12ª EDIÇÃO | 2020

PRÊMIO INFI-FEBRABAN DE ECONOMIA BANCÁRIA

Categoria B

Monografias de Graduação

1º lugar

São Paulo

2021

infi
INSTITUTO FEBRABAN DE EDUCAÇÃO

FEBRABAN
Federação Brasileira de Bancos

Estimação Bayesiana em Modelo DSGE com Canal de Crédito: Um Estudo Preliminar dos Impactos da Política Monetária no Brasil

2019

RESUMO

Esta monografia busca apresentar o desenvolvimento dos canais de transmissão da política monetária dentro dos modelos macroeconômicos a fim de estudarmos um modelo com mercado de crédito como canal de transmissão da política monetária no Brasil. Para isso, utilizamos um Modelo Dinâmico e Estocástico de Equilíbrio Geral (DSGE) com a presença de mercado de crédito e fricções financeiras para uma economia fechada com choques monetários, de política fiscal e tecnológicos. Utilizando métodos de inferência bayesiana com dados para a economia brasileira, as estimações permitiram que todos os parâmetros estimados pudessem ser identificados e os resultados mostraram que na estrutura do modelo com mercado de crédito, os choques de política monetária é o principal fator de explicação do comportamento das variáveis econômicas de interesse, como produto, investimento e consumo, e, ainda que seu desvio-padrão tenha sido muito pequeno comparado com os desvios dos outros dois choques, este resultado faz sentido com a literatura que trata dos choques monetários, em que um regime de metas de inflação o Banco Central se atenta em não surpreender os agentes. O prêmio de financiamento externo, responsável pela fricção financeira do modelo, teve sua variação muito mais explicada pelos choques de tecnologia. As funções de resposta ao impulso também mostraram que os choques positivos de política monetária acabam por diminuir a taxa de juros e o prêmio de financiamento externo e aumentar o produto, investimento e consumo, ao custo de aumentar também a inflação. De modo geral, houve um excelente aproveitamento em aprendizado tanto no uso de modelos da classe DSGE, quanto na aplicação da estimação bayesiana para o uso empírico em métodos quantitativos aplicados à economia.

Palavras-chave: Canal de Crédito; Política Monetária; Modelos Dinâmicos e Estocásticos de Equilíbrio Geral; Inferência Bayesiana.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Inflação IPCA (12 meses) e Meta de Inflação – % 7
Figura 2 – GAP do Produto e SELIC-Over (em %) 8
Figura 3 – Relação Crédito/PIB – % 9
Figura 4 – Saldo das Operações de Crédito para Pessoas Físicas e Jurídicas 10
Figura 5 – Spread Bancário – Pessoas Físicas e Jurídicas 12

Figura 6 – Fluxograma do Modelo de Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999). 29

Figura 7 – *Prioris* e *posterioris*. 38
Figura 8 – IRF Bayesiana: Choque ortogonalizado de ε_{rn}. 40
Figura 9 – IRF Bayesiana: Choque ortogonalizado de ε_g. 40
Figura 10 – IRF Bayesiana: Choque ortogonalizado de ε_a. 40

Figura 11 – Trace plot para densidade posterior 51
Figura 12 – Trace plot para o desvio padrão do choque estrutural ε_a 52
Figura 13 – Trace plot para o desvio padrão do choque estrutural ε_g 52
Figura 14 – Trace plot para o desvio padrão do choque estrutural ε_{rn} 53
Figura 15 – Trace plot para o parâmetro ρ_a 53
Figura 16 – Trace plot para o parâmetro ρ_g 54
Figura 17 – Trace plot para o parâmetro ρ 54
Figura 18 – Trace plot para o parâmetro ζ 55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valor dos Parâmetros Calibrados 36
Tabela 2 – Prior information (parâmetros) 37
Tabela 3 – Resultados de Metropolis-Hastings 37
Tabela 4 – Decomposição da Variância para a Média Posterior (em percentual) 39
Tabela 5 – Teste de Convergência de Geweke (1992), baseado nas médias dos desenhos de 25000 até 30000 vs 37500 até 50000. p-valores são para um teste χ^2 para igualdade das médias (ou convergência das médias) 41

Tabela 6 – Variáveis Endógenas 47
Tabela 7 – Variáveis Exógenas 47
Tabela 8 – Parâmetros 47
Tabela 9 – Valor dos Parâmetros 48

