrição de recursos para os produtos domésticos comercializados é dada por:

$$Y_t^h = C_t^h + C_t^{eh} + C_t^{h*} + I_t^h + G_t^h \quad (3.32)$$

O governo financia os seus gastos através de impostos *lump-sum* e criação de moeda, conforme a restrição abaixo:

$$\frac{P_t^h}{P_t} G_t^h = \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t} + T_t. \quad (3.34)$$

Os gastos do governo são exógenos e os impostos se ajustam para satisfazer a restrição orçamentária do governo. O estoque de moeda dependerá da política monetária. Seja Y_t^n o produto potencial, a meta de inflação é a unidade e os parâmetros $\rho_i, \rho_\pi, \rho_y > 0$, podemos fixar a regra de política monetária como:

$$(1 + i_t) = (1 + i_{t-1})^{\rho_i} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)^{\rho_\pi} \left(\frac{Y_t^h}{Y_t^n} \right)^{\rho_y} \quad (3.35)$$

No modelo de Gertler, Gilchrist e Natalucci (2007), o banco central ajusta a taxa de juros para assegurar que a inflação esteja na meta, mas também permite certa flexibilidade no curto prazo para o banco central pondere a estabilização do produto. O acelerador financeiro é caracterizado por duas equações, (3.17) e (3.19). A primeira caracteriza como a o patrimônio líquido dos empreendedores influencia a demanda por capital e a segunda descreve a evolução do patrimônio líquido. O modelo possui oito choques aleatórios *i.i.d.* que, com exceção daquele relacionado à taxa de juros da função da política monetária (ε_t^i), se comportam como funções AR(1), conforme apresentado no Apêndice A.

3.2 Metodologia e Estimação

O exercício econométrico realizado para a economia brasileira utiliza 57 observações trimestrais para o período entre o terceiro trimestre de 2000 até o terceiro trimestre de 2014. A formulação do modelo DSGE com oito choques exógenos permite que a base de dados para a estimação do modelo contenha esse mesmo número de séries econômicas.

As observações para o PIB (y_t), Consumo (c_t) e Investimento (inv_t) foram obtidas a partir das Contas Nacionais Trimestrais dessazonalizadas, calculadas pelo IBGE. Um procedimento padrão na estimativa de modelos DSGE, que foi aplicada por Smets e Wouters (2003), consiste em somar o consumo de bens duráveis aos investimentos. Como no Brasil não há disponibilidade de dados para bens de consumo duráveis, optou-se por utilizar apenas a Formação Bruta de Capital Fixo com *proxy* para os investimentos. Essas variáveis foram tratadas como o (log) diferença em relação à sua tendência de longo prazo, calculada através do filtro HP ($\lambda = 1600$). O mesmo procedimento foi aplicado às operações de crédito do sistema financeiro para pessoas jurídicas (b_t), que também foram dessazonalizadas.²

A série escolhida para a taxa de inflação (π_t) foi Índice de Preços ao Consumidor Amplo mensal calculado pelo IBGE. Os dados foram dessazonalizados pelo método X-12 ARIMA, transformados para a periodicidade trimestral e diferenciados em relação à média do

² A série do saldo das operações de crédito sofreu alteração metodológica pelo Banco Central do Brasil a partir de 2011. A diferença entre as séries novas e antigas ocorre em seu nível, mas mantém um coeficiente de correlação de 0.999 no período de 70 meses em que as duas séries coexistem. Assim, visto que o modelo tem o *steady state* centrado em zero, o nível da série não é uma informação essencial para todo o período, a série para o período completo foi construída a partir das variações das duas séries de dados e mantendo o nível da série mais recente.

período. As séries para a taxa de juros referência para a política monetária – Taxa Selic-over (i_t) e para a taxa de câmbio efetiva R\$/US\$ são as divulgadas pelo Banco Central do Brasil e foram diferenciadas em relação à sua tendência de longo prazo. Por fim, utilizou-se a variação real do valor das empresas listadas no IBOVESPA como parâmetro para as variações no patrimônio líquido das empresas. Essa variável também foi tratada como (log)diferença em relação à sua tendência de longo prazo, calculada através do filtro HP.

Vale destacar, que a fricção financeira fundamental do modelo advém do prêmio de financiamento externo das empresas, que é definido como a diferença entre o custo de captação de terceiros e o custo de oportunidade de obter recursos internamente. Como ressalta De Graeve (2008) uma das dificuldades da análise econométrica desse tipo de modelo é obter uma *proxy* para o custo de financiamento externo, que é uma variável não observável.

Frequentemente nos estudos aplicados à economia dos EUA, a diferença entre os títulos com classificação de risco AAA e BAA é utilizada como *proxy* para o custo de financiamento externo, com é o caso dos trabalhos de Merola (2011) e De Graeve (2008). Já Campello et al. (2011) utiliza a estrutura a termo da taxa de juros para e calcular a diferença entre os títulos com maturidade de 1 e 10 anos e relação inversa como parte da explicação para os movimentos do custo do financiamento externo.

Contudo, para o Brasil não há informações com prazos longos sobre o mercado de títulos privados e as maturidades mais longas da curva de juros para a economia brasileira também não possuíam informações ou tem pouca liquidez. Na ausência de dados equivalentes para a economia brasileira, optou-se por não utilizar uma série para o prêmio de financiamento externo. Essa alternativa também foi utilizada por Kanczuk (2013), que comparou o prêmio de financiamento com os dados de concessão de crédito para as pessoas físicas e jurídicas.

3.2.1 Calibragem e distribuições a priori

Nesta análise quantitativa, os parâmetros que determinam as relações no estado estacionário não estocástico foram calibrados com base nas séries de dados para a economia brasileira e de acordo com outras aplicações de modelo DSGE para o Brasil, conforme descrito na Tabela 3.1.

Destaca-se que os valores para a participação do consumo dos empreendedores no produto, C^e/Y , a proporção entre o produto e o patrimônio líquido das empresas, Y/N , e a

relação entre o capital e o patrimônio líquido, K/N , foram calibrados como em Gertler, Gilchrist e Natalucci (2007). Esses parâmetros sobre o resultado das simulações é que as variações no prêmio de risco e no produto podem influenciar a equação de movimento do patrimônio líquido. Conforme mostra a equação A.20 do Anexo 1, quanto maior foi a relação Y/N , menor será o impacto dos movimentos do produto sobre o patrimônio líquido das empresas. De maneira análoga, quanto maior a relação K/N , maior é o impacto da taxa de retorno de capital no patrimônio líquido das empresas.

Ao todo serão estimados trinta e cinco parâmetros sendo que oito deles são parâmetros dos processos de choques exógenos, $(\rho_a, \rho_g, \rho_v, \rho_y^*, \rho_{pf}^*, \rho_{i^*}, \rho_\xi, \rho_\varpi)$, em as distribuições *a priori* foram definidas como uma distribuição *Beta* com média 0.50. Por sua vez, os dez parâmetros que representam o desvio padrão dos choques $(\varepsilon^a, \varepsilon^g, \varepsilon^v, \varepsilon^{y^*}, \varepsilon^{pf^*}, \varepsilon^{i^*}, \varepsilon^\xi, \varepsilon^\varpi, \varepsilon^i)$ tiveram as suas distribuições *a priori* definidas como distribuições *Gamma inversa*, o que permite valores para os parâmetros que variam de zero até infinito.

Tabela 3.1 – Parâmetros em estado estacionário

Descrição do parâmetro		Valor do Parâmetro
β	Taxa de desconto intertemporal	0.989
δ	Taxa de depreciação do capital	0.015
C/Y	Participação do consumo doméstico no PIB	0.620
C^h/Y	Participação das exportações de bens no PIB	0.130
I^h/Y	Participação dos investimentos no PIB	0.170
G^h/Y	Participação da despesa do governo no PIB	0.200
C^e/Y	Participação do consumo dos empreendedores domésticos no PIB	0.010
Y/N	Relação entre o produto e o patrimônio líquido dos empreendedores	0.280
K/N	Relação o estoque de capital e o patrimônio líquido dos empreendedores	2.100

Fonte: Elaborado pelo autor

Para grande parte dos parâmetros para a economia brasileira, a conjectura para as distribuições *a priori* foi apoiada no trabalho de Castro et al. (2011). Esse foi o caso do parâmetro para a persistência de hábito de consumo, b , que segue uma distribuição *Beta* com média 0.85 e desvio padrão 0.05. Inverso da elasticidade substituição lazer-trabalho, η , distribuição *Gamma* com média 1 e desvio padrão 0.1.

Para os parâmetros ligados à tecnologia de produção também foi tomado como base o trabalho de Castro et al. (2011). A participação do capital na produção, α , terá como distribuição *a priori* uma função *Beta* com média 0.448 e variância 0.05. Da mesma forma, a proporção de trabalho das famílias na produção, Ω , com uma distribuição *a priori Beta* com

média 0.8 e desvio padrão 0.05, que a mesa distribuição utilizada para o parâmetro de probabilidade de não ajustamento de preços no período atual, θ , o qual se assume uma média 0.65 e desvio padrão 0.05. Por sua vez, se utilizou uma distribuição *Gamma* com média 1.0 e desvio padrão 0.5 para a elasticidade intratemporal do investimento, ρ_I . Essa mesma distribuição, porém com média 4 e desvio padrão 1.5, para o custo de ajustamento do capital com relação aos investimentos, Φ .

Na parte relativa ao setor externo, assume-se que tanto a participação dos bens domésticos no consumo, γ , quanto a participação dos bens domésticos nos investimentos, γ_I , possuem uma distribuição *Beta* com média 0.5. A elasticidade substituição entre os bens domésticos e estrangeiros, χ , seguirá uma distribuição *Gamma* com média 1.0 e desvio padrão 0.5.

Com relação aos parâmetros referentes à política monetária, as crenças *a priori* foram estabelecidos conforme o Castro et al. (2011). A Elasticidade do prêmio de financiamento externo em relação a alavancagem das empresas, ψ , teve sua distribuição *a priori* baseada no trabalho de Gertler, Gilchrist e Natalucci (2007), assim como a inércia na demanda externa por produtos domésticos, ω .

3.2.2 Resultado das Estimações

Primeiramente, buscou-se avaliar qual a melhor especificação para um modelo DSGE-VAR. Para isso, foram realizadas diversas estimações bayesianas e, para todas elas, utilizou o método de Metropolis-Hastings, com quatro cadeias e um milhão de simulações, para a criação das distribuições *a posteriori*.³

Foram estimados por métodos bayesianos seis modelos sendo que: três deles são BVAR com diferentes defasagens, dois deles foram com a especificação DSGE-VAR e um modelo DSGE tradicional. Como mostrado por Del Negro et al. (2004), esses modelos podem ser aninhados e o parâmetro λ define a magnitude do desvio do modelo DSGE-VAR em relação ao modelo mais restrito, que é o DSGE. Assim, quando se estima um modelo DSGE está se considerando $\lambda = \infty$ e quando a especificação é apenas do BVAR considera-se o caso em que $\lambda = 0$.

³ Todas estimações foram realizadas utilizando o Dynare Versão 4, desenvolvido por Stéphane et al. (2011) e implementado através do Matlab 2013a. Destaca-se que, ainda que não seja pré-requisito para a comparação de modelos bayesianos, em todos os modelos as simulações utilizaram a mesma semente para a geração dos números aleatórios.

Em vez de dogmaticamente impor um valor para λ e determinar qual a intensidade da restrição do modelo DSGE sobre o modelo BVAR, optou-se por estimar este hiperparâmetro. Para isso, seguiu-se a mesma técnica de Del Negro et al. (2004) e utilizou-se uma distribuição *a priori* difusa, através de uma distribuição uniforme truncada em zero e com valor máximo de 10. Destaca-se que uma condição para a existência para a estimação é de que $\lambda > 0.298$ para o caso de um VAR com uma defasagem.⁴ Essa restrição garante que haverá mais observações do que parâmetros a serem estimados.⁵ Portanto, o hiperparâmetro λ foi estimado juntamente com os modelos DSGE-VAR por métodos bayesianos.

A comparação dos modelos estimados via métodos bayesianos é realizada a partir do seu grau de ajuste aos dados. Conforme mostrado por Chang e Fernández (2011), essa comparação é realizada através dos resultados da densidade marginal dos dados (*marginal data density*). No caso da metodologia bayesiana, o valor da densidade marginal pode ser interpretado como o valor máximo da função de máxima verossimilhança e fornece uma indicação do ajuste global do modelo para o conjunto de dados. Assim, modelos bayesianos podem ser comparados, mesmo que com distribuições *a priori* e especificações diferentes, desde que mantida a mesma base de dados.

A Tabela 3.2 apresenta os seis modelos estimados e o valor da densidade marginal dos dados. O modelo DSGE puro apresentou o pior resultado em termos de ajuste aos dados em comparação com os demais modelos. Para a estimação dos modelos BVAR adotou-se a técnica da priori de Minnesota, conforme Doan, Litterman e Sims (1984).

O modelo BVAR(3) foi aquele que apresentou o melhor ajuste em comparação com as outras especificações do mesmo tipo. Por fim, o modelo DSGE-VAR(1) se mostrou marginalmente melhor do que o BVAR(3) e se sobressaiu em relação ao DSGE-VAR(1). Destaca-se que não foram estimados modelos de ordem maior em decorrência do número limitado de observações da base de dados. O resultado da estimação dos parâmetros da parte DSGE do modelo DSGE-VAR(1) é apresentado na Tabela 3.3.

O modelo que apresenta o melhor ajuste aos dados, pelo critério da densidade marginal dos dados, é o DSGE-VAR com uma defasagem e parâmetro de ponderação do DSGE $\lambda = 1.30$. Uma vez que o parâmetro é maior do que zero podemos afirmar que há uma contribuição do modelo DSGE para a identificação do modelo BVAR. Entretanto, não há como saber precisamente a importância dessa contribuição.

⁴ No caso de um VAR com duas defasagens a restrição é $\lambda > 0.43$.

⁵ A restrição inferior para λ é definida como $\frac{(mp+m)}{T}$, em que m é o número de variáveis, p é o número de lags do VAR e T é o número total de observações da amostra.

Na comparação com outros trabalhos que utilizam a mesma metodologia, verifica-se que o valor do parâmetro estimado permanece próximo ao valor que foi encontrado. Por exemplo, nos trabalhos Adjemian, Matthieu e Moyen (2008) e Del Negro et al. (2004), que estimam modelos como economia aberta para a economia dos USA, os valores obtidos para λ foram todos menores do que 2.00.

No caso dos estudos com a mesma metodologia aplicados à economia brasileira, há dois trabalhos de destaque: Santos e Kanczuk (2012) e Resende (2015). No primeiro deles, os autores buscam estudar o *monetary price puzzle* para a economia brasileira através de um modelo de economia fechada com um canal de custo para a política monetária. O período de análise foi do início de 2002 até o final de 2010 e utilizou sete séries de dados. A estimação do modelo apontou para uma média da distribuição *a posteriori* do parâmetro λ de 3.16.

Resende (2015) realiza a estimação de um DSGE-VAR para o Brasil com base do modelo SAMBA de Castro et al. (2011). A estimação para o período entre o terceiro trimestre de 1999 e o terceiro trimestre de 2013 utilizando oito séries de dados teve como resultado uma média da distribuição *a posteriori* do parâmetro λ de 1.35.

Tabela 3.2 – Ajuste dos modelos estimados

Modelo	Marginal Log Density
BVAR(1)	-694.9682
BVAR(2)	-697.5675
BVAR(3)	-680.0572
DSGE	-1067.0289
DSGE-VAR(1)	-677.0233
DSGE-VAR(2)	-827.7093

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 3.3 – Distribuição a priori e posteriori dos parâmetros estimados

Parâmetros	Densidade	Priori		Posteriori		Suporte
		Média	D.P.	Média	Conf. 90% (HPD ⁶)	
b	Beta	0.85	0.05	0.7639	[0.6703;0.8575]	[0,1]
α	Beta	0.448	0.05	0.5064	[0.363;0.6522]	[0,1]
η	Gamma	1.00	0.10	0.9577	[0.4994;1.3901]	\mathfrak{R}^+
Ω	Beta	0.80	0.05	0.8484	[0.6808;0.9893]	[0,1]
ω	Beta	0.25	0.05	0.3300	[0.0886;0.5782]	[0,1]
θ	Beta	0.65	0.05	0.6471	[0.3977;0.8923]	[0,1]
ψ	Gamma	0.02	0.01	0.0904	[0.0194;0.1762]	\mathfrak{R}^+
χ	Gamma	1.00	0.50	0.3969	[0.1611;0.6259]	\mathfrak{R}^+
γ	Beta	0.50	0.05	0.5699	[0.4129;0.7182]	[0,1]
γ_I	Beta	0.50	0.05	0.3797	[0.1879;0.566]	[0,1]
ρ_I	Gamma	1.00	0.50	0.9790	[0.9641;0.99]	\mathfrak{R}^+

⁶ Os intervalos de credibilidade de máxima densidade a posteriori (HPD – Highest Posterior Density) representam o intervalo em que contém 90% da densidade da posteriori.

Φ	Gamma	4.00	1.50	0.3165	[0.1325;0.5402]	\mathfrak{R}^+
ρ_i	Beta	0.60	0.150	0.7345	[0.622;0.8536]	[0,1]
ρ_π	Gamma	2.00	0.35	1.5106	[1.0771;1.9259]	\mathfrak{R}^+
ρ_y	Gamma	0.25	0.10	0.2637	[0.1824;0.3452]	\mathfrak{R}^+
ρ_a	Beta	0.50	0.250	0.7741	[0.5366;0.9998]	[0,1]
ρ_g	Beta	0.50	0.250	0.6597	[0.4363;0.9902]	[0,1]
ρ_v	Beta	0.50	0.250	0.4840	[0.2735;0.6854]	[0,1]
ρ_{y^*}	Beta	0.50	0.250	0.8251	[0.5894;0.9969]	[0,1]
$\rho_{p^f^*}$	Beta	0.50	0.250	0.8236	[0.6682;0.956]	[0,1]
ρ_{i^*}	Beta	0.50	0.250	0.8163	[0.7044;0.9286]	[0,1]
ρ_ξ	Beta	0.50	0.250	0.7298	[0.4502;0.9996]	[0,1]
ε^a	Inv. Gamma	1.00	Inf.	0.4191	[0.2301;0.619]	\mathfrak{R}^+
ε^g	Inv. Gamma	1.00	Inf.	0.8005	[0.4392;1.1384]	\mathfrak{R}^+
ε^v	Inv. Gamma	1.00	Inf.	0.4404	[0.214;0.661]	\mathfrak{R}^+
ε^{y^*}	Inv. Gamma	1.00	Inf.	0.9238	[0.2518;1.6723]	\mathfrak{R}^+
$\varepsilon^{p^f^*}$	Inv. Gamma	1.00	Inf.	0.8105	[5.1737;16.4297]	\mathfrak{R}^+
ε^{i^*}	Inv. Gamma	1.00	Inf.	0.6637	[0.3002;1.0264]	\mathfrak{R}^+
ε^ξ	Inv. Gamma	1.00	Inf.	0.3633	[0.2398;0.481]	\mathfrak{R}^+
ε^i	Inv. Gamma	1.00	Inf.	0.5116	[0.3271;0.6895]	\mathfrak{R}^+
λ	Uniforme	1.00	10	1.3040	[0.904;1.4857]	[0,10]

Fonte: Elaborado pelo autor

3.3 A Importância relativa dos choques e decomposição de variância

Nesta parte, serão analisadas algumas evidências importantes que podem ser observadas a partir do comportamento dos choques estimados e da decomposição da variância. Para a primeira análise é realizada a reconstrução dos choques exógenos a partir do modelo estimado. A Figura 3.3 mostra a estimativa dos choques exógenos utilizando filtro de Kalman, que podem ser interpretados como a melhor estimativa para os choques estruturais dadas todas as observações.

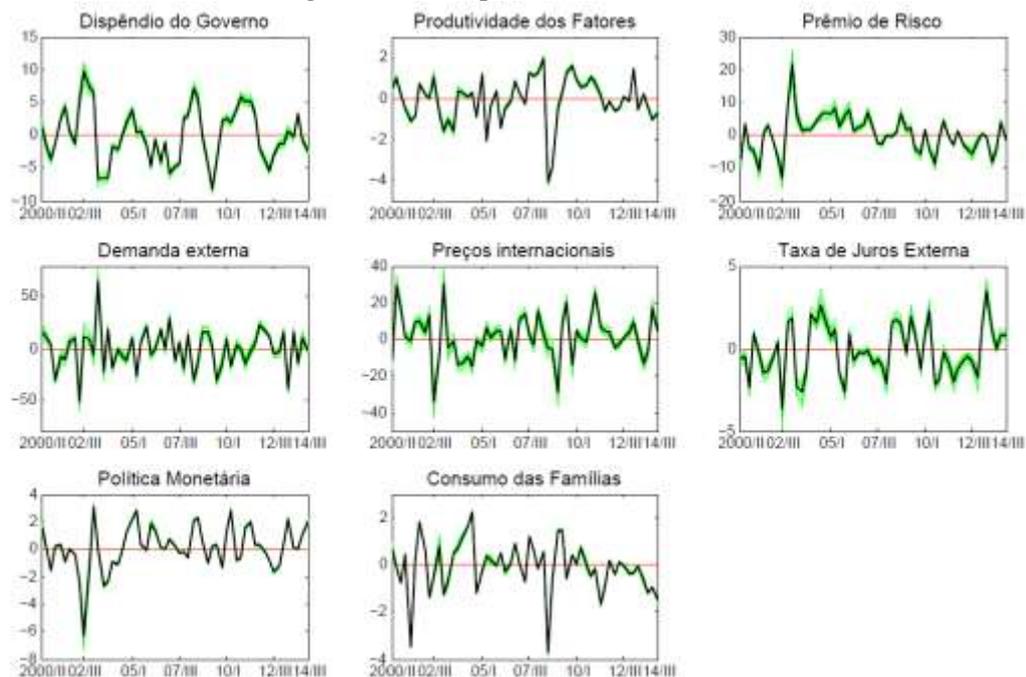
Dado que o modelo é estacionário e centrado em zero, a média das séries deve ser zero, mas a volatilidade em períodos específicos é uma fonte de informação importante. Por exemplo, durante a crise de 2008 e 2009 observa-se uma queda acentuada na produtividade dos fatores, o que é um caso típico de uma crise em que a ociosidade da economia aumenta sem queda proporcional na capacidade produtiva instalada e da população economicamente ativa. O comportamento de consumo das famílias também mostra um movimento acentuado durante a crise internacional e no período 2013 e 2014, sugerindo queda na demanda doméstica.

Destaca-se também que o prêmio de financiamento externo atinge o seu maior valor para o período analisado durante a crise de confiança de 2001 e 2002. Outro elemento importante é o desvio negativo na taxa de juros internacional após a crise de 2009 e o posterior aumento na volatilidade em 2013. A capacidade do modelo em captar a transmissão desses movimentos é uma importante sinalização do seu ajuste aos dados. Por outro lado, a volatilidade da demanda externa, dos preços internacionais e da política monetária permaneceram com um padrão pouco identificável após a crise de 2001.

A decomposição da variância de alguma das variáveis endógenas, que calcula a contribuição total de cada choque para explicar as variações nas séries do modelo durante o período, é apresentada na Tabela 3.4.

Com relação ao produto, como ocorre em grande parte dos trabalhos semelhantes, a maior parte da variação do produto é dado pelos movimentos na taxa de juros. Nesse caso, 28.9% das variações foram explicadas pelos movimentos da política monetária. No caso do consumo das famílias e da taxa de inflação, os movimentos na política monetária também foram os mais determinantes para explicar os movimentos nessas séries.

Figura 3.1 – Choques suavizados



Fonte: Elaborado pelo autor

O segundo maior elemento a determinar os movimentos no produto foi a demanda externa, que explica 18.38% dos movimentos. Os fatores relacionados à economia doméstica (dispêndio do governo, consumo das famílias e produtividade dos fatores) responderam por

28,8% dos movimentos no Produto. Por sua vez, os choques externos (Preços externos, taxa de juros internacional e crescimento do resto do mundo), responderam conjuntamente por 41,86% dos movimentos no produto.

Os três choques com origem no setor externo (demanda externa, preços externos e taxa de juros internacional) respondem por importante parte da variação da taxa de câmbio (77.41% somados os três tipos de choques externos), da taxa de inflação (44.92%) e nos investimentos (28.01%). Uma das vantagens de um modelo de economia aberta é obter um maior detalhamento da origem dos choques que movimentam a economia. Um número mais restrito de choques torna a análise menos conclusiva. Por exemplo, no trabalho de Silva Junior e Divino (2013), que estima para o Brasil um modelo DSGE com economia fechada, encontra que a maior parte dos movimentos no prêmio de risco são determinados por choques nos investimentos, mas pouco se conclui sobre o impacto de outras variáveis importantes, como a taxa de juros, a demanda e os preços externos.

Tabela 3.4 – Decomposição da variância (em percentual)

Variáveis	Choques							
	Dispêndio do Governo	Produtividade de dos Fatores	Prêmio de Risco	Demanda Externa	Preços Externos	Taxa de Juros Externa	Política Monetária	Comportamento de Consumo das Famílias
Produto	7.69	9.36	0.36	18.38	13.79	9.69	28.89	11.85
Consumo	0.91	4.72	0.01	1.59	1.26	0.87	49.68	40.97
Investimento	4.74	16.86	21.88	12.65	0.59	14.78	24.37	4.13
Patrimônio Líquido	12.12	48.54	13.76	4.29	0.92	9.63	0.78	9.97
Inflação	2.34	13.45	0.21	6.34	22.45	16.13	35.20	3.87
Salários	5.92	27.69	0.03	10.78	0.22	0.18	47.18	8.01
Taxa de Câmbio	0.25	2.50	0.01	0.67	2.86	73.88	19.41	0.40
Prêmio de fin. Externo	11.03	48.80	0.80	5.78	13.20	9.12	9.89	1.38

Fonte: Elaborado pelo Autor

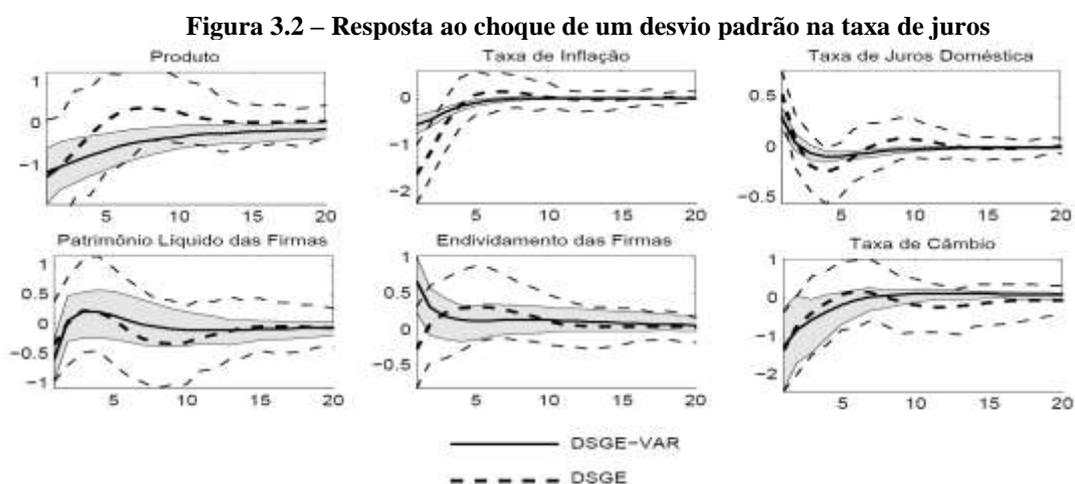
Na decomposição da variância, 48,8% do prêmio de financiamento externo é explicado pelo choque na produtividade. Esse resultado é parcialmente em linha com o obtido por De Graeve (2008), que encontra como principal determinante do prêmio de financiamento externo os choques nos investimentos. O modelo utilizado neste trabalho é mais simples do que De Graeve (2008). Dessa forma, os choques na produtividade acabam exercendo também o papel de choque nos investimentos. Por outro lado, quase 30% dos movimentos no prêmio de financiamento externo são explicados pelas variáveis da economia internacional. Esse resultado é importante do ponto de vista da transmissão dos choques nos externos para a economia brasileira.

3.4 Análise de Impulso e Resposta

As funções e impulso resposta bayesianas foram construídas para avaliar como a economia modelada pelo DSGE-VAR com fricções financeiras se comporta sob diferentes tipos de choques exógenos. Para fins de comparação dos modelos, as funções impulso resposta do modelo DSGE-VAR serão confrontadas com aquelas geradas pelo modelo DSGE tradicional. Essa comparação permite avaliar em quais choques o acréscimo da parte BVAR representou mudanças mais significativas para a modelagem.

Primeiramente, serão abordados os choques exógenos sobre a taxa de juros utilizada para a condução da política monetária e sobre o risco de financiamento das firmas. Posteriormente, serão analisados os choques exógenos com origem no mercado externo, tais como no crescimento do resto do mundo e na taxa de juros internacional.

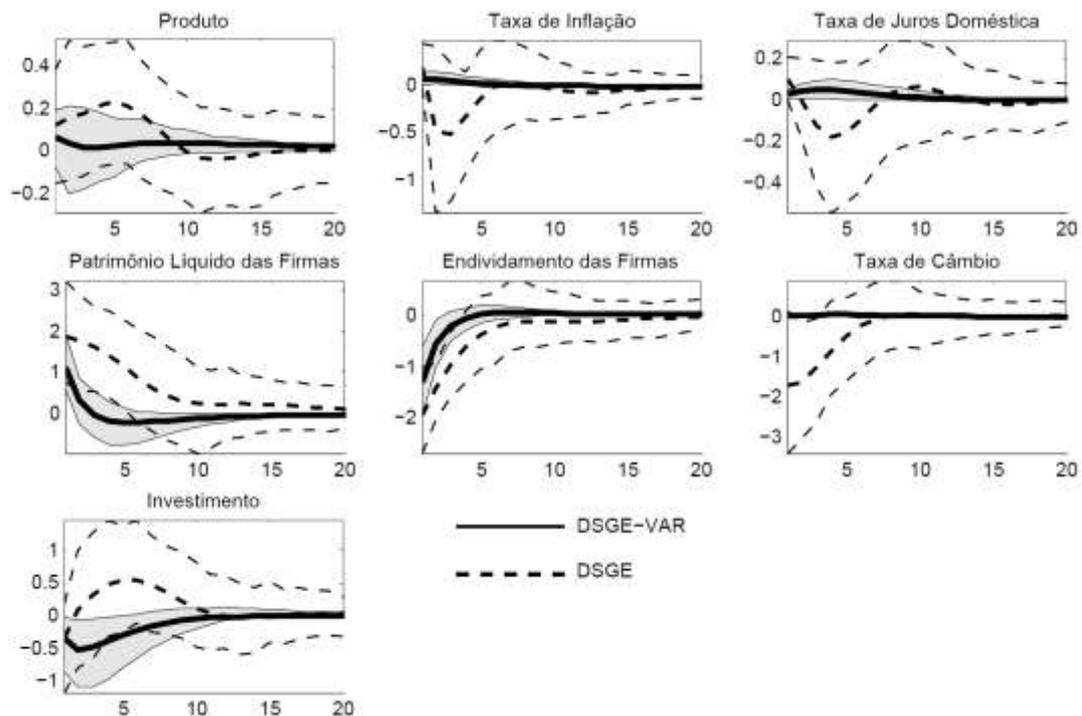
O produto, a taxa de inflação e a taxa de câmbio respondem da maneira esperada ao choque positivo na taxa de juros básica da economia. O choque de cerca de 50 pontos base leva o produto a crescer um ponto percentual abaixo no nível de estado estacionário. Contudo, a resposta da taxa de inflação é menos intensa no modelo DSGE-VAR em comparação com o modelo DSGE. Os modelos também divergem na resposta do endividamento das firmas. Verifica-se que no modelo DSGE a resposta inicial é de queda do endividamento abaixo do nível de estado estacionário para somente após dois trimestres apresentar um crescimento acima do nível de equilíbrio. No modelo DSGE-VAR já se verifica ou aumento no endividamento imediatamente após o aperto na política monetária, o que parece mais plausível, tendo em vista que o grau de alavancagem das firmas aumenta na medida em que se verifica uma queda em seu patrimônio líquido.



Fonte: Elaborado pelo Autor

No modelo com fricções financeiras, o aumento no risco provoca uma expansão no custo de financiamento externo. Esse movimento também foi melhor captado pelo modelo DSGE-VAR, pois o aumento no risco leva a uma redução nos investimentos e um aumento no consumo. Por sua vez, as firmas veem seu patrimônio líquido se depreciar. A queda nos investimentos também resulta numa queda no endividamento abaixo do nível de estado estacionário. O impacto agregado sobre o produto, taxa de juros e taxa de inflação parece ser pequeno, talvez porque o acréscimo no consumo das famílias substitua a queda nos investimentos. Entretanto, destaca-se a ausência de impacto na taxa de câmbio, que permanece estável apesar do aumento no risco.

Figura 3.3 – Resposta ao choque de um desvio padrão no prêmio de risco



Fonte: Elaborado pelo Autor

O aumento no crescimento é positivo para o crescimento da economia brasileira, ainda que o crescimento de cerca de 0.2 pontos percentuais da economia doméstica seja menor em proporção menor ao crescimento de 0.92 pontos percentuais acima do nível de estado estacionário do resto do mundo. Em resposta às condições externas mais favoráveis, a taxa de juros e a inflação domésticas caem abaixo do nível de estado estacionário. Por sua vez, os juros mais baixos e o aumento no produto favorecem os investimentos e o aumento da alavancagem das firmas.

Figura 3.4 – Choque de um desvio padrão no crescimento mundial

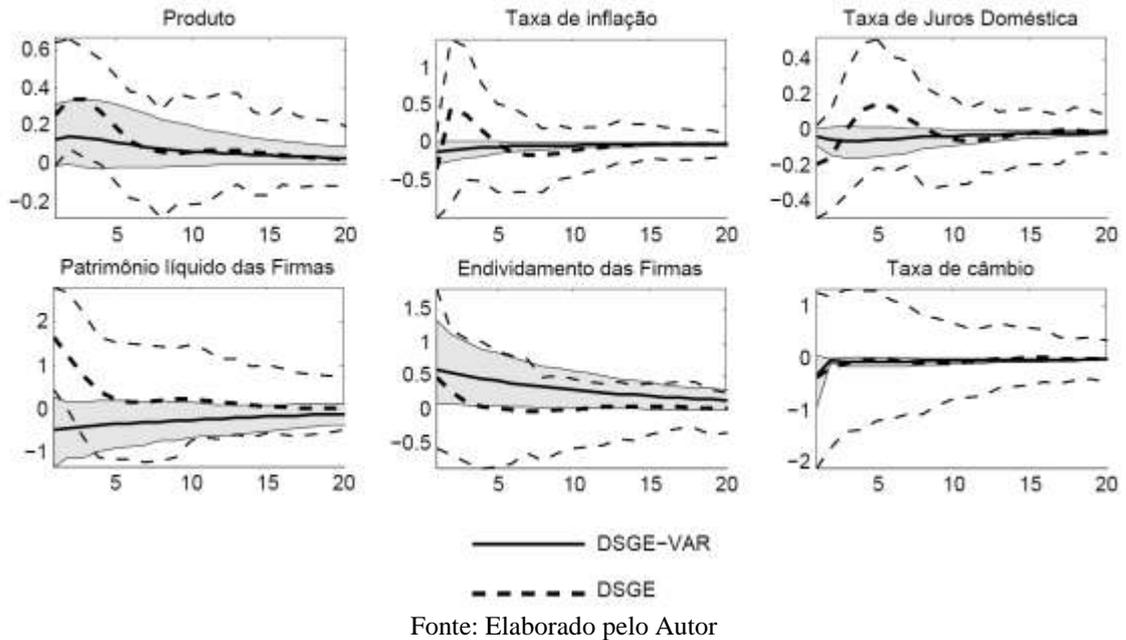
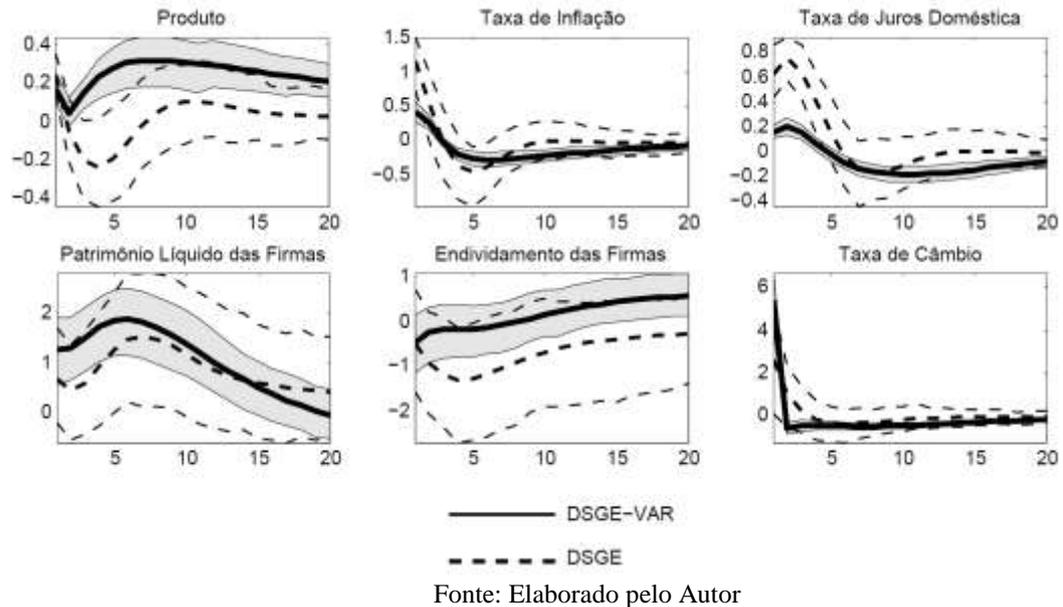


Figura 3.5 – Choque de um desvio padrão na taxa de juros internacional



Similar ao que foi verificado para o produto, a resposta da taxa de juros doméstica ocorre em uma dimensão proporcionalmente menor em relação ao choque na taxa de juros externa, em termos de pontos percentuais. O aumento na taxa de juros externa leva à desvalorização na taxa de câmbio e a redução do prêmio de financiamento externo. Essa conjuntura favorece os investimentos e a expansão do patrimônio das firmas domésticas,

tendo em vista que os investimentos na economia doméstica ficam mais atrativos vis-à-vis o resto do mundo.

Em todos os choques, os movimentos na taxa de câmbio foram corrigidos muito rapidamente. Esse comportamento decorre da adoção de uma taxa de câmbio plenamente flexível. Assim, os choques externos tendem a se comportar de maneira mais volátil no instante logo após a sua ocorrência. Entretanto, é possível supor que o ajuste da economia acontece mais rapidamente do que no caso de haver alguma rigidez para a flutuação da taxa de câmbio.

3.5 Considerações Finais

O trabalho estimou um modelo DSGE-VAR, baseado Gertler, Gilchrist e Natalucci (2007), para analisar a economia brasileira. O modelo contempla uma economia pequena e aberta com fricções financeiras e a metodologia DSGE-VAR se mostrou importante para aperfeiçoar ajuste do modelo aos dados.

Diante dessas características, o estudo apresentou uma capacidade satisfatória de mimetizar alguns movimentos importantes ocorridos na economia brasileira durante o período analisado, em especial durante a crise de confiança dos anos de 2001 e 2002 e durante a crise financeira de 2008.

A análise da decomposição de variância mostrou que 28.9% das variações no produto brasileiro no curto prazo podem ser explicados pelos movimentos da política monetária. Também chama a atenção a importância dos choques externos (preços internacionais, taxa de juros internacional e crescimento do resto do mundo) para os ciclos da economia brasileira, que responderam conjuntamente por 41,9% dos movimentos no produto.

Na análise das funções de impulso e resposta ficou bastante evidente que a flexibilização do espaço paramétrico proporcionado pelo modelo DSGE-VAR representou uma alteração significativa em relação às funções do modelo DSGE. Os choques externos apresentaram impactos significativos no patrimônio e no endividamento das firmas domésticas, o que fortalece a evidência de que um canal importante de transmissão dos movimentos da economia mundial para a o Brasil ocorre via setor produtivo. De maneira geral, destaca-se a menor volatilidade e maior persistência que o modelo DSGE-VAR consegue dar aos choques exógenos nos ciclos da economia brasileira. O rápido ajuste da

economia aos choques exógenos é uma crítica recorrente aos modelos DSGE e que, neste caso, foi mitigado pela utilização do DSGE-VAR.

Em termos de implicações dos resultados do trabalho para a condução de políticas econômicas, destaca-se que um dos canais de transmissão dos choques na economia internacional para a economia brasileira ocorre pela via financeira. Esse canal de transmissão também mostra que o patrimônio e o nível de endividamento das firmas são diretamente afetados, o que talvez possa justificar uma atuação mais direcionada para as firmas no caso de choques externos.

Contudo, como a taxa de câmbio foi modelada como sendo plenamente flexível, os choques externos tendem a se comportar de maneira mais volátil no instante após a sua ocorrência, mas a o ajuste para o nível de estado estacionário parece muito rápido. Entretanto, é possível supor que esse ajuste da acontece mais rapidamente em função de não haver nenhuma rigidez na taxa de câmbio, nem uma política cambial que atenua a volatilidade cambial. Portanto, um ponto que talvez seja o mais importante a ser explorado em trabalhos futuros é o desenvolvimento de uma modelagem para a taxa de câmbio mais adequada à economia brasileira.

3.7 Referências

AN, S.; SCHORFHEIDE, F. Bayesian Analysis of DSGE Models. *Econometric Reviews*, New York, v.26, n.4, p.113-172, May. 2007. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07474930701220071>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

BERNANKE, B. S.; M. GERTLER, M.; GILCHRIST, S. The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework. In: TAYLOR, J. B.; WOODFORD, M. (Ed.). *Handbook of Macroeconomics*. Philadelphia: Elsevier, 1999. p. 1341-1393.

BERNANKE, B. S.; GERTLER, M. Agency Costs, Net Worth, and Business Fluctuations. *American Economic Review*, Pittsburgh, v.79, n. 1, p.14-31. Mar. 1989. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1804770>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

BOLAÑOS, A. O. Credit Market Shocks, Monetary Policy, and Economic Fluctuations. *Monetária*, México D.F. v.1, n.2, p.317-369, Jul. 2013. Disponível em: <<http://www.cemla.org/PDF/monetaria/PUB-MON-I-02.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CARLSTROM, C. T.; FUERST, T. S. Agency Costs, Net Worth, and Business Fluctuations: A Computable General Equilibrium Analysis. *American Economic Review*, Pittsburg, v.87, n.5, p.893-910, Dec. 1997.