Tabela 10 – Decomposição da Variância Condicional da Média Posterior (em percentual) Período 8 50
Tabela 11 – Decomposição da Variância Condicional da Média Posterior (em percentual) Período 20 50
Tabela 12 – Decomposição da Variância Condicional da Média Posterior (em percentual) Período 40 51

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	5
1	O CRÉDITO NO BRASIL	7
1.1	O Mercado de Crédito Brasileiro: Aspectos da História Recente	9
1.2	O Spread Bancário no Brasil	11
2	CANAIS DE TRANSMISSÃO DA POLÍTICA MONETÁRIA	13
2.1	A Transmissão da Política Monetária em um Modelo Com Regime de Metas de Inflação	13
2.2	A Teoria das Expectativas Racionais	17
2.2.1	Métodos Recursivos e Expectativas Racionais	19
3	OS MODELOS DINÂMICOS E ESTOCÁSTICOS DE EQUILÍBRIO GERAL	21
3.1	As Origens dos Modelos DSGE	21
3.1.1	Um Modelo Estocástico de Crescimento Econômico com Escolha entre Lazer e Trabalho	22
3.2	O Resgate da Teoria Keynesiana nos Modelos DSGE	24
3.2.1	Um Modelo Novo-Keynesiano de Política Monetária	25
3.3	Introduzindo o Canal de Crédito nos Modelos Novo-Keynesianos	27
3.3.1	O modelo de Ciclo de Negócios com Acelerador Financeiro	28
3.3.1.1	Modelo Completo Log-Linearizado	30
4	ESTIMAÇÃO DO MODELO	34
4.1	Estimação Bayesiana	34
4.1.1	Dados Utilizados	35
4.1.2	Estimação do Modelo BGG	35
4.1.2.1	Resultados de Estimação	37
5	CONCLUSÕES	42
	REFERÊNCIAS	44
	APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DO MODELO ESTIMADO – BGG	46
	APÊNDICE B – RESULTADOS DE ESTIMAÇÃO	50
	ANEXO A – PROGRAMAÇÃO NO DYNARE	56

INTRODUÇÃO

É comum aos estudantes de economia se depararem com noticias sobre mudanças em variáveis econômicas e, neste despertar de curiosidade, buscarem no aprendizado de graduação ferramentas que possam responder perguntas de interesse econômico. Muitas das vezes, enquanto alunos de graduação, não temos instrumentos ou maturidade intelectual suficientes para compreendermos formas mais eficazes de abordarmos os problemas econômicos, o que nos mantém um pouco distante das metodologias contemporâneas que se encaixam na fronteira do conhecimento. Quando voltamos nossa atenção ao mercado de crédito, a principal fonte de financiamento das famílias que desejam antecipar consumo e empresas que não possuem acesso ao mercado de capitais no contexto brasileiro, diversas perguntas surgem: Como introduzirmos o mercado de crédito, composto por relações microeconômicas, em um modelo macroeconômico? De que maneira a política monetária tem efeitos nesses mercados? Quais são os impactos da gestão da política monetária sob a presença do mercado de crédito para a economia como um todo? Como seria o comportamento do PIB e inflação em resposta aos choques de política monetária na presença de um canal de transmissão de crédito? Neste trabalho fomos capazes de explorar perguntas deste nível, buscando elucidar alguns aspectos dos mercado de crédito e, com o uso de um Modelo Dinâmico e Estocástico de Equilíbrio Geral (DSGE) e de Estimação Bayesiana, buscamos entender o comportamento de algumas variáveis de interesse macroeconômico.

Utilizamos um modelo de DSGE com presença de Mercado de Crédito proposto por Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999) (BGG) para avaliarmos o comportamento das principais variáveis do modelo frente aos choques estruturais causados pela política monetária, política fiscal e avanços tecnológicos. Ainda que existam modelos mais contemporâneos que tratem do tema, como é o caso do modelo proposto por Gerali et al. (2010), o uso do modelo BGG acaba por ser nosso *benchmark* pelo seu menor nível de complexidade comparativamente aos modelos da fronteira da área, uma vez que faz parte da vanguarda no uso de fricções financeiras do mercado de crédito em modelos de equilíbrio geral. Para fins de estimação, adotamos métodos bayesianos, que consiste no cálculo de probabilidades condicionadas às informações disponíveis – os dados da economia brasileira e o conhecimento "apriorístico"sobre os parâmetros do modelo que serão estimados neste trabalho. Os dados da economia brasileira são de 2002 até 2018, período em que o Brasil já adotara o regime de Metas de Inflação.