CAMPELLO, M. et al. The Real and Financial Implications of Corporate Hedging. *Journal of Finance*, Malden, v.66, n.5, p.1615-1647, Oct. 2011. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/41305171>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CASTRO, M. R. et al. Samba: Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach. Brasília: Banco Central do Brasil, 2011. (Working Paper Series Brasília, 239). Disponível em: <www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps239.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CHANG, R.; FERNÁNDEZ, A. On the Sources of Aggregate Fluctuations in Emerging Economies, Cambridge: NBER, 2010. (Working Paper Series, 15938). Disponível em: <www.nber.org/papers/w15938>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CHARI, V.V.; KEHOE, P.J.; MCGRATTAN, E. *Can Sticky Price Models Generate Volatile and Persistent Real Exchange Rates?* Minneapolis: Federal Reserve Bank of Minneapolis (Staff Report, 277). Disponível em: <<https://www.minneapolisfed.org/research/sr/sr277.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

DE GRAEVE, F. The external finance premium and the macroeconomy: US post-WWII evidence, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Dallas, v.32 n.11, p.3415-3440, Nov. 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165188908000328>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

DEL NEGRO, M. et al. *On the fit and forecasting performance of New Keynesian models*. Atlanta: Federal Reserve Bank of Atlanta, 2014. (Working Paper, 2004-37). Disponível em: <https://www.frbatlanta.org/research/publications/wp/2004/04_37.aspx>. Acesso em: 16 nov. 2015.

DEL NEGRO, M.; SCHORFHEIDE, F. *Forming priors for DSGE models (and how it affects the assessment of nominal rigidities)*. New York: Federal Reserve Bank of New York, 2006. (Working Paper, 320). Disponível em: <http://www.newyorkfed.org/research/staff_reports/sr320.html>. Acesso em: 16 nov. 2015.

DOAN, T.; LITTERMAN, R.; SIMS, C. Forecasting and Conditional Projection Using Realistic Prior Distributions. *Econometric Reviews*, New York, v.3, n.1, p.1-100. Jan. 1984.

GERTLER, M.; GILCHRIST, S.; NATALUCCI, F. M. External Constraints on Monetary Policy and the Financial Accelerator, *Journal of Money, Credit and Banking*, Malden, v. 39, n.2-3, p.295-330, Mar. 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.0022-2879.2007.00027.x/abstract>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

GILCHRIST, S.; SAITO, M. *Expectations, asset prices, and monetary policy: the role of learning*. Cambridge: NBER, 2006. (Working Paper, 12442). Disponível em: <www.nber.org/papers/w12442>. Acesso em: 16 nov. 2015.

GALI, J.; MONACELLI, T. *Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy*, Cambridge: NBER, 2002. (Working Paper, 8905). Disponível em: <www.nber.org/papers/w8905>. Acesso em: 16 nov. 2015.

KANCZUK F. Um Termômetro para as Macro-Prudenciais. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v.67, n.4, 2013.

RESENDE, M. Um modelo DSGE-VAR para o Brasil. In: ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL, 18., 2015, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: ANPEC SUL, 2015.

SIMS, C. A. Macroeconomics and Reality, *Econometrica*, New York, v.48, n.1, p.1-48, Jan.1980. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1912017>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

SMETS, F.; WOUTERS, R. Shocks and frictions in us business cycles: A bayesian DSGE approach. *American Economic Review*, New York, v.97, n.3, p.586–606. Jun. 2007. Disponível em: <<https://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/aer.97.3.586>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

STÉPHANE, A. et al. Dynare: Reference Manual, Version 4. Paris: CEPREMAP, 2011. (Dynare Working Papers, 1).

WOODFORD, M. Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy. New Jersey: Princeton University Press, 2003.

3.8 Apêndice A – Descrição das Variáveis

As equações foram log-linearizadas em torno de seus valores de estado estacionário. O desvio das variáveis em relação ao estado estacionário foram colcadas em letras minúsculas, com exceção das taxas de juros brutas $(1 + i_t)$ e $(1 + i_t^k)$, que são tratados apenas como i_t e i_t^k , e λ_t que na sua versão em estado estacionário ganha o acento circunflexo:

Famílias:

$$c_t = \gamma c_t^h + (1 - \gamma) c_t^f \quad (\text{A.1})$$

$$c_t^h = c_t^f - \rho(p_t^h - p_t^f) \quad (\text{A.2})$$

$$\pi_t = \gamma \pi_t^h + (1 - \gamma) \pi_t^f \quad (\text{A.3})$$

$$\hat{\lambda}_t = \frac{1}{b^2} - b((1 + \beta) + 1)(-(b + 1)c_t + bc_{t-1} + b\beta c_{t+1} - ba_t + \xi_{c,t}) \quad (\text{A.4})$$

$$\hat{\lambda}_t = (\hat{\lambda}_{t+1} - \pi_{t+1})(i_{t+1} - (v_t^n + i_t^* + s_{t+1} - s_t)) \quad (\text{A.5})$$

$$y_t - h_t - x_t^h - \hat{\lambda}_t + \frac{\eta}{1-\eta} h_t \quad (\text{A.6})$$

Setor externo:

$$i_t = s_{t+1} - s_t + i_t^* \quad (\text{A.7})$$

$$p_{w,t}^f = s_t + p_t^{f*} \quad (\text{A.8})$$

$$c_t^{h*} = \omega \left[-\chi (p_t^{h*} - s_t p_t^* - p_t^{f*}) + y_t^* \right] + (1 - \omega) c_{t-1}^{h*} \quad (\text{A.9})$$

Produtores de bens de capital:

$$inv_t = \gamma_I inv_t^h + (1 - \gamma_I) inv_t^f \quad (\text{A.10})$$

$$inv_t^h = -\rho_I (p_t^h - p_t^f) + inv_t^f \quad (\text{A.11})$$

$$p_{I,t} = \gamma_I p_t^h + (1 - \gamma_I) p_t^f \quad (\text{A.12})$$

$$k_{t+1} = \delta inv_t + (1 - \delta)k_t \quad (\text{A.13})$$

Produtores de bens intermediários:

$$y_t = (1 - \alpha)a_t + \alpha k_t + (1 - \alpha)\Omega h_t \quad (\text{A.14})$$

$$\pi_t = \frac{1}{1+\beta(1-\theta)} \frac{(1-\theta)(1-\beta\theta)}{\theta} x_t^h + \frac{1}{1+\beta(1-\theta)} E_t\{\pi_{t+1}\} + \frac{1}{1+\beta(1-\theta)} \pi_{t-1} \quad (\text{A.15})$$

$$q_t + p_t - p_{l,t} = \Phi(inv_t - k_t) \quad (\text{A.16})$$

$$r_t^k =$$

$$\frac{(1-\alpha)\frac{\theta-1}{\theta}\left(\frac{K}{Y}\right)^{-1}}{(1-\alpha)\frac{\theta-1}{\theta}\left(\frac{Y}{K}\right)^{-(1-\delta)}} \left(E_t\{y_{t+1}\} - k_t + a_t + x_t^h\right) + \frac{1+\delta}{(1-\alpha)\frac{\theta-1}{\theta}\left(\frac{K}{Y}\right)^{-1} + (1-\delta)} E_t\{q_{t+1}\} - q_t \quad (\text{A.17})$$

$$prem_t = -\psi(n_{t+1} - (q_t - k_{t+1})) \quad (\text{A.18})$$

$$r_{t+1}^k = prem_t + (i_{t+1} - \pi_{t+1}) \quad (\text{A.19})$$

$$n_t = n_{t-1} \frac{K}{N} r_t^k - \left(\frac{K}{N} - 1\right) (prem_{t-1} + (i_t + \pi_{t-1})) + \alpha(1 - \Omega) \frac{Y}{N} \frac{\theta-1}{\theta} (y_t + x_t^h) - a_t +$$

$$w_t^e \quad (\text{A.20})$$

$$c_t^e = (1 - \phi)n_t - w_t^e \quad (\text{A.21})$$

Banco Central e fechamento do modelo:

$$i_t = \rho_i i_{t-1} + \rho_\pi \pi_t + \rho_y y_t + \varepsilon_t^i \quad (\text{A.22})$$

$$y_t^h = \frac{c^h}{Y} c_t^h + \frac{c^{eh}}{Y} c_t^{eh} + \frac{c^{h*}}{Y} c_t^{h*} + \frac{I^h}{Y} inv_t^h + \frac{G^h}{Y} g_t^h \quad (\text{A.23})$$

Relações de equilíbrio:

$$\pi_t^h = \beta \pi_{t+1}^h - \kappa x_t^h \quad (\text{A.24})$$

$$\pi_t^f = \beta \pi_{t+1}^f - \kappa x_t^f \quad (\text{A.25})$$

$$x_t^f = p_{w,t}^f - \pi_t^f \quad (\text{A.26})$$

Processos para os choques aleatórios:

$$i_t^* = \rho_{i^*} i_{t-1}^* + \varepsilon_t^{i^*} \quad (\text{A.27})$$

$$y_t^* = \rho_{y^*} y_{t-1}^* + \varepsilon_t^{y^*} \quad (\text{A.28})$$

$$p_t^{f^*} = \rho_{p^{f^*}} p_{t-1}^{f^*} + \varepsilon_t^{p^{f^*}} \quad (\text{A.29})$$

$$g_t = \rho_g g_{t-1} + \varepsilon_t^g \quad (\text{A.30})$$

$$a_t = \rho_a a_{t-1} + \varepsilon_t^a \quad (\text{A.31})$$

$$v_t^n = \rho_v v_{t-1}^n + \varepsilon_t^v \quad (\text{A.32})$$

$$\xi_{c,t} = \rho_\xi \xi_{c,t-1} + \varepsilon_t^\xi \quad (\text{A.33})$$

3.9 Apêndice B – Descrição dos Parâmetros

Descrição dos parâmetros	
b	Persistência de hábito de consumo
α	Participação do capital na produção
η	Elasticidade substituição lazer-trabalho
Ω	Proporção de trabalho das famílias na produção
ω	Inércia na demanda externa
δ	Taxa de depreciação do capital
θ	Parâmetro de rigidez de preços
ψ	Elasticidade do prêmio de financiamento externo e alavancagem
χ	Elasticidade substituição entre os bens domésticos e estrangeiros
γ	Participação dos bens domésticos no consumo
γ_I	Participação dos bens domésticos nos investimentos
ρ_I	Elasticidade intratemporal do investimento
Φ	Custo de ajustamento com relação aos investimentos
ρ_i	Parâmetro de suavização nos movimentos na taxa nominal de juros
ρ_π	Parâmetro de resposta aos desvios da inflação na política monetária
ρ_y	Parâmetro de resposta aos desvios produto na política monetária
ρ_a	Persistência do choque na tecnologia
ρ_g	Persistência do choque no dispêndio do setor público
ρ_v	Persistência do choque no prêmio de financiamento externo
ρ_{y^*}	Persistência do choque no PIB mundial
$\rho_{p_f^*}$	Persistência do choque nos preços mundiais
ρ_{i^*}	Persistência do choque na taxa de juros mundial
ρ_ξ	Persistência do choque nas preferências dos consumidores
ρ_ϱ	Persistência do choque no consumo dos empreendedores
ρ_ϖ	Persistência do choque na produção dos empreendedores

Fonte: Elaborado pelo Autor

4 CHOQUES NO SPREAD DE CRÉDITO BANCÁRIO E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A CONDUÇÃO DA POLÍTICA MONETÁRIA NO BRASIL

Os modelos DSGE, em geral, utilizam baixa, ou nenhuma, fricção no mercado financeiro, e devido à possibilidade de arbitragem, as taxas de juros de maturidades semelhantes convergem para o mesmo valor. Assim, a existência de uma única taxa de juros é suficiente para representar uma economia sem fricções financeiras. Nesse caso, a taxa de juros precisa assumir papéis diversos: de taxa básica de operação da política monetária, taxa de retorno de todas as famílias e firmas por poupar; e, taxa em que qualquer agente pode tomar emprestado contra a renda futura.

Nesse arcabouço, o próprio comportamento maximizador das famílias e das firmas faz com que os fluxos gerados pelas empresas cheguem até as famílias sem a necessidade de fluxos de crédito em equilíbrio. Portanto, as perturbações no mercado de crédito e as variações no *spread* bancário não têm impactos na alocação de recursos da economia.

Porém, mais recentemente diversos trabalhos procuraram reexaminar as evidências sobre a relação entre os *spreads* de crédito e da atividade econômica, principalmente colocando os insights da crise de 2008 como, por exemplo, as recessões que tem como origem um choque no setor financeiro. Para isso, os modelos teóricos, em especial os modelos DSGE, passaram por aprimoramentos para incorporar a possibilidade de mais de uma taxa de juros na economia bem como a transmissão das perturbações no *spread* para as demais variáveis da economia.

A crise internacional também colocou questionamentos sobre a condução da política monetária tradicional. O limite zero da taxa de juros e as medidas alternativas, como aquelas de *quantitative easing* ganharam espaço na discussão teórica e empírica. Os trabalhos de McCulley e Toloui (2008) e Taylor (2008) ao observar o mercado de crédito, identificaram que um primeiro indicador nos momentos de estresse no mercado financeiro é o aumento do *spread* entre as taxas de juros de referência para a política monetária e aquela pela qual os consumidores tomam emprestado e a política monetária tradicional não consegue dar respostas satisfatórias. Diante disso, esses autores levantaram a hipótese de que o termo a regra de Taylor para a política monetária, se ajustada em proporção aos aumentos observados nos *spreads* poderia dar uma resposta mais efetiva nas situações de stress no mercado financeiro. Porém, coube a Cúrdia e Woodford (2010) formular um modelo e testar o comportamento dessa alternativa para a política monetária.

Assim, Cúrdia e Woodford (2010) propuseram uma extensão do modelo de Woodford (2003) para incorporar a existência de um diferencial entre a taxa de juros disponíveis aos poupadores e tomadores de empréstimos, que pode variar por razões tanto endógenas quanto exógenas. Neste modelo, mesmo em equilíbrio haverá *spread* entre as taxas de juros, e variações no grau de endividamento dos agentes, consumidores e governo, produzem efeitos alocativos. Nessa economia, a política monetária, por sua vez, pode responder não somente às variações na taxa de inflação e hiato do produto através de uma regra simples, como também por meio de uma regra ajustada pelo *spread* de crédito da economia.

Segundo os autores, é plausível imaginar que variação no *spread* bancário possui efeitos na alocação de recursos da economia. Mesmo nas economias com sistema financeiro mais avançado, verifica-se grande diferença entre os *spreads*, bem como uma variação deste ao longo do tempo, principalmente nos períodos de estresse financeiro. Nesse contexto, um aperto monetário, seja ele resultado direto da política monetária ou de fatores exógenos, está relacionado com variações nos *spreads*, bem como com a redução real no dispêndio e aumento no desemprego da economia.

Do ponto de vista teórico, o modelo de Cúrdia e Woodford (2010) se diferencia daqueles que seguem a linha de Bernanke e Gertler (1999) por que há mais de um agente consumidor e as fricções ocorrem no âmbito das famílias, sendo que a estrutura das firmas permanece semelhante ao do modelo no Keynesiano tradicional. Na literatura de modelos DSGE com fricções financeiras, trabalhos com foco no crédito para as famílias é mais escasso em comparação àqueles que tratam do prêmio de financiamento externo para as firmas. Nesta linha, destacam-se os trabalhos de Goodfriend e McCallum (2007), que conseguiram incorporar múltiplas taxas de juros em um modelo DSGE de pequena escala, e De Fiore and Tristani (2011), o qual também utilizaram a enxuta para criar um mercado em que a taxa pela qual os agentes tomam emprestado é distinta da taxa de juros de referência para a política monetária. O modelo de Cúrdia e Woodford (2010) utilizou diversos elementos desses trabalhos anteriores para criar um modelo mais complexo, com dois tipos de agentes consumidores dentro da estrutura dos modelos Novo Keynesianos.

No caso do Brasil, a literatura que busca analisar a formação e os determinantes dos *spreads* bancários é bastante consolidada. Um dos trabalhos pioneiros nessa linha foi elaborado por Aronovich (1994), que estimou os efeitos da taxa de inflação e da atividade econômica sobre o *spread* e indicou que a inflação tende a aumentar o *spread*. Já Afanasieff, Lhacer e Nakane (2002) utilizam dados macro e microeconômicos para explicar os

movimentos do *spread* no Brasil e sugerem que as variáveis macro, como inflação e variações no produto, são as mais relevantes para explicar o comportamento do *spread*.

Contudo, a literatura aplicada à economia brasileira ainda carece de referências no que tange a relação entre o *spread* e o ciclo econômico, bem como as suas implicações para a condução da política monetária. Nesse sentido, o trabalho do Vega Filho (2009) simulou o modelo de Curdia e Woodford (2009) calibrado com parâmetros economia brasileira. O trabalho verificou que o endividamento dos agentes aumenta mais no modelo com fricções, em comparação com o modelo sem fricções financeiras em resposta a um choque exógeno de política monetária. Esse comportamento decorreu da maior sensibilidade do endividamento à queda na atividade e ao aumento no *spread* de crédito. Nesse modelo, o aumento na taxa de juros determinada pelo Banco Central, que é a mesma taxa de captação do sistema financeiro, aumenta menos do que proporcionalmente em relação ao aumento na taxa de juros para os tomadores finais, em decorrência da queda na atividade e dos custos de intermediação, o que explica o aumento no *spread* de crédito.

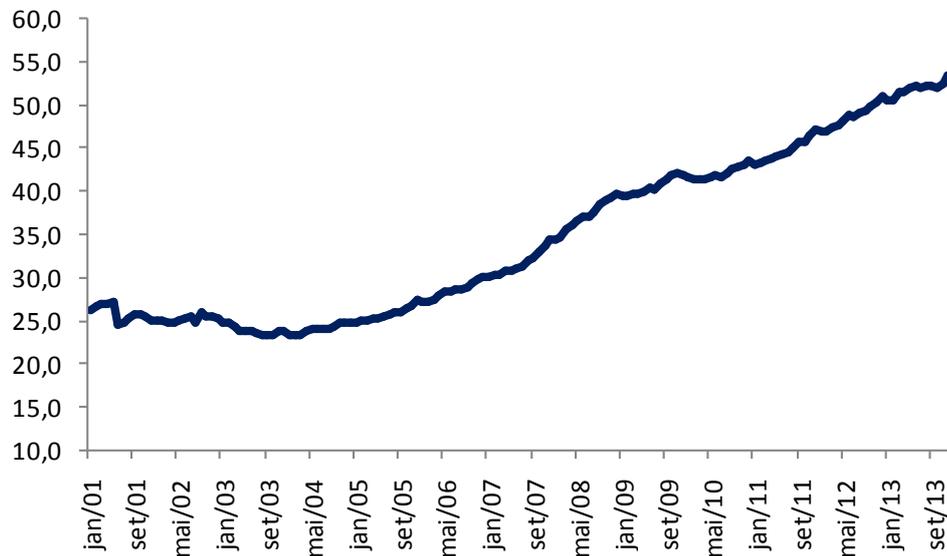
Vale destacar também o trabalho de Kanczuk (2013), que elabora um modelo DSGE com o objetivo de avaliar as políticas macroprudenciais. O modelo utiliza elementos de Bernanke e Gilchrist (1999) e Curdia e Woodford (2010) e o trabalho tem o objetivo de extrair os prêmios de financiamento externo para as famílias e firmas e comparar com os dados de crédito.

A análise do papel do *spread* de crédito nos ciclos econômicos ganha importância no contexto da economia brasileira na medida em que houve forte expansão do crédito e redução dos *spreads* entre as taxas de juros durante a última década. O Gráfico 4.1 mostra a participação do crédito na economia, que dobrou de tamanho, passando de 26,1 pontos percentuais de participação no PIB em janeiro de 2001 para 53,0 em janeiro de 2014. Essa transformação é positiva na medida em que possibilita o crescimento nos investimentos privados, a suavização do consumo no tempo e alongam o horizonte de planejamento dos agentes.

Por outro lado, abre-se espaço para que as oscilações no sistema financeiro tenham impactos potenciais mais significativos no lado real da economia. O Gráfico 4.2 que mostra a evolução do *spread* durante a última década mostrou uma tendência declinante, ainda que permaneça num nível elevado. Contudo, o elemento mais interessante é o comportamento cíclico e os seus picos em momentos de recessão e maior incerteza econômica. Assim, o ganho de participação do crédito na economia motiva o estudo dos impactos potenciais nas

variáveis de crédito sobre as demais variáveis macroeconômicas, bem como sobre a condução da política monetária.

Gráfico 4.1 - Saldo real das operações de crédito ao setor privado em relação ao PIB



Fonte: Banco Central do Brasil (2014)

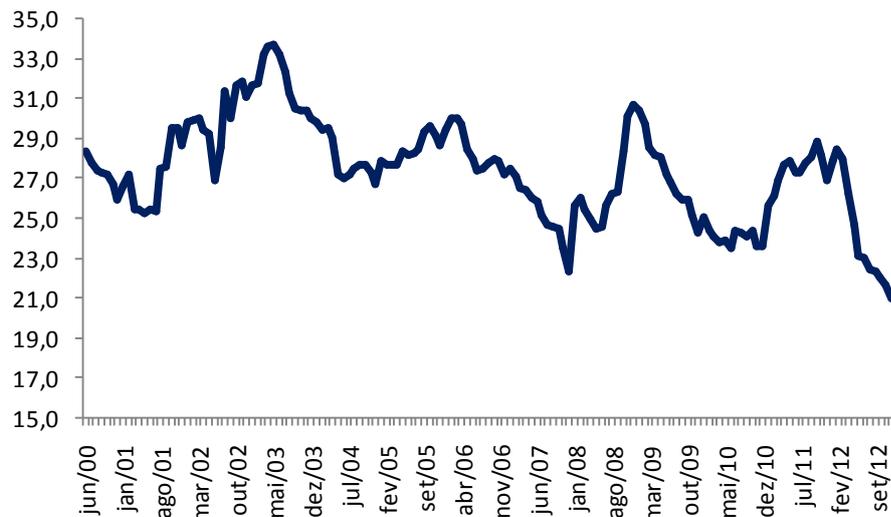
O objetivo deste ensaio será estimar o modelo de Cúrdia e Woodford (2010) para a economia brasileira e analisar o comportamento da economia frente a diferentes perturbações exógenas do modelo com fricções financeiras e a sua versão sem essas fricções. O trabalho também representa um avanço em relação à Vega Filho (2009) ao realizar a estimação do modelo e analisar como a economia responde à uma regra de política monetária em que as variações no spread são consideradas para a decisão da taxa básica de juros. Além disso, será estimada a regra de política monetária ótima do modelo com spread e avaliar o desempenho política monetária conduzida a partir de uma regra ajustada pelo spread.

Os resultados obtidos por este trabalho mostram que a inclusão do *spread* no modelo Novo Keynesiano não altera significativamente as conclusões dos modelos DSGE em respostas a perturbações exógenas tradicionais, como choques na taxa de juros, na produtividade da economia e no dispêndio público. Mesmo diante do modelo com fricções financeiras, a especificação de uma regra de política monetária ótima simples, nos moldes de uma regra de Taylor tradicional, se mostrou apropriada para a estabilização da economia.

Porém, os eventos que ocasionam a deterioração da intermediação financeira terão efeitos adversos sobre a atividade. Assim, nos casos de choques exógenos sobre o *spread*, o modelo indica que uma boa política deve concentrar-se não apenas da taxa controlada pelo

banco central, mas também na taxa de empréstimo (a taxa arcada pelos tomadores de crédito na economia). Nesse caso, a adoção de regras de política monetária alternativas podem ser meios de fazer com que a estabilização da economia ocorra numa magnitude e tempo mais parecidos com o resultado indicado pela regra ótima de política monetária. Vale destacar que o objetivo do trabalho não é questionar a adoção do regime de metas para a inflação, mas estudar a adoção de políticas alternativas em situações de choques financeiros.

Gráfico 4.2 - Spread médio mensal das operações de crédito com recursos livres* - % ao ano



Fonte: Banco Central do Brasil (2014). *Pré-fixado, pós-fixado e flutuante

Na próxima seção será apresentado o modelo de Cúrdia e Woodford (2010). Na segunda seção será realizada a estimação do modelo com fricções financeiras por métodos bayesianos o qual será comparado com o modelo sem fricções financeiras. Na terceira seção será realizado as simulações de impulso e resposta dos modelos com e sem fricções financeiras. Em seguida, na quarta parte do trabalho, será apresentado o problema de minimização da função de perda do banco central no modelo com fricções financeiras. A quinta seção consta a proposta para uma regra de Taylor ajustada pelo spread, na qual a autoridade monetária leva em conta as variações no spread para a condução da política monetária. A última parte será destinada às considerações finais.

4.1 O modelo de Novo Keynesiano com spread de crédito

Esta seção apresentará o modelo com fricções financeiras de Cúrdia e Woodford (2010) que foi formulado tendo como base Woodford (2003). A apresentação dará mais

ênfase à parte dos consumidores, que é onde há uma diferenciação em relação à literatura tradicional e são inseridas as fricções financeiras. As demais partes seguem a literatura tradicional semelhante ao apresentado em Woodford (2003) e serão apresentadas de maneira mais breve.

O modelo assume a hipótese de que as instituições financeiras captam os seus recursos através dos depósitos do público com um custo equivalente a taxa de juros utilizada como instrumento de política monetária pelo banco central. Contudo, a taxa para os tomadores finais será diferente da taxa fixada pela autoridade monetária. Os tomadores pagarão um *spread* sobre a taxa básica, que refletirá as fontes de fricções financeiras do modelo, tais como custos de transação e choques exógenos sobre as condições financeiras dos agentes da economia.

Ao longo do trabalho os termos *spread* de crédito e *spread* bancário serão utilizados como sinônimos. O *spread* é entendido como a diferença entre a taxa de juros dos empréstimos e a taxa de captação. No modelo, a taxa de captação das instituições financeiras será a taxa básica de juros da economia, que será a remuneração da poupança das famílias.

Neste modelo, os agentes da economia são heterogêneos e têm como principal diferença entes poupadores e tomadores de empréstimos. Contudo, não existe um estado imutável para cada tipo de agentes. Uma família poupadora pode se transformar em tomadora de crédito e vice-versa. O bem estar auferido da despesa com consumo é diferente para cada família i , que busca maximizar o valor presente da sua função de utilidade que apresenta a seguinte forma:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[u^{\tau_t(i)}(c_t(i); \xi_t) - \int_0^1 v(h_t(j; i); \xi_t) dj \right], \quad (4.1)$$

em que $\tau_t(i) \in (b, s)$ indica o tipo de cada família, tomadora ou emprestadora, no tempo t . Assim, haverá duas funções de utilidade $u^b(c; \xi)$ e $u^s(c; \xi)$, que estarão sujeitas a um vetor de choques aleatórios ξ_t . A economia conta com um contínuo de bens de consumo diferenciados, $c_t(i)$, que são ofertados pelas firmas num mercado de concorrência monopolística e agregados na metodologia de Dixti-Stiglitz. De maneira semelhante, as famílias ofertam mão de obra especializada $j(i)$ e são contratadas pelas firmas. Além disso, a função de utilidade aditiva conta com uma desutilidade no trabalho, $v(h; \xi)$, que é a mesma para todos os agentes e está sujeita à choques aleatórios, ξ_t .

O tipo de cada agente $\tau_t(i)$ evolui de acordo com um processo de Markov com dois estados. Em cada período existe a probabilidade $1 - \delta$ (com $0 \leq \delta < 1$) de o agente assumir

um novo tipo e, caso contrário, ele permanecerá com o mesmo tipo do período anterior. Portanto, o agente assume o tipo b com probabilidade π_b e o tipo s com probabilidade π_s , de forma que $0 < \pi_b, \pi_s < 1$ e $\pi_b + \pi_s = 1$. Também se assume que $u_c^b(c; \xi) > u_c^s(c; \xi)$ para todos os níveis de consumo, c . Isso implica que uma mudança no tipo da família altera a sua propensão a consumir, dado o choque ξ , e a família poupadora tem uma menor propensão a consumir em comparação com a família tomadora de crédito. No caso de $u_c^b(c; \xi) = u_c^s(c; \xi)$ para todos os períodos, teremos uma abordagem tradicional, na linha do modelo Novo-Keynesiano de Woodford (2003).

As famílias estão aptas a gastar uma quantidade diferente de sua renda atual optando por depositar em fundos remunerados por uma taxa de juros ou pegar emprestado de intermediários financeiros. A mesma taxa de juros nominal está disponível para todos os poupadores, e uma taxa de juros diferente estará disponível para todos os tomadores de empréstimos. Isso vale independentemente das quantidades que uma determinada família escolhe para poupar ou tomar emprestado. Evidentemente, para garantir a existência das instituições financeiras, as famílias só poderão realizar operações de crédito com o intermediário financeiro, não é possível que uma família contrate um empréstimo da outra diretamente.

Um problema potencial para esse tipo de modelo surge do histórico de consumo de cada família quando o tempo vai para o infinito, o que dificulta a agregação e obtenção de um *steady-state*. Para impedir que as utilidades das famílias se tornem muito dispersas ao longo do tempo, os autores conseguem uma saída elegante ao propor um contrato financeiro adicional. As famílias podem assinar contratos umas com as outras e receber recursos contra o risco agregado e o risco associado ao seu tipo sorteado. Porém, esse evento não é contínuo e em todos os outros períodos ela deverá transacionar com o intermediário financeiro.

Assumindo o mecanismo acima, Cúrdia e Woodford (2009), mostram que existe um equilíbrio em que cada agente do tipo s tem uma poupança positiva, enquanto cada agente do tipo b tem um empréstimo em cada período. Como consequência, a taxa de juros que é relevante para a decisão intertemporal para um tipo de família passa a ser perfeitamente correlacionados com o tipo da família. Além disso, o mecanismo do seguro garante que independentemente das suas histórias passadas, em qualquer período, todas as famílias de um determinado tipo têm a mesma utilidade marginal da renda.

Assumindo essa estrutura, haverá uma equação de Euler que satisfaz cada processo. Sendo λ_t^τ a utilidade marginal da renda real das famílias do tipo τ , onde $\tau_t(i) \in (b, s)$, a

equação que mostra a evolução em estado estacionário para a renda das famílias pode ser descrita por dois processos estocásticos $\{\hat{\lambda}_t^b, \hat{\lambda}_t^s\}$:

$$\hat{\lambda}_t^b = \hat{i}_t^b - E_t \pi_{t+1} + (\delta + (1 - \delta)\pi_b)\hat{\lambda}_{t+1}^b + (1 - \delta)\pi_s\hat{\lambda}_{t+1}^s, \quad (4.2)$$

$$\hat{\lambda}_t^s = \hat{i}_t^d - E_t \pi_{t+1} + (\delta + (1 - \delta)\pi_s)\hat{\lambda}_{t+1}^s + (1 - \delta)\pi_b\hat{\lambda}_{t+1}^b, \quad (4.3)$$

A seguinte notação foi utilizada para as variáveis em estado estacionário: $\hat{\lambda}_t^\tau = \log(\lambda_t^\tau/\bar{\lambda}^\tau)$ para $\tau = b, s$; $\hat{i}_t^m = \log(1 + i_t^m/1 + \bar{i}^m)$ para $m = b, d$; e $\pi = \log(\Pi_t)$. A barra acima das variáveis indica o seu valor em estado estacionário, conforme descrito Apêndice A.

As equações (4.2) e (4.3) mostram que cada tipo de família está sujeita à uma taxa de juros diferente. No primeiro caso, \hat{i}_t^b é a taxa de juros oferecida para os tomadores de crédito pelas instituições financeiras no período t para ser paga no início do período $t + 1$. Por sua vez, os poupadores recebem a taxa de juros livre de risco, \hat{i}_t^d , no início do período $t + 1$ sobre a poupança depositada no final do período t .

O sistema de equações (4.2) e (4.3) pode ser expressado de maneira alternativa para que as duas equações sejam agregadas. Para isso, toma-se a média ponderada das duas equações por π_b e π_s para obter:

$$\hat{\lambda}_t = \hat{i}_t^{avg} - E_t \pi_{t+1} + E_t \hat{\lambda}_{t+1} \quad (4.4)$$

onde $\hat{\lambda}_t = \pi_b \hat{\lambda}_t^b + \pi_s \hat{\lambda}_t^s$ é a média (em log) da utilidade marginal da renda e a taxa de juros média relevante para tomadores e poupadores pode ser expressa como:

$$\hat{i}_t^{avg} = \pi_b \hat{i}_t^b + \pi_s \hat{i}_t^d \quad (4.5)$$

A ineficiência resultante do processo de intermediação pode ser obtida subtraindo (4.3) de (4.2). Assim, se define $\hat{\Omega}_t = \hat{\lambda}_t^b - \hat{\lambda}_t^s$ e $\hat{\omega}_t$ como o *spread* entre as taxa de juros recebida pelos poupadores e paga pelos tomadores de empréstimo:

$$\hat{\Omega}_t = \hat{\omega}_t + \delta E_t \hat{\Omega}_t \quad (4.6)$$

As equações (4.4) e (4.6) são equivalentes às equações (4.2) e (4.3) originadas no problema dos consumidores. Contudo, elas destacam que a utilidade marginal da renda, assim como nos modelos tradicionais, está relacionada com a trajetória esperada da taxa de juros e

que a dispersão da utilidade marginal da renda de cada tipo de agente depende apenas do *spread* $\widehat{\omega}_t$.

Voltando as condições de primeira ordem, segue-se que todas as famílias de um determinado tipo também devem escolher o mesmo consumo em qualquer período, e, assumindo uma escolha interior para o consumo por parte das famílias de cada tipo, esses níveis de consumo devem satisfazer $\lambda_t^b = u^{b'}(c_t^b)$ e $\lambda_t^s = u^{s'}(c_t^s)$. Essas equações podem ser invertidas para que se obtenham as funções de demanda,

$$c_t^b = c^{b'}(\lambda_t^b; \xi_t), \quad c_t^s = c^{s'}(\lambda_t^s; \xi_t). \quad (4.7)$$

A condição de *market-clearing* mostra que o dispêndio agregado da economia deve ser a soma do consumo das famílias e do governo. Além disso, se incluídos os recursos utilizados pelo setor de intermediação financeira, $\Xi_t(b)$ ($\Xi_t(0) = 0, \Xi_t(b) \geq 0, \Xi_t'(b) \geq 0, \Xi_t''(b) \geq 0$ para todo $b \geq 0$), em que b são os empréstimos reais totais da instituição financeira. A forma funcional por Cúrdia e Woodford (2010) é $\Xi_t(b_t) = \tilde{\Xi}_t b_t^\eta$. E os autores realizam simulações com diferentes valores para o parâmetro η . No caso em que $\eta = 1$, obtêm-se uma tecnologia linear para os intermediários, de forma que aumentos no nível de crédito levam ao crescimento proporcional nos custos de intermediação. Já quando até $\eta > 1$, o aumento no nível de crédito leva a um aumento mais do que proporcional nos custos de intermediação. A expressão (4.5) mostra que o custo de intermediação é um dos elementos que compõem o *spread* no mercado de crédito.

Portanto, a equação de fechamento da economia pelo lado da demanda assume a seguinte forma:

$$Y_t = \int c_t(i) d_i + G_t + \Xi_t(b), \quad (4.8)$$

Substituindo (4.7) em (4.8) obtém-se a equação de equilíbrio para a demanda agregada que relaciona as utilidades marginais da renda com o crédito da economia:

$$Y_t = \pi_b c^b(\lambda_t^b; \xi_t) + \pi_s c^s(\lambda_t^s; \xi_t) + G_t + \Xi_t(b) \quad (4.9)$$

A representação em formato log-linear considera que o choque exógeno sobre as preferências é uma média ponderada na taxa de impaciência de ambos os agentes e está representado por \bar{c}_t . Além disso, na sua versão em estado estacionário as variáveis foram

definidas como $\hat{Y}_t = \log(Y_t/\bar{Y})$, $\hat{G}_t = (G_t - \bar{G})/\bar{Y}$ e $\hat{\Xi}_t = (\Xi_t - \bar{\Xi})/\bar{Y}$. Portanto, a representação da demanda agregada log-linearizada possui a forma:

$$\hat{Y}_t = s_c \bar{c}_t - \bar{\sigma}(\hat{\lambda}_t + s_\Omega \hat{\Omega}_t) + \hat{G}_t + \hat{\Xi}_t \quad (4.10)$$

O coeficiente $\bar{\sigma}$ mede a sensibilidade da decisão de consumo das famílias a variações na utilidade marginal da renda. Essa relação também pode ser interpretada como a sensibilidade do consumidor em relação à taxa de juros. Vale destacar que $\bar{\sigma}$ é uma média ponderada dos dois tipos de famílias:

$$\bar{\sigma} = \pi_b s_b \sigma_b + \pi_s s_s \sigma_s > 0, \quad (4.11)$$

onde σ_t é a elasticidade substituição intertemporal do consumo de cada agente e $s_t = \bar{c}_t/\bar{Y}$ é a participação do consumo de cada agente no consumo agregado em estado estacionário. O coeficiente s_Ω avalia o grau no qual a demanda agregada é afetada pela heterogeneidade na utilidade marginal dos consumidores. Ele depende do grau no qual a de dispêndio dos tomadores de empréstimo é mais juros-inelástica em comparação com os poupadores, ou seja quanto que a redução do endividamento agregado dos tomadores de empréstimos, por ponto percentual de aumento na taxa de juros que eles se deparam, excede o aumento na poupança pelos dos poupadores em resposta a um aumento da mesma magnitude na taxa de juros.¹

As equações (4.4) e (4.10) combinada dão forma a uma relação IS intertemporal:

$$\hat{Y}_t = E_t \hat{Y}_{t+1} - \bar{\sigma}(\hat{i}_t^{avg} - E_t \pi_{t+1}) - E_t[\Delta g_{t+1} + \Delta \hat{\Xi}_{t+1} - \bar{\sigma} s_\Omega \Delta \hat{\Omega}_{t+1}] \quad (4.12)$$

onde g_t agrega as perturbações exógenas no dispêndio das famílias e do governo e Δ indica a primeira diferença das variáveis, conforme detalhado em Woodford (2003).

Mesmo havendo duas taxas de juros na economia, a política monetária poderá ser conduzida por uma taxa apenas. Utilizando a mesma abordagem do modelo de Goodfriend e McCallum (2007), considera-se que o *spread* de equilíbrio depende da tecnologia dos intermediários. Supondo que o setor bancário atua em um mercado com competição perfeita, o *spread* em equilíbrio é dado por $\omega_t = \Xi_t'(b)$. Essa suposição tem uma implicação forte para o modelo. Não há uma explicação comportamental (microfundamentada) para o *spread* entre a taxa de juros disponíveis aos poupadores e tomadores. Isso significa que não é possível

¹ O coeficiente possui a seguinte forma: $s_\Omega = \pi_b \pi_s \frac{s_b \sigma_b - s_s \sigma_s}{\bar{\sigma}}$

avaliar os possíveis efeitos da política monetária sobre a eficiência do setor bancário.² Entretanto, será possível, considerar as consequências na atuação da política monetária na presença de *spread*.

As taxas de juros na economia devem respeitar a seguinte relação de equilíbrio:

$$\hat{i}_t^b = \hat{i}_t^d + \hat{\omega}_t, \quad (4.13)$$

em que $\hat{\omega}_t = \log [(1 + \omega_t)/(1 + \bar{\omega})]$. Além disso, há uma fonte de perturbação exógena para o *spread* no estado estacionário, que está associado ao aumento da utilização dos recursos da economia pelas instituições financeiras. Para tanto, assume-se que o *spread* de equilíbrio é dado por:

$$1 + \omega_t = \mu_t^b(b)(1 + \Xi_t'(b)), \quad (4.14)$$

onde $\mu_t^b \geq 1$ é o *markup* do setor financeiro que é tomado como exógeno e variante no tempo. Entretanto, Cúrdia e Woodford (2009) não interpretam, μ_t^b , apenas como uma forma de poder de mercado dos intermediários financeiros, mas, por exemplo, como uma forma de modelar o prêmio de risco que varia no tempo. A origem desse movimento pode ser o alto volume de crédito já concedido, que impõem mais riscos para a alavancagem das famílias ou o aumento de tomadores fraudulentos e inadimplentes na economia.

Portanto, a versão log-linear da equação de movimento do *spread* da taxa de juros (4.14) pode ser expressa como:

$$\hat{\omega}_t = \omega_b \hat{b}_t + \omega_\chi \hat{\chi}_t + \omega_\Xi \hat{\Xi}_t \quad (4.15)$$

A equação (2.1.15) mostra que o *spread* da taxa de juros em estado estacionário depende do volume de endividamento privado, dado por $\hat{b}_t = \log \left(\frac{b_t}{\bar{b}} \right)$. Os choques financeiros exógenos que afetam o *spread* são, que representa variação de prêmio de risco, *banking markups* ou aumento da inadimplência dos tomadores de empréstimo, representado por $\hat{\chi}_t = (1 + \kappa)b^\kappa(\chi_t - \bar{\chi})$. Combinando as equações (4.13) em (4.5) fica evidente como a taxa média e a taxa básica de juros se relacionam com o *spread* em equilíbrio:

$$\hat{i}_t^{avg} = \hat{i}_t^d + \pi_b \hat{\omega}_t \quad (4.16)$$

² Gertler e Karadi (2011) é um exemplo de trabalho que busca microfundamentar os intermediários financeiros.

O fechamento da parte da demanda do modelo depende de uma relação entre o endividamento e as demais variáveis. A equação (4.17) descreve o movimento da dívida real das famílias em estado estacionário como uma função do seu nível passado, dos choques exógenos no mercado financeiro que afetam o *spread* da taxa de juros, da evolução da taxa básica de juros da economia em relação à taxa de inflação, da evolução da dívida real do governo e das demais variáveis agregadas que determinam o nível de dispêndio e renda relativa de cada tipo de família:

$$\hat{b}_t = \varrho_r(\hat{i}_{t-1}^d - \pi_t) + \varrho_Y \hat{Y}_t + \varrho_\Omega \hat{\Omega}_t + \varrho_\omega \hat{\omega}_t + \varrho_b(\hat{b}_{t-1} - \hat{\omega}_{t-1}) + \varrho_\xi [\pi_b(1 - \pi_b) \hat{\pi}_t + \varrho_\sigma \hat{\sigma}_t - \varrho_g \hat{g}_t + \varrho_\Xi \hat{\Xi}_t - \varrho_b \hat{b}_t - \varrho_\delta \hat{\delta}_t + \varrho_r \hat{r}_t - \varrho_g \hat{g}_t], \quad (4.17)$$

Os parâmetros ϱ 's e B 's foram adotados para a simplificação de relações agregadas de parâmetros já descritos do modelo. A definição de cada um está no Apêndice A.