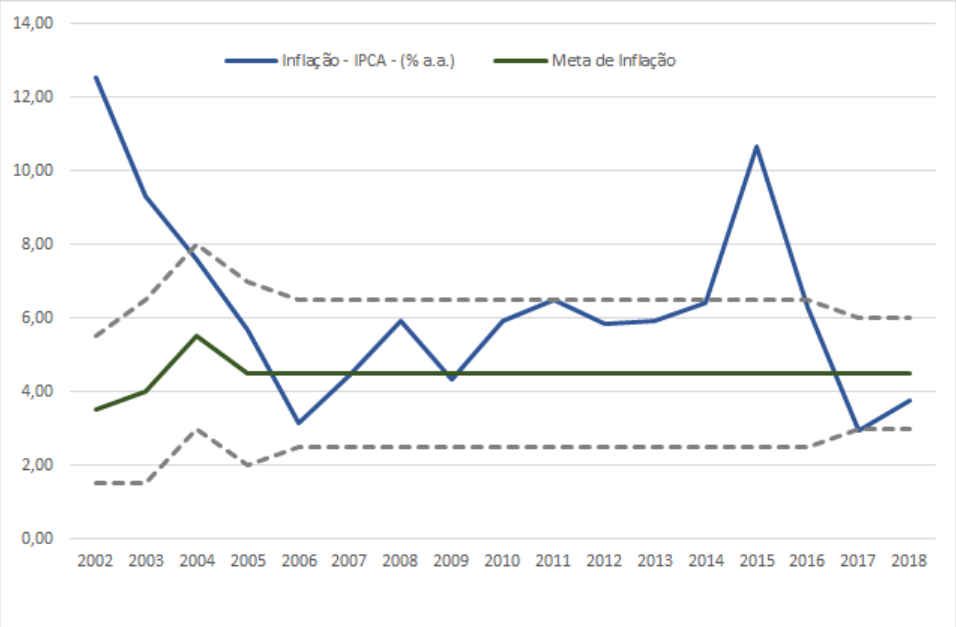
O primeiro capítulo apresenta um panorama geral sobre as características do mercado de crédito brasileiro, discutindo sobre os principais indicadores deste segmento dos mercados financeiros e também sobre os componentes do *spread* bancário, um fator crucial no aumento do custo de oportunidade de se conseguir recursos financeiros pelos agentes da economia. O segundo capítulo apresenta os canais de transmissão da política monetária dentro da estrutura de um modelo simplificado a fim de entender o papel deste tipo de política sob o regime de metas de inflação e também do papel da teoria das expectativas racionais na teoria macroeconômica moderna, que embasa os modelos DSGE. O terceiro capítulo apresenta um breve panorama do desenvolvimento histórico e teórico dos modelos DSGE na macroeconomia, seguido da

apresentação do modelo com canal de crédito e fricções financeiros utilizado para estimar os dados desse trabalho. O quarto capítulo apresenta o método bayesiano de estimação, além dos resultados obtidos pela estimação utilizando este tipo de ferramenta estatística, em especial a decomposição da variância e as funções de resposta ao impulso das variáveis frente aos choques estruturais observados. Por fim, temos as conclusões dos resultados obtidos pela estimação à luz das relações econômicas entre os agentes do modelo, além de um breve resgate da literatura que discute sobre o papel dos choques de política monetária a fim de elucidar os resultados de estimação.

1 O CRÉDITO NO BRASIL

O regime de metas de inflação foi adotado no Brasil em 1999, com isso o Banco Central do Brasil (BCB) opera a política monetária a fim de manter a inflação dentro de uma meta estabelecida, utilizando como instrumento intermediário a taxa de juros – a SELIC (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) – que norteia todas as taxas de juros da economia. Nesse sentido, a âncora da economia acaba sendo a expectativa dos agentes em relação à inflação futura, uma vez que ao garantir a estabilidade dos preços e criando um ambiente de maior credibilidade aos agentes, estes conseguem tomar decisões mais eficientes e portanto é propiciado um ambiente mais favorável ao crescimento econômico. O BCB divulga a meta de inflação, definidas pelo Conselho Monetário Nacional, e se compromete a cumprir essa meta, corrigindo os desvios da inflação em relação a este alvo por meio da política monetária. Em geral, o BCB utiliza as operações de mercado aberto, consistindo na compra ou venda de títulos públicos em mercado secundário, a fim de garantir que a SELIC-Over esteja dentro de um intervalo que seja possível guiar a inflação em direção à sua meta.