Cúrdia e Woodford (2010) demonstram que na presença de fricções financeiras a equivalência Ricardiana não se verifica neste modelo. A equação de movimento (2.1.17) tem com consequência que, na ausência de alterações nas trajetórias das demais variáveis endógenas, uma mudança na trajetória de $\{\hat{b}_t^g\}$ representará uma alteração na trajetória de $\{\hat{b}_t\}$. Em outras palavras, na ausência de elementos que elevem a trajetória da dívida privada, haverá um efeito *crowding-out* da dívida pública em relação à privada. Nesse caso, a alteração no endividamento privado terá consequências sobre a determinação da demanda agregada, seja pela mudança no *spread* e/ou pelos recursos utilizados na intermediação financeira.

Portanto, além da equação de movimento da dívida, a parte da demanda é composta da equação IS intertemporal do modelo Novo Keynesiano (4.12) e da equação (2.1.16), que relaciona a taxa de juros média com a taxa de juros básica da economia. Completa esse bloco a equação (4.6), que relaciona a demanda agregada e as equações que expressam a relação entre a utilidade marginal da renda de cada família e a taxa de retorno real esperada da decisão entre poupança e consumo.

A parte da oferta agregada é similar aos modelos tradicionais [Gertler (1999), Woodford (2003), Benigno e Woodford (2005)], em que a relação entre o produto, inflação e expectativas são representadas numa curva de Phillips Novo Keynesiana.

$$\pi_t = \beta E_t \pi_{t+1} + \kappa(\hat{Y}_t - \hat{Y}_t^n) + \xi u_t - \xi \bar{\sigma}^{-1} \hat{\Xi}_t + \xi (s_\Omega + \pi_b - \gamma_b) \hat{\Omega}_t \quad (4.18)$$

com inclinação dada por $\kappa = \xi(\omega_y + \bar{\sigma}^{-1}) > 0$, onde $\xi = \frac{1-\alpha}{\alpha} \frac{1-\alpha\beta}{1+\omega_y\theta}$. O parâmetro $0 < \alpha < 1$ é a fração dos preços que ficam inalterados do período atual para o próximo, θ representa a elasticidade substituição consumo entre os diferentes tipos de bens e ω_y é o *mark-up* desejado para os salários.

Os três primeiros elementos de (4.18) são equivalentes aos obtidos num modelo DSGE tradicional. No caso do modelo com fricções financeiras há o acréscimo de dois *cost-push* choques decorrentes da parte financeira do modelo, cujos efeitos imediatos são a elevação na taxa de inflação.

O termo para a taxa de crescimento do produto natural, \hat{Y}_t^n , agrega, através de uma combinação linear, as perturbações exógenas \bar{c}_t , \hat{G}_t e z_t . Esses choques correspondem às fontes de variação no nível de produto com preços flexíveis, que na ausência de fricções financeiras corresponde às variações no nível de eficiência da produção. Complementarmente, o termo u_t agrega as variáveis exógenas que podem representar pressões sobre os custos, ou seja são fontes de variação no produto de equilíbrio que não correspondem a qualquer mudança no nível de produção eficiente.

O banco central pode seguir uma Regra de Taylor tradicional para \hat{i}_t^d , na forma de (4.19) em que a equação (4.16) relaciona a taxa da política monetária com a taxa média da economia:

$$\hat{i}_t^d = \phi_m \hat{i}_{t-1}^d + (1 - \phi_m)(\phi_\pi \pi_t + \phi_y \hat{Y}_t) + \epsilon_t^m \quad (4.19)$$

Cúrdia e Woodford (2010) mostram que a determinação da inflação e do produto ocorre da mesma forma do que no modelo tradicional, independentemente do grau das fricções financeiras ou da sua variabilidade. Além disso, a modelagem de Goodfriend e McCallum (2007) para o *spread*, se torna possível que mesmo com duas taxas de juros com papel distinto, a política monetária será conduzida através da taxa livre de risco (taxa dos depósitos das famílias), i_t^d .

O modelo apresentado mantém as mesmas relações que um modelo DSGE tradicional. Porém, existem duas principais diferenças. A primeira deles estabelece a existência de duas taxas de juros que afetam a demanda agregada (ambas impactam com o mesmo sinal) através das diferentes decisões de consumo de cada tipo de agente. A segunda diferença em relação ao modelo tradicional estabelece que os recursos utilizados pelos intermediários financeiros também impactam na demanda agregada.

No caso dos bancos não utilizarem nenhum recurso, ($\Xi_t(b) = 0$), a dinâmica do modelo será semelhante à de um modelo tradicional sem fricções financeiras. Da mesma forma, o modelo tradicional de Woodford (2003) pode ser entendidos como um caso especial deste modelo com fricções financeiras para quando $u^b(c, \xi) = u^s(c, \xi)$ e $\Xi_t(0)$. Nesse caso, $i_t^b = i_t^d$ vale para todo o t e o que implica que $\lambda_t^b = \lambda_t^s$. Por consequência o spread será nulo, ou seja, $\omega_t(b) = 0$. Assim, será possível estimar o modelo para a economia brasileira com e sem fricções financeiras.

Em resumo, o modelo completo possui sete equações principais: a) medida da ineficiência da intermediação financeira (4.6), b) curva IS com fricções financeiras (4.12), c) equação do spread de crédito (4.15), d) média das taxas de juros que são relevantes para os poupadores e investidores (4.16), e) equação da dinâmica do endividamento privado (4.17), f) curva de Phillips com fricções financeiras (4.18), e g) regra de política monetária (4.19).

As perturbações exógenas são compostas por seis variáveis independentes e identicamente distribuídas (*i. i. d.*). São elas: choque nos gastos do governo (ϵ_t^g), choque na curva de Phillips (ϵ_t^u), choque financeiros exógenos (ϵ_t^χ), choque na função de produção dos intermediários (ϵ_t^Ξ), choque no produto natural (tecnológico) (ϵ_t^z), choque de juros na regra de política monetária (ϵ_t^m).

Os termos que representam choques exógenos no dispêndio são agregados na variável g_t e perfil de consumo das famílias deve obedecer o comportamento do consumo agregado, para tanto o dispêndio total é uma combinação linear dos dois tipos de consumidores:

$$s_c \bar{c}_t = \pi_b s_b + (1 - \pi_b) s_s \quad (4.21)$$

$$g_t = \epsilon_t^g + s_c \bar{c}_t \quad (4.22)$$

Pelo lado da oferta os choques que afetam o produto natural foram agregados na forma:

$$\hat{Y}_t^n = (\omega_y + \bar{\sigma}^{-1})^{-1} [\bar{\sigma}^{-1} g_t + (1 + \omega_y) z_t] \quad (4.23)$$

Os demais choques se desenvolvem no tempo como um processo AR(1):

$$u_t = \rho_u u_t + \epsilon_t^u \quad (4.24)$$

$$z_t = \rho_z z_{t-1} + \epsilon_t^z \quad (4.25)$$

$$b_t^g = \rho_g b_{t-1}^g + \epsilon_t^g \quad (4.26)$$

$$\tilde{\Xi}_t = \rho_\Xi \tilde{\Xi}_{t-1} + \epsilon_t^\Xi \quad (4.27)$$

$$\chi_t = \rho_\chi \chi_{t-1} + \epsilon_t^\chi \quad (4.28)$$

As relações estruturais do modelo foram apresentadas nesta seção, já estavam na sua forma log-linearizadas em torno dos valores de estado estacionário. A solução desse conjunto de equações lineares resulta na aproximação linear das variáveis endógenas em função dos diversos choques exógenos, para quando esses distúrbios são pequenos o suficiente.

4.2 Dados e estimação

O estudo econométrico para a economia brasileira abrange o período do terceiro trimestre de 2000 até o terceiro trimestre de 2014. Esse período é posterior a adoção do sistema de metas de inflação e da flutuação cambial, o que torna as estimações mais confiáveis, uma vez que não houve ruptura institucional nos mecanismos de condução da política macroeconômica.

A base de dados para a estimação do modelo contém sete séries econômicas. As observações para o PIB (Y_t), Despesa consumo das famílias (c_t), Saldo das operações de crédito para as famílias (b_t) e Dívida bruta do governo geral (b_t^g) foram dessazonalizadas e tratadas como o (log)diferença em relação à sua tendência de longo prazo, calculada através do filtro HP ($\lambda = 1600$).

A série escolhida para a taxa de inflação (π_t) foi Índice de Preços ao Consumidor Amplo mensal. Os dados foram dessazonalizados pelo método X-12 ARIMA, transformados para a periodicidade trimestral e diferenciados em relação à média do período. As séries para a taxa de juros referência para a política monetária – Taxa Selic over (i_t^d), bem como o Spread médio das operações de crédito para pessoas físicas (ω_t) foram diferenciadas em relação à sua tendência de longo prazo.³

As equações que compõem as relações de equilíbrio do modelo foram apresentadas na seção anterior já na forma log-linearizada em torno do valor de estado estacionário. Sem qualquer perda de generalidade, $\bar{Y} = 1$ e $\psi = 1$ foram calibrados para que a inflação no estado estacionário seja zero. Os demais valores das variáveis em estado estacionário e parâmetros calibrados estão relacionados no Quadro 4.1. Os parâmetros calibrados, juntamente com aqueles que a serem estimados, são suficientes para obter o equilíbrio do

³ A série do saldo das operações de crédito para famílias sofreu alteração metodológica pelo Banco Central do Brasil a partir de 2011. A diferença entre as séries novas e antigas ocorre em seu nível, mas mantém um coeficiente de correlação de 0.997 no período de 70 meses em que as duas séries coexistem. Assim, visto que o modelo tem o *steady state* centrado em zero, o nível da série não é uma informação essencial para todo o período. Dessa forma, a série para o período completo a partir das variações das duas séries de dados.

modelo através das equações do modelo, apresentadas acima, e das relações entre os parâmetros contidos no Apêndice A.

Quadro 4.1 – Valores no estado estacionário

Par	Val	Descrição	Fonte
b_Y	1.3	Endividamento total da economia como percentual do PIB	Banco Central do Brasil
α	0.74	Preços inalterados para o próximo período	Castro et al. (2011)
ν	0.49	Elasticidade substituição do trabalho	Castro et al. (2011)
$\bar{\mu}_\omega$	0.25	Percentual dos trabalhadores que remarcam salários a cada período	Castro et al. (2011)
$\bar{\tau}$	0.35	Participação dos impostos no PIB em estado estacionário	Carga tributária total – Secretaria da Receita Federal
$\bar{\omega}$	0.301	Taxa média do spread (ao ano) para os empréstimos totais para pessoas físicas em estado estacionário	Banco Central do Brasil
θ	11	Elasticidade substituição entre os bens de consumo	Castro et al. (2011)

Fonte: Elaborado pelo Autor

Os parâmetros fundamentais do modelo foram estimados por métodos bayesianos. Nesta metodologia são escolhidas distribuições *a priori* para os parâmetros os quais são utilizados para a determinação da função verossimilhança.

A construção das distribuições a posteriori dos parâmetros foi realizada utilizando o algoritmo de Metropolis–Hastings, que utiliza o método de MCMC para a construção das distribuições posteriori. Para que a convergência fosse atingida, segundo o teste de diagnóstico proposto por Brooks e Gelman (1998), foram realizadas 1 milhão de simulações em 4 cadeias de Markov.⁴ Os trabalhos de An e Schorfheide (2006) e DeJong e Dave (2011) realizam uma abordagem detalhada da metodologia de estimação bayesiana para modelos DSGE.

O principal desafio na estimação do modelo foi identificar os parâmetros de participação do consumo na renda dos dois tipos de famílias (s_b e s_s), bem como as suas elasticidade substituição intertemporal no consumo (σ_b e σ_s). A estimação de todos os parâmetros do modelo resultou em colinearidade entre esses parâmetros, conforme o teste de Iskrev (2010). Esse problema pode ser verificado através da equação (4.21), em que se verifica que o consumo agregado é uma combinação linear dos parâmetros para os tipos de famílias.

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

Desse modo, optou-se por estimar a elasticidade agregada, tendo em vista que os valores da literatura servem de referência para a definição das médias das distribuições *a priori*, e a estimativa do parâmetro para as famílias tomadoras de crédito. Os valores dos parâmetros para as famílias poupadoras foram obtidos a partir desses dois e das variáveis de *spread* em estado estacionário.

A estimação do inverso da elasticidade substituição agregada possui resultados bem reportados na literatura, como em Castro et al. (2011) e Vasconcelos e Divino (2012), que obtiveram estimativas entre 1.1 e 1.3. Assim, foi escolhido valores iniciais para a elasticidade substituição de cada família ($\sigma_b = 2.80$ e $\sigma_s = 1.30$) que proporciona uma elasticidade substituição agregada de 1.30.

Para os parâmetros referente ao perfil e comportamento das famílias utilizou-se como média da distribuição *a priori* os valores do trabalho de Cúrdia e Woodford (2009), devido à falta de informação para a economia brasileira que se adequa à proposta desse modelo. Portanto, considerou-se que participação igual de cada tipo de família ($\pi_b = 0.5$) estabelecido em 0.5. Quanto a proporção de consumo de cada tipo de família no PIB ($s_b = 0.72$ e $s_s = 0.50$), os valores iniciais foram configurados para que se obtenha uma relação Consumo/PIB de 0.61, valor observado nos dados para a economia brasileira na média do período entre o segundo trimestre de 2000 até o segundo trimestre de 2014.

A escolha das distribuições *a priori* tem papel fundamental para o desempenho da estimação. A distribuição Beta foi utilizada com *a priori* para os parâmetros que assumem valores no intervalo $[0,1]$, para aqueles parâmetros que com valores estritamente positivos foi escolhida a distribuição Gamma e para a estimativa dos desvios padrões dos choques aleatórios utilizou-se a distribuição Gamma Inversa com variância infinita. O modelo segue a linha básica de Woodford (2003) com origens no conceito de economia wickselliana e utiliza o conceito de taxa de juros natural. Note que se $\bar{\omega} = 0$, então a taxa de juros em estado estacionário corresponde a $1 + \bar{r}^d = \beta^{-1}$. Portanto, utilizou-se as relações de estado estacionário para calibrar β , dados os valores assumidos para δ , π_b , $\bar{\omega}$ e \bar{r}^d , no modelo com fricções financeiras.

Tabela 4.1 – Distribuição a priori e posteriori dos parâmetros

Parâmetro	Densidade	Priori		Posteriori		Suporte
		Média	D. P.	Média	Conf. 90%	
π_b	Gamma	0.50	0.10	0.47	[0.3965;0.5412]	\mathfrak{R}^+
s_b	Beta	0.78	0.10	0.782	[0.7311;0.8269]	[0,1]
σ_b	Beta	2.80	0.50	2.71	[1.9336;3.4349]	[0,1]
$\bar{\sigma}$	Beta	1.30	0.10	1.18	[1.0499;1.3053]	[0,1]
δ	Beta	0.975	0.10	0.974	[0.9660;0.9813]	[0,1]
η	Gamma	5.00	1.00	3.72	[2.7469;4.6571]	\mathfrak{R}^+
ϕ_π	Gamma	2.43	0.10	2.18	[2.0398;2.3285]	\mathfrak{R}^+
ϕ_y	Gamma	0.16	0.10	0.65	[0.5867;0.7046]	\mathfrak{R}^+
ϕ_m	Beta	0.79	0.10	0.80	[0.7844;0.8174]	[0,1]
ρ_z	Beta	0.50	0.10	0.61	[0.4845;0.7434]	[0,1]
ρ_ε	Beta	0.50	0.10	0.90	[0.8654;0.9500]	[0,1]
ρ_{b^g}	Beta	0.50	0.10	0.62	[0.5054;0.7339]	[0,1]
ρ_u	Beta	0.50	0.10	0.52	[0.3549;0.6782]	[0,1]
ϵ_t^u	Inv. Gamma	0.01	Inf.	0.0047	[0.0011;0.0087]	[0,1]
ϵ_t^z	Inv. Gamma	0.01	Inf.	0.9829	[0.6645;1.2924]	[0,1]
ϵ_t^m	Inv. Gamma	0.01	Inf.	0.0165	[0.0135;0.0194]	\mathfrak{R}^+
ϵ_t^b	Inv.		Inf.	0.0568		\mathfrak{R}^+
	Gamma.	0.01			[0.0463;0.0671]	
ϵ_t^g	Inv. Gamma	0.01	Inf.	0.0388	[0.0321;0.0452]	\mathfrak{R}^+
ϵ_t^χ	Inv. Gamma	0.01	Inf.	0.0215	[0.0181;0.0248]	\mathfrak{R}^+
$\epsilon_t^{b^g}$	Inv. Gamma	0.01	Inf.	0.0019	[0.0013;0.0024]	\mathfrak{R}^+
ϵ_t^ε	Inv. Gamma	0.01	Inf.	0.0047	[0.0011;0.0087]	\mathfrak{R}^+

Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação à identificação do modelo, os testes apontaram colinearidade entre os parâmetros σ_b e s_b resultando em indeterminação da solução do modelo para 3.2% do suporte das distribuições *a priori*. Esse resultado não impossibilitou o diagnóstico de identificação de Iskrev (2010) que sugeriu a relevância desses parâmetros para o modelo.

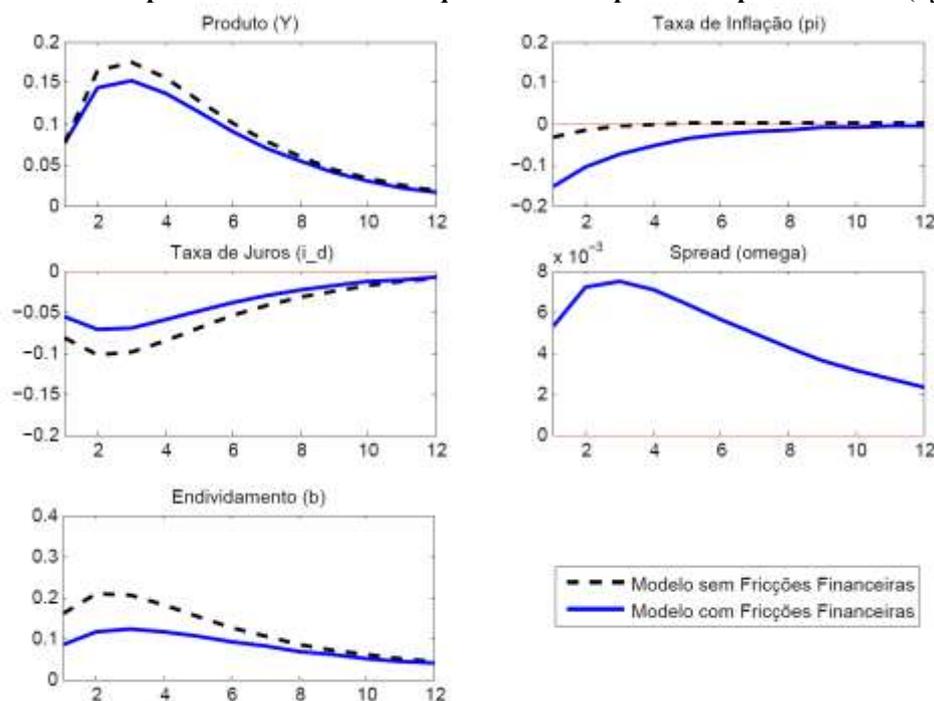
No geral as estimações conseguiram apontar comportamento (parâmetros) distintos entre os agentes da economia. Tomando os resultados das estimações para s_b , σ_b e π_b e considerando uma participação da despesa de consumo agregado das famílias no PIB de 62%, é possível obter os parâmetros para as famílias poupadoras, $s_b = 0.48$ e $\sigma_s = 1.21$.

Na curva de Phillips, a resposta da inflação corrente às mudanças no hiato do produto é de $\kappa = 0.038$, que é um valor próximo ao encontrado na literatura aplicada à economia brasileira. O parâmetro para a probabilidade média que o agente permanece com um mesmo perfil ($\delta = 0.974$), indica que consumidor altera o seu perfil a cada 10 anos, ou seja o agente permanece como tomador de crédito por 10 anos em média.

4.3 Análises e Simulações

Para analisar como a inclusão do *spread* entre as taxas de juros altera o comportamento do modelo tradicional sem fricções financeiras foram realizados diferentes tipos de choques exógenos. As variáveis de resposta foram o produto (Y_t), a taxa de inflação (π_t), a taxa de juros que os emprestadores recebem ao poupar (i_t^d), o *spread* entre as taxas de juros (ω_t) e o volume de crédito na economia (b_t). Em todas as simulações desta e das próximas partes do trabalho os choques tiveram um fator de persistência de acordo com o resultado da estimação do modelo com fricções financeiras. A trajetória das variáveis é apresentada em termos de desvio percentual em relação ao valor de estado estacionário.

Figura 4.1 – Resposta dos modelos ao choque de 1 desvio padrão na produtividade (ϵ_t^z)



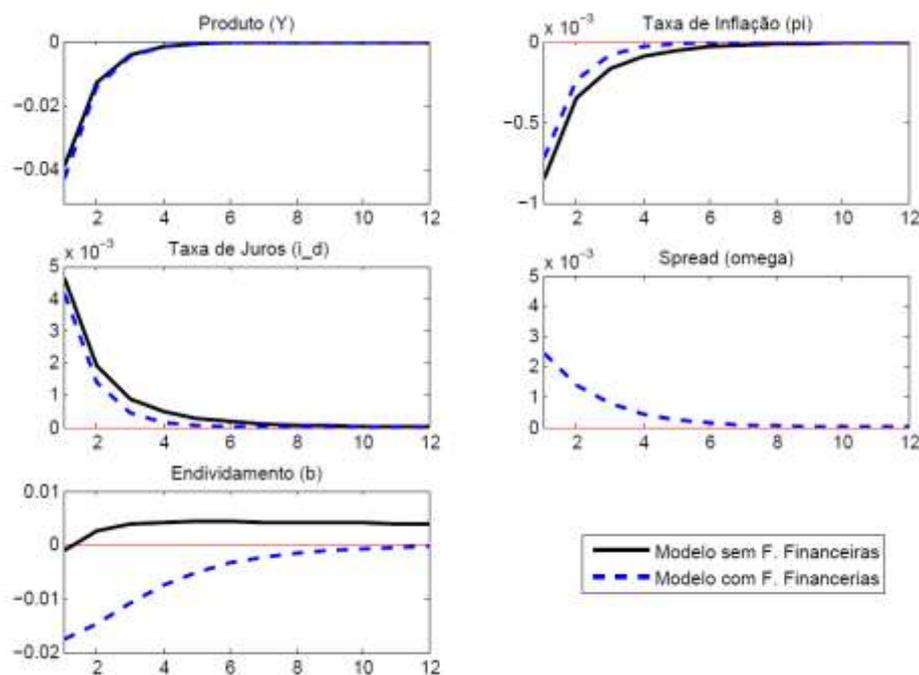
Fonte: Elaborado pelo autor

Em cada uma das simulações, o modelo com fricções financeiras estimado é contrastado com a versão sem fricções. O modelo sem fricções se assemelha ao de Woodford (2003), pois não há *spread* entre as taxas de juros ($\omega_t(b) = 0$), nem os custos de transação decorrentes da intermediação financeira ($\Xi_t(b) = 0$). Porém, foi mantida a heterogeneidade das preferências dos consumidores e a equação para o crédito agregado. Destaca-se que em ambos os casos a política monetária é conduzida com uma regra de política monetária com parâmetros idênticos.

A Figura 4.1 mostra a resposta dos modelos a um choque de 1% na produtividade da economia. O choque produz nos dois modelos o resultado esperado pela literatura, qual seja, o aumento no produto e a redução na taxa de juros e na taxa de inflação. No modelo com fricções financeiras, o *spread* aumenta, o que resulta em efeitos contracionistas sobre a demanda agregada por meio da menor expansão no crédito agregado. Neste caso, o produto cresce menos e a inflação desacelera mais do que no modelo sem fricções financeiras.

A Figura 4.2 apresenta a resposta de um choque contracionista de 1 ponto percentual na taxa de juros. O principal efeito decorrente da variação endógena do *spread* no modelo com fricções financeiras ocorre nas respostas ao choque na taxa de juros. O crédito na economia é contraído em resposta ao aumento na taxa de juros, pois o *spread* entre a taxa dos tomadores e a taxa de juros base da economia aumenta. Como consequência do aumento no *spread* há um efeito contracionista na demanda agregada e desinflação é maior em resposta ao aumento na taxa de juros da política monetária do que no modelo sem fricções financeiras.

Figura 4.2 – Resposta dos modelos ao choque de 1 ponto percentual na taxa de juros do Banco Central (ϵ_t^m)

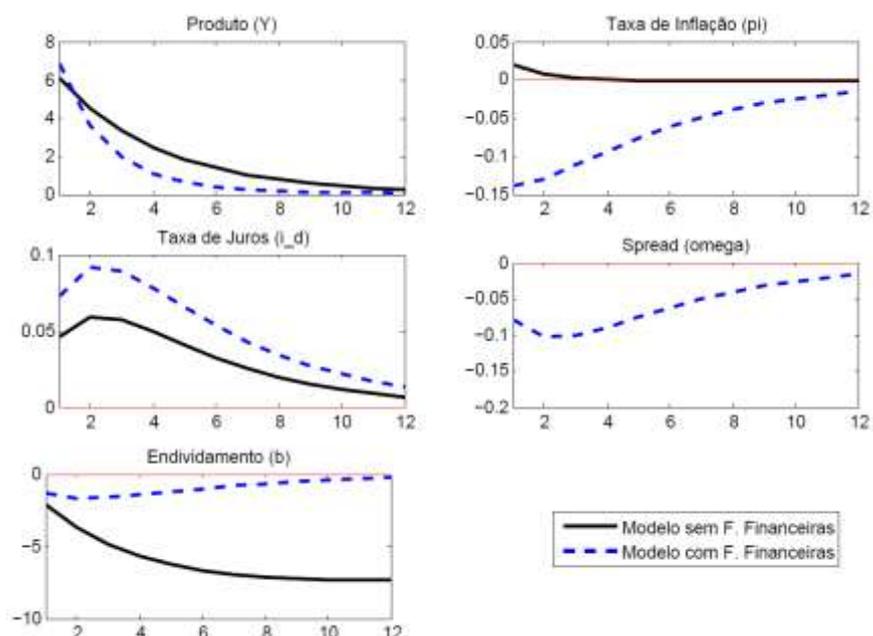


Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 4.3 mostra o comportamento de equilíbrio dos modelos em resposta a um choque nos dispêndios do governo. Vale destacar que um choque na demanda por consumo das famílias poupadoras (não mostrado) teria um efeito bastante semelhante. Esses choques se assemelham porque proporcionam um efeito deslocamento (*crowding out*) na despesa das

famílias tomadoras de recursos (tipo *b*), aqueles que tem seu consumo mais sensível à taxa de juros, o que reduz o volume de crédito de equilíbrio e o *spread*. O menor endividamento e a redução do *spread* têm efeitos sobre a taxa de juros básica da economia, resultando numa menor expansão da demanda agregada. Por conta desse efeito, há uma desinflação na economia, ao contrário do que ocorre no modelo sem fricções financeiras e o que está mais de acordo com a literatura.

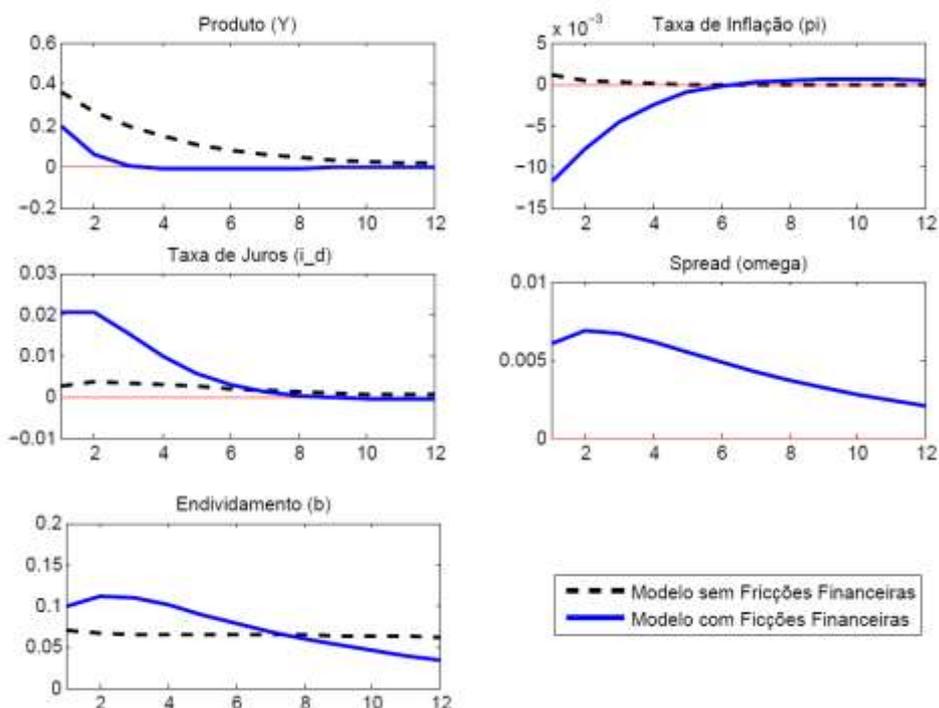
Figura 4.3 – Resposta dos modelos ao choque de choque de 1 dp no gasto público (ϵ_t^g)



Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, é analisado o comportamento dos modelos em resposta a um aumento de 1 desvio padrão no consumo dos agentes tomadores de crédito (tipo *b*). Neste caso, observa-se que o crédito privado aumenta por conta da maior elasticidade-juros da demanda dos tomadores. Isso implica um pequeno aumento no spread, fazendo com que o choque seja menos expansivo do que aquele que seria verificado no caso de um choque no consumo dos poupadores ou mesmo no consumo do governo, conforme mostrado anteriormente. Os efeitos agregados das fricções financeiras são ainda menores no caso de um aumento uniforme na procura do consumo de ambos os tipos de famílias, uma vez que, neste caso, os efeitos dos dois tipos de despesas no crédito equilíbrio seriam parcialmente compensados entre si.

Figura 4.4 – Respostas dos modelos ao choque de choque de 1 desvio padrão no consumo dos agentes do tipo b



Fonte: Elaborado pelo autor

As simulações mostraram que a inclusão de fricções financeiras não altera o comportamento esperado do modelo Novo Keynesiano diante dos choques tradicionais de política monetária, produtividade e demanda agregada. Porém, da mesma forma como o verificado no trabalho de Vega Filho (2009), a resposta da taxa de inflação a um choque nos gastos do governo foi diferente do esperado. O movimento aguardado para os preços, no caso de um aumento no dispêndio público, é o aumento na taxa de inflação. A desinflação observada decorre do menor endividamento em decorrência da queda no consumo das famílias tomadoras de crédito.

Quanto aos demais choques a resposta das variáveis foi semelhante ao apresentado por Vega Filho (2009). Contudo, a magnitude e persistência dos choques foram bastante distintas, visto que o modelo estimado capturou a maior volatilidade dos dados da economia brasileira, elemento que não foi possível no trabalho de Vega Filho (2009) ao utilizar parâmetros do modelo calibrado por Cúrdia e Woodford (2009) para a economia dos EUA.

A inclusão de fricções financeiras torna possível a realização de choques exógenos na intermediação financeira, que é representada por variações na função de custo de crédito, $\Xi_t(b)$, e no mark-up da intermediação, χ_t . Na construção do modelo de Cúrdia e Woodford (2010) esses choques são relevantes na determinação da produção agregada, inflação e taxa de juros que implicam na variação do *spread* na economia. Nas próximas seções será analisado o

comportamento do modelo diante dessas perturbações sobre diferentes configurações da política monetária.

4.3.2 Regras monetárias ótimas para o Banco Central considerando o spread para a taxa de juros

Esta parte tem o objetivo de formular uma regra ótima de política monetária, que é obtida através da minimização intertemporal de uma função perda linear quadrática, sujeita às equações dadas pela estrutura da economia que contempla a existência de *spread* das taxas de juros. Tendo em vista a inclusão de fricções financeiras, a função perda do banco central deverá levar em conta essa característica.

Para a construção da regra ótima se supõe que o objetivo dos formuladores de política monetária é maximizar a utilidade esperada ex ante das famílias. Como mostrado em Rotemberg e Woodford (1997) e Benigno e Woodford (2007) é possível, sob certas hipóteses, obter uma aproximação linear da política ótima, no caso de pequenas flutuações em torno do estado estacionário ótimo de longo prazo utilizando o método de aproximação linear quadrática. A minimização da função perda linear quadrática é o equivalente a maximizar a função de bem estar sujeitas às restrições do modelo. Essa regra de política monetária poderá ser considerada uma aproximação linear da regra ótima.

Em termos estatísticos, o problema de minimização linear quadrática consiste na escolha de um subconjunto dos parâmetros que minimiza a (co)variância de um subconjunto específico de variáveis endógenas sujeito à uma lei de movimento linear decorrente das condições de primeira ordem do modelo.

Cúrdia e Woodford (2009) deriva a função de perda para o problema apresentado neste trabalho. O processo para obter a função de perda consiste na aproximação de Taylor da função de utilidade em torno dos seus valores no estado estacionário com inflação zero e descartando os termos de ordem maior. Assim, chega-se na seguinte especificação para a função perda do modelo de com *spread*:

$$L_t = \pi_t^2 + \lambda_y (Y_t^2 + \hat{Y}_t^n)^2 + \lambda_\Omega \hat{\Omega}_t + \lambda_\Xi \Xi_{bt} \hat{b}_t \quad (4.29)$$

os fatores de ponderação $\lambda_y, \lambda_\Omega, \lambda_\Xi > 0$ são definidos a partir dos demais parâmetros do modelo e estão descritos no Apêndice B. A maximização da utilidade média esperada é

equivalente a minimização do valor esperado descontado da função de perda (2.2.29). Um dos pontos positivos dessa abordagem é que como a função é puramente quadrática, ela pode ser avaliada usando apenas a aproximação log-linear das variáveis endógenas em equilíbrio para uma dada política.

Vale destacar que os dois primeiros termos de (4.29) são semelhantes aos obtidos no modelo Novo Keynesiano tradicional sem fricções financeiras. Se ao invés de permitir que o *spread* entre as taxas de juros varie no tempo, se considere que não há variações endógenas nessas fricções, ou seja, se $\{\omega_t, \Xi_t\}$ forem processos exógenos, independentes do endividamento das famílias obtém-se uma caracterização da função perda, similar ao do modelo sem fricções financeiras. Nesse caso, o último termo da expressão (2.2.29) será zero e o penúltimo termo será independente da função de política adotada, uma vez que a aproximação log-linear de (2.1.6) implica que se $\{\omega_t\}$ é um processo exógeno, $\{\Omega_t\}$ também será. Portanto, é possível escrever a função perda do Banco Central da forma tradicional do modelo Novo Keynesiano:

$$L_t = \pi_t^2 + \lambda_y (Y_t^2 + \hat{Y}_t^n)^2 \quad (4.30)$$

Porém, mesmo considerando os choques sobre o setor financeiro como exógenos e zero em estado estacionário, o Banco Central ao implementar a política ótima ainda deverá monitorar o tamanho das variações do *spread* de crédito para o cumprimento das suas metas. É perceptível que o tamanho do *spread* importará para a política monetária por duas razões. As trajetórias da taxa de inflação e do hiato do produto consistentes a função perda depende da evolução do *spread* porque essa variável influencia a oferta agregada da economia, como mostra a especificação da curva de Phillips. Da mesma forma, o *spread* de crédito por causa de seus efeitos sobre a curva IS por conta da relação entre a taxa de juros da política monetária e taxa média de juros.

Para realizar a estimação da regra ótima é preciso definir as preferências da autoridade monetária para a taxa de inflação, a taxa de juros nominal e o produto. Nesse trabalho optou-se por calibrar a matriz de ponderações para a minimização da função de perda (4.29) através da regra de política monetária (4.19) com base no trabalho de Aragon e Portugal (2009). Dessa forma, para da estabilização da inflação foi dado um peso de 0.727, já o peso da estabilização do produto 0.073 e o peso da estabilização da taxa de juros nominal 0.2.

O resultado da minimização da função perda do banco central, com o modelo calibrado com os parâmetros estimados, obteve os seguintes parâmetros para a regra de política monetária ótima: $\phi_{\pi} = 2.42$, $\phi_y = 0.48$ e $\phi_m = 0.75$. Em comparação com os parâmetros estimados, a regra ótima preconiza uma maior agressividade no combate dos desvios da taxa de inflação em relação ao estado estacionário do que o obtivo através da estimação da seção anterior. Em relação aos resultados de Castro et al. (2011), observa-se estimativas próximas para os parâmetros relacionados à taxa de inflação e à suavização dos movimentos na taxa de juros nominal. Em compensação, a regra ótima sugere um comportamento mais agressivo no combate aos desvios do produto.

Uma das principais utilidades de derivar uma regra ótima é avaliar em qual grau regras de política monetária alternativas podem atingir resultados semelhantes. Para isso, nos exercícios de simulação das próximas a regra ótima não será confrontada apenas com regra de política tradicional estimada, mas também com uma Regra de Taylor ajustada ao *spread*, como será mostrado a seguir.

4.3.1 Regra de Política Monetária Respondendo aos Movimentos no Spread

No contexto da economia dos EUA para o período logo após a crise financeira internacional, McCulley e Toloui (2008) e Taylor (2008) propuseram que se o banco central ajustasse a meta da taxa dos *fed funds* em resposta às mudanças nos *spreads* das taxas de crédito seria um avanço em relação à especificação clássica da regra de Taylor (1993), principalmente quando a origem dos choques exógenos que afetam a economia tem como origem o setor financeiro. Assim, uma nova forma funcional para a regra de política monetária que levasse em consideração o *spread* e, assim reduzisse os desvios da taxa de juros básica da economia em relação à taxa pela qual os tomadores de crédito se financiam, poderia resultar em resultados melhores para a estabilização da economia.

A comparação entre a Regra de Taylor estimada anteriormente e a regra ótima para a política monetária revelam que no caso de alguns tipos de choques exógenos a condução da política monetária com os parâmetros estimados difere daquela preconizada pela regra ótima. Nesse sentido, testamos a hipótese de Cúrdia e Woodford (2010), McCulley e Toloui (2008) e Taylor (2008) de que se o banco central optar por uma regra de política monetária que leve em conta os movimentos no *spread* pode significar um avanço em relação à regra de política estimada para as perturbações exógenas que tem como origem o mercado financeiro.

Partindo da formulação geral da regra de política monetária, Cúrdia e Woodford (2010) propõem a seguinte forma para uma regra de política monetária ajusta pelo *spread*:

$$\hat{i}_t^d = \phi_m \hat{i}_{t-1}^d + (1 - \phi_m) (\phi_\pi \pi_t + \phi_y (\hat{Y}_t - Y^n) - \phi_\omega \hat{\omega}_t) \quad (4.31)$$

Na ausência de variações nos elementos que afetam especificamente o *spread* (Ξ_t, χ_t), a política acima será consistente com um equilíbrio no qual o hiato do produto e a taxa de inflação são completamente estabilizado e iguais a zero em todos os períodos. Esse resultado decorre da própria formulação da equação IS intertemporal e da relação de oferta agregada que são exatamente as mesmas do modelo Novo Keynesiano tradicional de Woodford (2003) apenas com a adição de termos que são função da evolução esperada do *spread* de crédito.

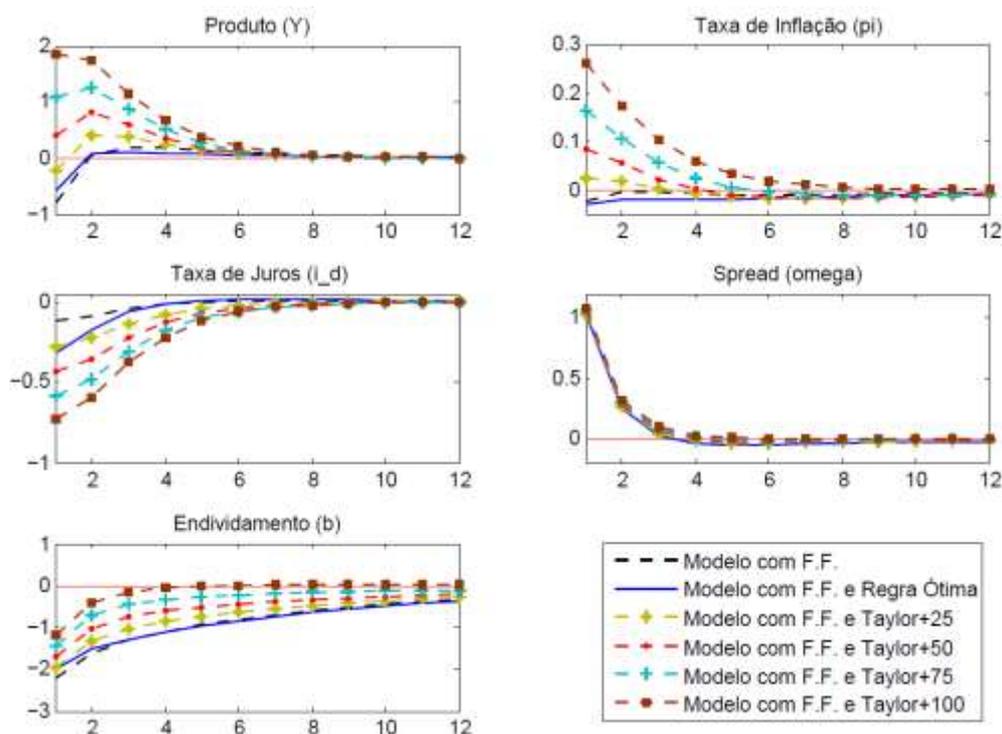
O coeficiente $0 < \phi_\omega < 1$ vai determinar o quanto da taxa de juros básica da economia vai ser influenciada pela variação no *spread*. As regras em que $\phi_\omega > 0$, significam que, tudo mais constante, a taxa básica da economia deve ser reduzida quando o *spread* aumenta. Quando $\phi_\omega = 1$, a regra será equivalente a ter uma Regra de Taylor convencional para a taxa de juros dos empréstimos, em vez da taxa de juros básica que é tradicionalmente instrumentada pelo Banco Central. No outro extremo, quando $\phi_\omega = 0$, corresponde à regra de política monetária tradicional sem considerar o *spread*.

Primeiramente, será considerado as perturbações originadas no sistema financeiro, sob diferentes valores para o parâmetro ϕ_ω . Os modelos com políticas alternativas serão comparados com os modelos com a regra de política monetária ótima e a regra de política monetária estimada. Será analisada duas fontes de perturbação para a função do *spread* (4.15), que podem ser via um choque na taxa de perda (χ_t), que é um choque puramente exógeno, ou na função de custo dos intermediários financeiros ($\Xi_t(b_t)$), em também sofrerá influência da variação no crédito agregado.

A Figura 4.5 mostra a resposta das variáveis do modelo a um aumento em χ_t de tal forma que o *spread* aumente em 1 p.p. a partir de uma situação de equilíbrio. No modelo básico com a regra de política monetária estimada (Modelo com F.F.) a perturbação leva não somente ao aumento no *spread* e contração no crédito agregado, como também a queda na atividade e na taxa de inflação. Porém, essa contração no produto é ineficiente, visto que na comparação com o modelo em que o banco central tem o compromisso com uma regra ótima (Modelo com F.F. e Regra Ótima) a recessão é menos intensa. Da mesma forma, a queda na taxa de inflação é menor no modelo com a regra ótima.

A simulação também mostra que o ajuste da política monetária ao *spread* pode remediar os inconvenientes do modelo com a Regra de Taylor estimada para esse tipo de choque, na medida em que a estabilização do produto e da inflação convergem ao equilíbrio numa velocidade maior. A contração do crédito agregado é menor sob qualquer das configurações propostas para ϕ_ω . Assim, a despesa agregada cai menos quando ϕ_ω é positivo e as despesas de consumo dos tomadores de crédito já não retraem tanto, tendo em vista que a taxa de juros dos empréstimos tem seu crescimento reduzido em resposta ao crescimento no *spread*. E, nesse caso, o crédito agregado retrai menos, bem como o rendimento do trabalho também é menos afetado em resposta ao choque, pois o produto responde mais rapidamente de maneira positiva. Em resumo, os efeitos de ampliação e persistência do ciclo econômico decorrente do aumento no *spread* no modelo com fricções financeiras é mitigado com a nova regra de política monetária que leva em conta a variação no *spread*, uma vez que impede que a queda no crédito agregado realmente uma queda no produto.

Figura 4.5 – Impulso e resposta em um choque em ϵ_t^χ , que aumenta o *spread*, $\omega(b)$, em 1 ponto percentual sob diferentes regras de política monetária



Fonte: Elaborado pelo autor

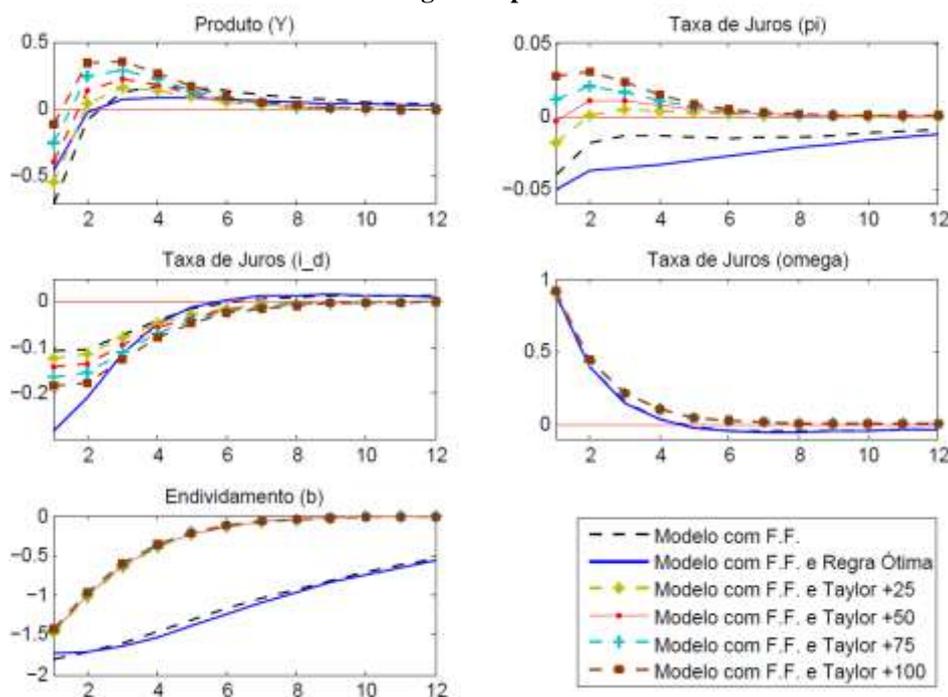
No caso de um choque na função de custo dos intermediários (ϵ_t^Ξ) que aumenta em 1 p.p. no *spread*, podemos ver, assim como na simulação anterior, que a regra de Taylor com

spread pode obter sucesso para a estabilização da economia na comparação com as demais (Figura 4.6). Quando o banco central opera uma regra de política monetária tradicional, tanto ótima quanto com os parâmetros estimados, há um período mais longo de deflação e recessão determinado pela queda nas concessões de crédito.

Tanto o modelo com a regra de política monetária tradicional, quanto aquele com regra ótima, não conseguiram evitar a queda acentuada no crédito na economia em decorrência do aumento no *spread*. O afrouxamento na taxa de juros básica da economia não é suficiente para equilibrar a inflação e o produto, pois não consegue ajustar de maneira suficiente a taxa de juros dos empréstimos. Nesse caso, as regras de política monetária estimada, mais expansionista, e a regra ótima, mais contracionista, parecem menos eficazes para estabilizar a economia.

Por outro lado, a regra de política monetária com o componente para ajustar o aumento no *spread* entre as taxas de juros, assim como no exercício anterior, consegue estabilizar mais rapidamente a economia. Mais uma vez, esse maior sucesso decorre do efeito renda que a menor taxa básica produz sobre os agentes poupadores, que no caso do modelo com *spread* não é tão intenso, bem como da menor restrição ao consumo que é imposta para os agentes tomadores de crédito, pois a taxa pela qual os empréstimos são concedidos avança de maneira menos intensa quando o impacto do aumento do *spread* é suavizado.

Figura 4.6 – Impulso e resposta em um choque em ϵ_t^s , que aumenta o *spread*, $\omega(b)$, em 1 ponto percentual sob diferentes regras de política monetária

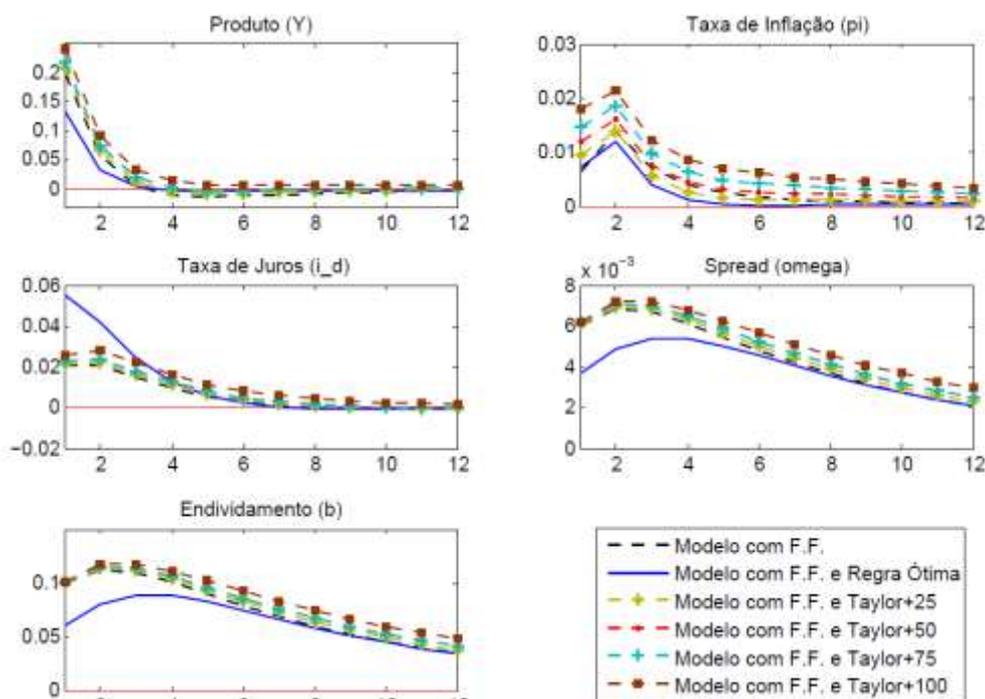


Fonte: Elaborado pelo autor

A resposta do modelo a choques que não tem origem no mercado financeiro, por outro lado, mostra que a regra de política monetária com spread pode não ser a mais indicada. Um contraste em relação aos resultados obtidos para os choques no setor financeiro é verificado nos casos dos choques que afetam diretamente os componentes da demanda agregada.

A Figura 4.7 mostra a resposta do modelo a um choque de 1 ponto percentual na despesa de consumo dos agentes tomadores de crédito (tipo *b*). A resposta desse tipo de choque pelo modelo com regra de Taylor é mais inflacionária do que o obtido pelo modelo com a regra de política monetária ótima. Além disso, o choque no consumo dos tomadores aumenta a demanda por crédito e, por conseguinte, o *spread* de crédito. Nos modelos em que a regra de política monetária é ajustada pelo *spread*, o ajuste positivo do *spread* resultará em aperto na taxa básica de juros menor do que o necessário para a estabilização da economia. Essa política afastará ainda mais do ajuste alcançado pela regra ótima.

Figura 4.7 – Respostas dos modelos ao choque de 1 ponto percentual na despesa de consumo dos agentes do tipo *b*



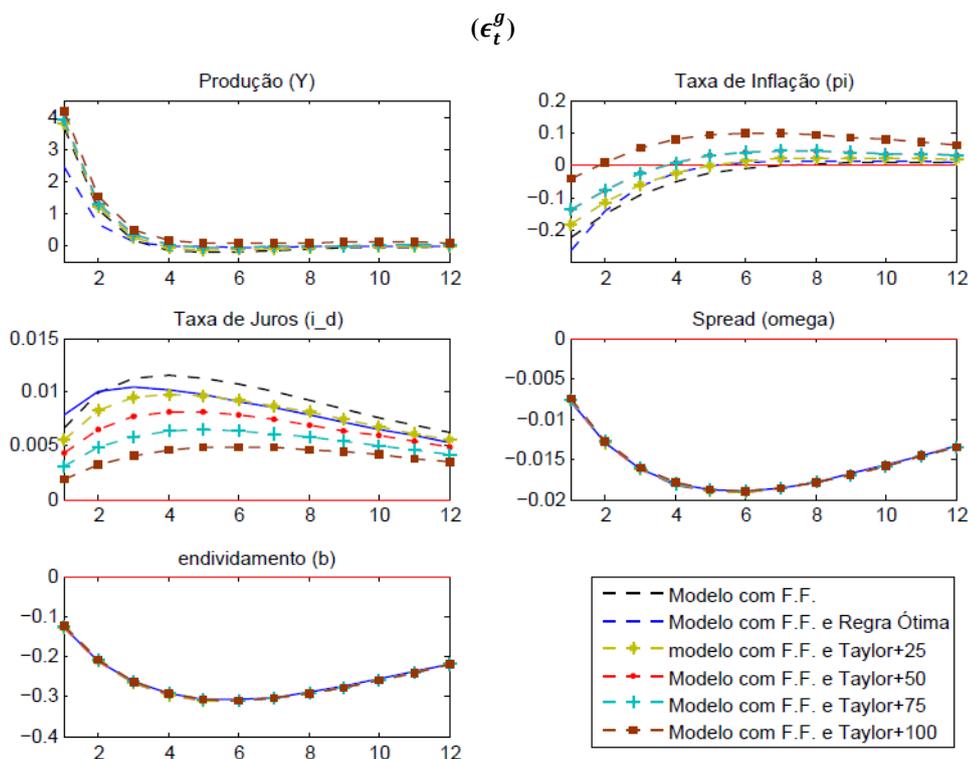
Fonte: Elaborado pelo Autor

A Figura 4.8 mostra o comportamento do modelo em resposta a um choque exógeno no dispêndio do setor público equivalente a 1 ponto percentual do PIB. Neste choque, a política monetária tradicional e a política ótima apresentam um resultado bastante desinflacionário. A resposta do modelo a esse choque é similar ao obtido quando ocorre uma

perturbação exógena na despesa de consumo das famílias poupadoras. O aumento na despesa, seja do governo ou das famílias poupadoras, reduzirá o crédito na economia via menor oferta de fundos para os intermediários e conseqüentemente diminuirá o *spread* de crédito de equilíbrio.

A política monetária responde de forma contracionista ao aumento no produto, impactando a taxa de inflação. Neste caso, a regra de política monetária que responde ao *spread* produzirá um aperto monetário menor, favorecendo uma resposta mais positiva do produto. Porém, no caso em que $\phi_\omega = 1$, há um processo inflacionário que persiste por diversos anos, o que prejudica a estabilização da economia. Assim, a regra de política monetária com o *spread* pode ser bastante ineficiente quando comparada com a regra ótima.

Figura 4.8 – Resposta dos modelos ao choque de choque de 1 ponto percentual do PIB no gasto público



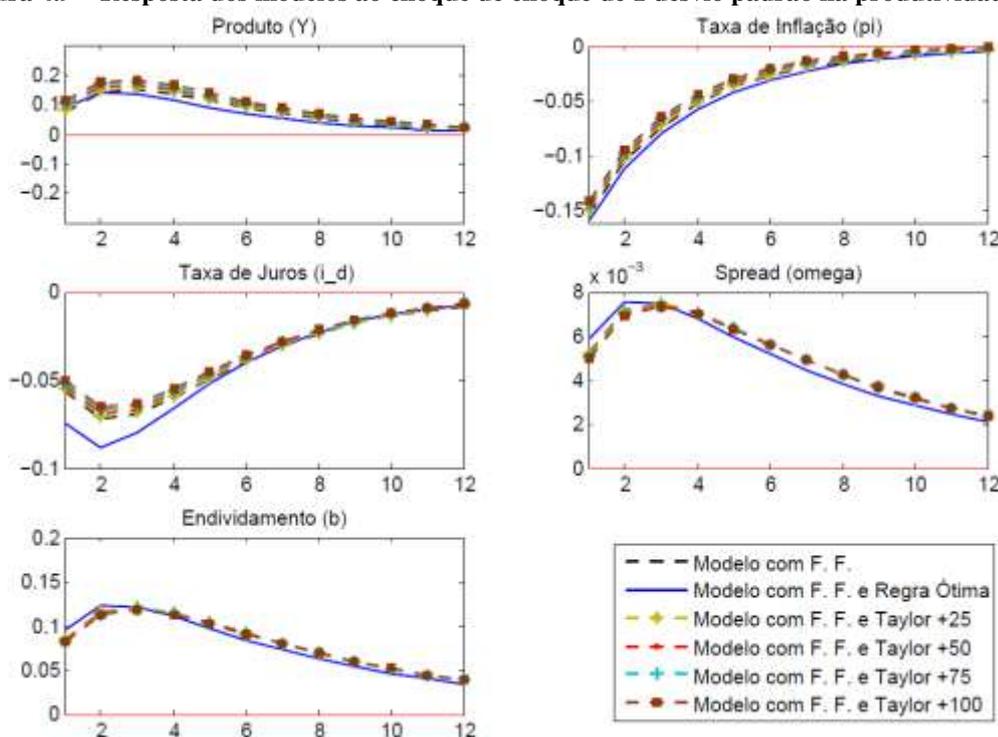
Fonte: Elaborado pelo Autor

Normalmente, se espera que um aumento no dispêndio do setor público resulte em aumento de inflação. Porém, a queda na taxa de inflação verificada não decorre apenas do aperto na taxa de juros, mas também do efeito de alocação de recursos entre os agentes tomadores de crédito e que consomem uma proporção maior da sua renda para os agentes poupadores.

No caso de um choque não discricionário na oferta (ϵ_t^z) que eleve a produtividade da economia, conforme mostra a Figura 4.9, percebe-se que a regra ótima para a política monetária é bastante desinflacionaria em comparação com a regra estimada. Isso ocorre porque o aumento do produto natural é menor do que o aumento no produto corrente, o que estimula uma resposta da política monetária, mais contundente no caso da regra ótima.

Nos modelos com a regra de política monetária ajustada pelo spread, o aumento no spread provocado pela redução dos juros é atenuado, fazendo com que a taxa de juros básica seja colocada num patamar mais elevado, o que favorece a expansão do ciclo econômico. Por outro lado, as regras que levam em conta o spread tendem a gerar uma trajetória mais elevada para a taxa de inflação, o que seria mais problemático numa situação em que ocorre uma queda na produtividade.

Figura 4.9 – Resposta dos modelos ao choque de 1 desvio padrão na produtividade (ϵ_t^z)



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.4 Considerações Finais

O desenvolvimento dos modelos DSGE tem buscado acrescentar elementos para modelar os diferentes tipos de rigidez e fricções que são observados nos mercados. A crise internacional de 2008 expôs a fragilidade desses modelos em mimetizar os movimentos no mercado financeiro e seus impactos no lado real da economia. Para isso, a adoção de

estruturas mais complexas abre espaço para que diferentes tipos de política econômica sejam testados.

Nesse contexto, a expansão do crédito na economia brasileira aumenta o potencial de que caso ocorra uma crise localizada no setor financeiro a economia seja severamente atingida. As simulações do modelo mostram que a deterioração da intermediação financeira terá grandes efeitos adversos sobre a atividade. E, nesse ambiente, a política monetária tradicional pode enfrentar grande dificuldade para estabilizar a economia. Essa situação pode ser verificada na simulação do choque na função de custo dos intermediários (FIGURA 4.6), em que há um período mais longo de deflação e recessão determinado pela queda nas concessões de crédito quando a política monetária tradicional é aplicada.

Contudo, a política monetária ajusta pelo *spread*, que é eficaz para diminuir os ciclos recessivos no caso dos choques exógenos sobre a intermediação, pode ser problemático para outros tipos de choques. Assim, os resultados também apontam que a política monetária tradicional permanece adequada no modelo com fricções financeira e que a política monetária ótima permanece simples para a maioria dos choques tradicionais (gastos do governo e choque tecnológico).

As conclusões desse trabalho são um avanço pequeno e o modelo utilizado contém diversas limitações por conta da sua simplicidade. Por exemplo, o modelo deixa o lado da produção em segundo plano, que permanece semelhante ao modelo Novo Keynesiano tradicional, e mantém foco na intermediação entre as famílias e não entre as famílias e as firmas diretamente. Então, uma diminuição do crédito na economia faz com que algumas famílias consumam mais e trabalhem menos e outras consumam menos e trabalhem mais. Contudo, não há impacto direto da redução do crédito sobre a produção. Por exemplo, supondo que o processo de produção aconteça em mais de um período e as firmas precisam tomar empréstimos para comprar insumos. Nesse caso, tudo mais constante, uma queda no crédito resultará em menor produção. Um avanço importante para a literatura seria acrescentar as fricções financeiras também no setor produtivo para avaliar o impacto do *spread* na decisão de produção e investimento das firmas.

Outra limitação importante do trabalho refere-se às informações sobre o comportamento dos tipos de famílias pode ser um importante melhoramento do modelo. O modelo faz uma suposição forte para estimar a proporção do consumo na renda e as elasticidades substituição do consumo das famílias poupadoras e tomadoras com base nas estimativas para os valores agregados. Porém, o mais indicado seria estimar esses parâmetros

com base em séries sobre o perfil de consumo de cada agente. Outra possibilidade seria a calibragem com dados com base em informações sobre cada tipo de agente. Essa diferenciação entre os tipos de agentes talvez possa ser encontrada em pesquisas e artigos sobre a características da população e do consumidor ou, até mesmo utilizando informações do Censo e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios.

4.5 Referências

AFANASIEFF, T. S.; LHACER, P. M.; NAKANE, M. I. The determinants of bank interest spread in Brazil. *Money Affairs*, México D.F., v.15, n.2, p.183-207, Jul. 2002. Disponível em: <http://www.cemla.org/PDF/moneyaffairs/pub_monaff_xv_2.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.

AN, S.; SCHORFHEIDE, F. Bayesian Analysis of DSGE Models. *Econometric Reviews*, New York, v. 26, n. 4, p.113-172, May. 2007.

ARAGON, E. K.; PORTUGAL, M. S. Central Bank Preferences and Monetary Rules under the Inflation Targeting Regime in Brazil. *Brazilian Review of Econometrics*, Rio de Janeiro, v.29, n.1, p.79-109, Janeiro. 2009. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/bre/article/view/2697>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

ARONOVICH, S. Uma nota sobre os efeitos da inflação e do nível de atividade sobre o spread bancário. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v.48, n.1, p.125-140, Janeiro, 1994. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/view/600/7948>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

BENIGNO, P.; WOODFORD, M. Inflation Stabilization And Welfare: The Case Of A Distorted Steady State, *Journal of the European Economic Association*, Padova, v.3, n.6, p.1185-1236, Dec. 2005. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1162/154247605775012914/abstract>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

BERNANKE, B. S.; M. GERTLER, M.; GILCHRIST, S. The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework. In: TAYLOR, J. B.; WOODFORD, M. (Ed.). *Handbook of Macroeconomics*. Philadelphia: Elsevier, 1999. p. 1341-1393.

BERNANKE, B. S.; GERTLER, M. Agency Costs, Net Worth, and Business Fluctuations. *American Economic Review*, Pittsburgh, v.79, n. 1, p.14-31. Mar. 1989. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1804770>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

BROOKS, P.; GELMAN, A. General methods for monitoring convergence of iterative simulations. *Journal of computational and graphical statistics*, Londres, Vol 7, n. 4, p. 434-455, Feb. 2012. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10618600.1998.10474787>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CASTRO, M. R. et al. *Samba: Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach*. Brasília: Banco Central do Brasil, 2011. (Working Paper Series Brasília, 239). Disponível em: <www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps239.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CURDIA, V.; WOODFORD, M. *Credit frictions and optimal monetary policy*, Suíça: Bank for International Settlements, 2009. (BIS Working Papers, 278). Disponível em: <www.bis.org/publ/work278.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CURDIA, V.; WOODFORD, M. Credit Spreads and Monetary Policy. *Journal of Money, Credit and Banking*, Columbus, v.42, n.1, p.3-35. Sep. 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1538-4616.2010.00328.x/abstract>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

DE FIORE, F.; TRISTANI, O. Credit and the Natural Rate of Interest. *Journal of Money, Credit and Banking*, Columbus, v.43, n.2-3, p.407-440, Mar. 2011. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1538-4616.2010.00379.x/abstract>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

DEJONG, D. N. e DAVE C. *Structural Macroeconometrics*, Princeton: Princeton University Press, 2011.

GOODFRIEND, M.; MCCALLUM, B. T. Banking and Interest Rates in Monetary Policy Analysis: A Quantitative Exploration. *Journal of Monetary Economics*, Chicago, v.54, n.5, p.1480-1507, Jul. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304393207000608>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

ISKREV, N. Local identification in DSGE models. *Journal of Monetary Economics*, Chicago, v. 57, n.1. p.189-202. Jan. 2010.

KANCZUK F. Um Termômetro para as Macro-Prudenciais. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v.67, n.4, 2013. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-71402013000400006&script>. Acesso em: 16 nov. 2015.

MCCULLEY, P.; TOLOUI, R. Chasing the Neutral Rate Down: Financial Conditions, Monetary Policy, and the Taylor Rule, *Global Central Bank Focus*, New Port Beach: PIMCO, 2008. Disponível em: <<https://www.pimco.com/insights/economic-and-market-commentary?section=Global%20Central%20Bank%20Focus>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

ROTEMBERG, J. J.; WOODFORD, M. *An Optimization-Based Econometric Framework for the Evaluation of Monetary Policy*. Cambridge: NBER, 1997. (NBER Technical Working Papers, 233). Disponível em: <www.nber.org/chapters/c11041.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.

SILVA, T. G.; MODENESI, A.; RIBEIRO, E. *Determinantes macroeconômicos do spread bancário no Brasil: mensurando o papel das expectativas*. In: Encontro Nacional de Economia, 41., 2014, Foz do Iguaçu. *Anais...* Brasília: Anpec, 2014.

STÉPHANE, A. et al. *Dynare: Reference Manual, Version 4*. Paris: CEPREMAP, 2011. (Dynare Working Papers, 1).

TAYLOR, J. B., *Monetary Policy and the State of the Economy*, testimony before the Committee on Financial Services, U.S. House of Representatives, Feb. 2008. Disponível em: <http://web.stanford.edu/~johntayl/Onlinepaperscombinedbyyear/2008/2008/Monetary_Policy_and_the_State_of_the_Economy.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.

WOODFORD, M. *Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy*. New Jersey: Princeton University Press, 2003.

VASCONCELOS, B. F. B.; DIVINO, J. A. *O desempenho recente da política monetária brasileira sob a ótica da modelagem DSGE*. Brasília: Banco Central do Brasil, 2012. (Trabalhos para Discussão, 291). Disponível em: <[ww.bcb.gov.br/pec/wps/port/TD291.pdf](http://www.bcb.gov.br/pec/wps/port/TD291.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2015.

VEGA FILHO, J. A. C. *Intermediação financeira e ciclos reais: uma abordagem DSGE para a economia brasileira*. Dissertação (Mestrado em Economia), Programa de Pós-graduação em Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2013.

4.6 Apêndice A – Relações de Equilíbrio do Modelo

O modelo é composto pelas equações log-linearizadas (2.5), (2.6), (2.12), (2.13) e (2.15)–(2.28). Além disso, completam o modelo e as seguintes relações de equilíbrio e estado estacionário:

$$\mu_p = \frac{\theta}{\theta - 1}$$

$$s_c \bar{c}_t = \pi_b s_b + (1 - \pi_b) s_s$$

$$\bar{\sigma} = \pi_b s_b \sigma_b + (1 - \pi_b) s_s \sigma_s$$

$$\bar{c}_b = s_b (\bar{\Omega} \lambda^s)^{\sigma_b}$$

$$\bar{c}_s = s_s (\lambda^s)^{\sigma_s}$$

$$\bar{\Omega} = \frac{1 - (1 - \bar{r}^d) \beta [\delta + (1 - \delta)(1 - \pi_b)]}{(1 - \bar{r}^d) \beta (1 - \delta) \pi_b}$$

$$\lambda^s = \psi_s \mu_p (1 + \omega_y) \bar{\mu}_w / (1 - \bar{\tau})$$

$$\tilde{\lambda} = \left(\pi_b \bar{\Omega}^{-\frac{1}{\nu}} + (1 - \pi_b)^{-\nu} \right) \lambda^s$$

$$i^d = \frac{\beta^{-1}}{2\delta(1+\bar{\omega})} \{ [(\delta + 1) + \bar{\omega}(\delta + (1 - \delta)\pi_b) - ((\delta + 1) + \bar{\omega}(\delta + (1 - \delta)\pi_b))^2 -$$

$$4\delta(1 - \omega)$$

$$\psi_s = \psi \left(\pi_b \bar{\Omega}^{-\frac{1}{\nu}} + (1 - \pi_b) \right)^\nu$$

$$\omega_y = \phi(1 - \nu) - 1$$

$$s_\Xi = \frac{\bar{\omega}}{\eta b_Y}$$

$$s_g = 1 - s_c - s_\Xi$$

$$s_\Omega = \pi_b (1 - \pi_b) (s_b \sigma_b - s_s \sigma_s) / \bar{\sigma}$$

$$\xi = \frac{1-\alpha}{\alpha} \frac{1-\alpha\beta}{1+\omega_y\theta}$$

$$\bar{\xi} = \frac{\bar{\omega}}{(\eta b_Y)^{\eta-1}}$$

$$\kappa = \xi(\omega_y + \bar{\sigma}^{-1})$$

$$\omega_b = \frac{\eta(\eta-1)s_{\Xi}}{1+\bar{\omega}}$$

$$\omega_{\chi} = \frac{1}{1+\bar{\omega}}$$

$$\omega_{\Xi} = \eta b_Y / (1 + \bar{\omega})$$

$$\tilde{B}_{\Omega} = \psi \tilde{\lambda} \bar{\mu}_{\omega}$$

$$B_{\Omega} = s_{\Omega} \pi_b - s_b \sigma_b \pi_b (1 - \pi_b) - \tilde{B}_{\omega}$$

Parâmetros para a equação de evolução da dívida

$$\varrho_r = \frac{\delta(1+r^d)}{1+\pi_b \bar{\omega}} \left[(1 + \bar{\omega}) + \frac{\pi_b \bar{b}^g}{\bar{b}} \right]$$

$$\varrho_{\xi} = \frac{b_Y}{1+\pi_b \bar{\omega}}$$

$$\varrho_Y = \varrho_{\xi} s_{\Omega} \bar{\sigma}^{-1}$$

$$\varrho_{\Omega} = \varrho_{\xi} (B_{\Omega} + s_{\Omega}^2)$$

$$\varrho_{\omega} = \frac{\pi_b(1+\bar{\omega})}{1+\pi_b \bar{\omega}}$$

$$\varrho_b = \frac{\delta(1+r^d)(1+\bar{\omega})}{1+\pi_b \bar{\omega}}$$

4.7 Apêndice B – Parâmetros da Função para a Política Ótima

A derivação da função perda para o banco central para o modelo de Cúrdia e Woodford (2010) pode ser verificada no trabalho original. A abaixo são apresentados os parâmetros da função ($\lambda_y, \lambda_{\Omega}, \lambda_{\Xi} > 0$) e a relação para o produto natural com o setor de intermediação (\hat{Y}_t^*).

$$\lambda_y = \frac{\xi}{\theta} \omega_y$$

$$\lambda_{\Omega} = \frac{\xi}{\theta} \tilde{\lambda}_{\Omega}$$

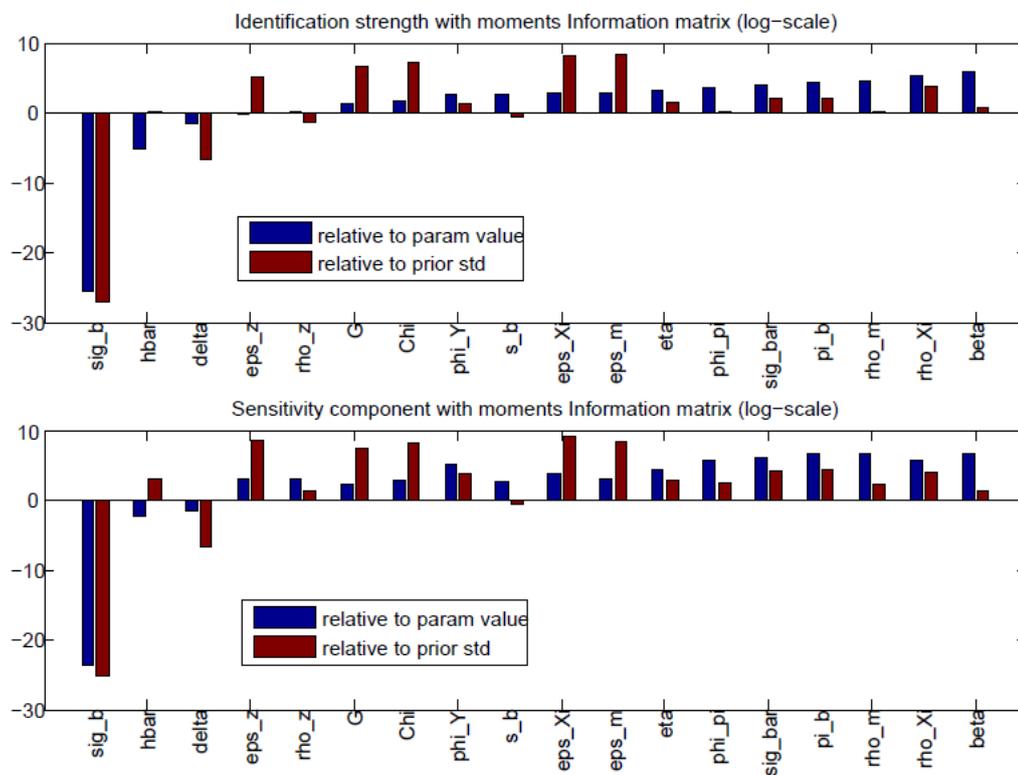
$$\tilde{\lambda}_{\Omega} = \frac{[\pi_b s_b \sigma_b] [(1-\pi_b) s_s \sigma_s]}{\bar{\sigma}} + \frac{\pi_b (1-\pi_b)}{\nu(1+\omega_y)}$$

$$\lambda_{\Xi} = 2\eta \frac{\xi}{\theta}$$

$$\hat{Y}_t^* = \hat{Y}_t^n + \frac{\bar{\sigma}^{-1}}{\omega_y + \bar{\sigma}^{-1}} \hat{\Xi}_t$$

4.8 Apêndice C – Teste para Identificação dos Parâmetros Estimados

Resultado para o teste de Iskrev (2010).



Fonte: Elaborado pelo Autor

5 CONCLUSÃO

Esta tese teve como tema principal modelos DSGE com fricções financeiras aplicados para o Brasil. Desde o início dos anos 2000 o crédito tem se verificado a expansão do crédito e seu ganho de participação na economia brasileira. Portanto, os potenciais impactos de choques nas variáveis financeiras, ou que contaminem o mercado financeiro tem um potencial, podem ser uma fonte de crises mais graves no futuro.

A principal contribuição deste trabalho foi aprofundar o estudo dos choques no mercado financeiro sobre os ciclos econômicos no Brasil. O desenvolvimento teórico e os estudos empíricos com modelos DSGE e os impactos das variáveis financeiras no lado real da economia têm apresentado rápido desenvolvimento nos últimos anos, mas ainda possuem diversas lacunas. No caso da economia brasileira, a carência de trabalhos nesse campo abre espaço para a elaboração desta tese, que encontrou evidências de que, de fato, o setor financeiro pode afetar o lado real da economia, bem como políticas econômicas tradicionais e alternativas podem ser empregadas para mitigar esses efeitos.

As principais críticas referem-se a escolha da metodologia DSGE e da própria modelagem do setor financeiro, que ainda está em estágio inicial de desenvolvimento, e a falta de adaptação desses modelos às particularidades da economia brasileira. Outro ponto negligenciado foi o foco em períodos e eventos específicos da economia brasileira nos últimos anos. Por exemplo, a forma de transmissão da crise de 2002 ou da crise internacional de 2008 não foram abordados com profundidade.

No primeiro ensaio foi estimado um modelo DSGE com instituições financeiras. As simulações mostraram que o modelo conseguiu reproduzir o comportamento esperado, quais sejam: maior amplificação e persistência nos ciclos econômicos. A aplicação de uma política de crédito mostrou-se efetiva para mitigar os efeitos recessivos de uma crise financeira. Contudo, as simulações mostraram que, tudo mais constante, a política monetária tradicional se mostrou mais eficiente para a estabilização da inflação em momentos de normalidade em comparação com a atuação do governo via política de crédito.

No segundo ensaio, foi estimado um modelo DSGE-VAR com uma estrutura de economia pequena e aberta. As estimações mostraram que os choques externos apresentam impactos significativos no patrimônio e no endividamento das firmas domésticas. Esse resultado fortalece a evidência de que um canal importante de transmissão dos movimentos da economia mundial para o Brasil ocorre via setor produtivo.

Por fim, as conclusões do terceiro ensaio apontaram que a inclusão do *spread* de crédito no modelo Novo Keynesiano não altera significativamente as conclusões dos modelos DSGE em respostas a perturbações exógenas tradicionais, como choques na taxa de juros, na produtividade da economia e no dispêndio público. Porém, nos eventos que ocasionam a deterioração da intermediação financeira, por meio de choques sobre o *spread* de crédito, o impacto sobre o ciclo econômico foi significativo e a adoção de uma regra de política monetária ajustada pelo *spread* pode conseguir estabilizar a economia mais rapidamente do que uma regra tradicional.

Nos três ensaios realizados buscou-se enfatizar a importância de adicionar elementos do mercado de crédito e financeiro na análise de como diferentes choques atingem a economia. Existe um campo vasto para trabalhos futuros nesta linha de pesquisa, o desenvolvimento de modelos macroeconômicos mais complexos tem avançado significativamente nos últimos anos. Portanto, tanto a incorporação de novas fricções e a análise de políticas econômicas, quanto o tratamento empírico das mesmas continuarão sendo fonte de novos trabalhos.

REFERÊNCIAS

- AGÉNOR, P.; SILVA, L. *Macroprudential Regulation and the Monetary Transmission Mechanism*. Brasília: Banco Central do Brasil, 2011. (Working Paper Series, 254).
- BERNANKE, B. S.; GERTLER, M. Agency Costs, Net Worth, and Business Fluctuations. *American Economic Review*, Pittsburgh, v.79, n. 1, p.14-31. Mar. 1989. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1804770>>. Acesso em: 16 nov. 2015.
- BERNANKE, B. S.; GERTLER, M.; GILCHRIST, S. The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework. In: TAYLOR, J. B.; WOODFORD, M. (Ed.). *Handbook of Macroeconomics*. Philadelphia: Elsevier, 1999. p. 1341-1393.
- BRAZDIK F.; HLAVACEK, M.; MARSAL, A. Survey of Research on Financial Sector Modeling within DSGE Models: What Central Banks Can Learn from It. *Czech Journal of Economics and Finance*, Praga, v.62, n.3, p.252-277, Jul. 2012. Disponível em: <http://journal.fsv.cuni.cz/storage/1249_252-277---marsal.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.
- BRUNNERMEIER, M. K.; EISENBACH, T. M.; SANNIKOV, Y. *Macroeconomic with Financial Frictions: A Survey*. Cambridge: NBER, 2012. (Working Paper, 18102). Disponível em: < www.nber.org/papers/w18102>. Acesso em: 16 nov. 2015.
- CARVALHO, F.; CASTRO, M. R.; COSTA, S. *Traditional and Matter-of-fact Financial Frictions in a DSGE Model for Brazil: the role of macroprudential instruments and monetary policy*. Brasília: Banco Central do Brasil, 2013. (Working Paper Series, 336). Disponível em: < www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps336.pdf >. Acesso em: 16 nov. 2015.
- CHRISTIANO, L.; EICHENBAUM, M.; EVANS, C. Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, Chicago, v. 113, n. 1, p.1-46. Dec. 2005. Disponível em: < <http://www.tau.ac.il/~yashiv/cee.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2015.
- CHRISTIANO, L. J.; MOTTO, R.; ROSTAGNO, M. Risk Shocks. *American Economic Review*, New York, v. 104, n. 1, p.27-65. Jan. 2014. Disponível em: <<https://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/aer.104.1.27>>. Acesso em: 16 nov. 2015.
- CHRISTIANO, L.J.; TRABANDT, M.; VALENTIN, K. Introducing financial frictions and unemployment into a small open economy model, *Journal of Economic Dynamics & Control*, Amsterdam, v.35, n.12, p.1999–2041, Dec. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165188911001710>>. Acesso em: 16 nov. 2015.
- COCHRANE, J. *Asset Pricing*, New Jersey: Princeton University Press, 2005.
- CURDIA, V.; WOODFORD, M. Credit Spreads and Monetary Policy. *Journal of Money, Credit and Banking*, Columbus, v.42, n.1, p.3-35. Sep. 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1538-4616.2010.00328.x/abstract>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

DE GRAEVE, F. The external finance premium and the macroeconomy: US post-WWII evidence, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Dallas, v.32 n.11, p.3415-3440, Nov. 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165188908000328>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

FISHER, I. The Debt-Deflation Theory of Great Depressions, *Econometrica*, Chicago, v.1, n.4, p.337-357, Jan. 1933. Disponível em: <https://fraser.stlouisfed.org/scribd/?title_id=3596&filepath=/docs/meltzer/fisdeb33.pdf#scribd-open>. Acesso em: 16 nov. 2015.

GALI, J.; MONACELLI, T. *Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy*, Cambridge: NBER, 2002. (Working Paper, 8905). Disponível em: <www.nber.org/papers/w8905>. Acesso em: 16 nov. 2015.

GEANAKOPOLOS, J. Solving the Present Crisis and Managing the Leverage Cycle, New Haven: Cowles Foundation, 2010. (Cowles Foundation Discussion Paper, 1751). Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=1539488> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1539488>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

GERTLER, M. Financial Structure and Aggregate Economic Activity: An Overview, *Journal of Money, Credit and Banking*, Columbus, v.20, n.3, p.559-88, Aug. 1988.

GERTLER, M.; GILCHRIST, S.; NATALUCCI, F. M. External Constraints on Monetary Policy and the Financial Accelerator, *Journal of Money, Credit and Banking*, Columbus, v. 39, n.2-3, p.295-330, Mar. 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.0022-2879.2007.00027.x/abstract>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

GERTLER, M.; KARADI, P. A model of unconventional monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, Chicago, v. 58, n.1, p.17-34. Jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304393210001261>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

GOODFRIEND, M.; MCCALLUM, B. T. Banking and Interest Rates in Monetary Policy Analysis: A Quantitative Exploration. *Journal of Monetary Economics*, Chicago, v.54, n.5, p.1480-1507, Jul. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304393207000608>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

GROMB, D.; VAYANOS, D. Equilibrium and welfare in markets with financially constrained arbitrageurs, *Journal of Financial Economics*, Lausanne, v.66, n.2-3, p.361-407, Nov-Dec. 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304405X02002283>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

IACOVIELLO, M. House prices, borrowing constraints, and monetary policy in the business cycle. *The American Economic Review*, Nashville, v.95, n.3, p.739-764, Jun. 2005. Disponível em: <<https://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/0002828054201477>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

KANCZUK F. Um Termômetro para as Macro-Prudenciais. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v.67, n.4, 2013.

KEYNES, J. M. *The General Theory of Employment, Interest and Money*. London: Macmillan, 1936.

MARKOVIC, B. Bank capital channels in the monetary transmission mechanism. London: Bank of England, 2006. (Bank of England Working Papers, 313). Disponível em: <<http://www.bankofengland.co.uk/research/Documents/workingpapers/2006/WP313.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

MINSKY, H. P. Central Banking and Money Market Changes, *Quarterly Journal of Economics*, Cambridge, v.71, n.2, p.171–187, May. 1957. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1883812?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 16 nov. 2015.

SMETS, F.; WOUTERS, R. Shocks and frictions in us business cycles: A bayesian DSGE approach. *American Economic Review*, New York, v.97, n.3, p.586–606. Jun. 2007. Disponível em: <<https://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/aer.97.3.586>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

TOBIN, J. A General Equilibrium Approach To Monetary Theory, *Journal of Money, Credit and Banking*, Columbus, v.1, n.1, p.15–29, Feb. 1969. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1991374?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 16 nov. 2015.

WOODFORD, M. *Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy*. New Jersey: Princeton University Press, 2003.