Figura 1 – Inflação IPCA (12 meses) e Meta de Inflação – %

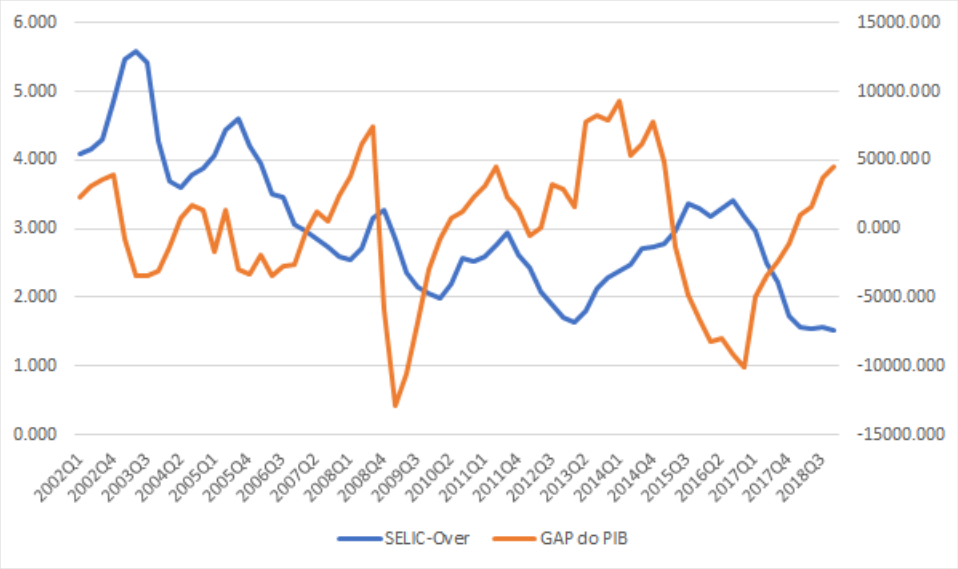


Fonte: Banco Central do Brasil e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Como podemos observar na Figura 1, nos últimos anos a meta de inflação têm se mantido em 4,5% e em períodos de recessão e instabilidade que fogem do controle do BCB, a instituição enfrentou dificuldades em manter a inflação dentro do intervalo da meta. Na Figura 2, podemos observar o comportamento da SELIC-Over junto ao comportamento do GAP do produto. Em 2008, houve expressiva queda no produto causada pela crise financeira internacional, ao passo que para a taxa de juros houve uma tímida queda. Logo em 2009 o produto volta a crescer, mas este crescimento só dura até o ano de 2014, em que temos os primeiros sinais da crise que assolou o país até meados de 2017. No meio deste entrave, em que o BCB deve se preocupar com o controle da inflação, as suas decisões em relação a taxa básica de juros afetam os mercados

financeiros e, consequentemente, os demais mercados que compõem a economia. Este processo é relacionado pelos chamados canais de transmissão da política monetária e um de seus canais de transmissão passa pelo mercado de crédito.

Figura 2 – GAP do Produto e SELIC-Over (em %)



Fonte: Banco Central do Brasil e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

O mercado de crédito é o meio de financiamento indireto dentro dos mercados financeiros, em que temos agentes poupadores – as famílias, que planejam suas vidas dado o horizonte temporal em que vivem e planejam seus gastos e poupança almejando alguma remuneração – e os agentes que demandam recursos – nesse caso, tanto as famílias que desejam adiantar seu consumo, quanto as empresas, que podem não ter acesso ao mercado de capitais. Além disso, o mercado de crédito têm um importante papel em diminuir as falhas de mercado nos mercados financeiros. Isso porque ele é responsável pelo chamado *risk sharing* – ou compartilhamento de risco – que permite aos agentes diversificarem seu portfólio e diminuírem o risco da carteira dos mesmos, a partir da transformação de ativos que por si só são muito arriscados para serem de propriedade de um único agente. Desta forma, os agentes podem se proteger de ativos que sejam positivamente correlacionados. Esse mecanismo tem como peça chave os bancos comerciais, que são chamados intermediadores bancários, responsáveis por fazer esta alocação de recursos e propiciando um ambiente favorável à atividade econômica. Entretanto, aspectos institucionais, políticos e econômicos são fundamentais para definir o volume de transações dentro do mercado de crédito.

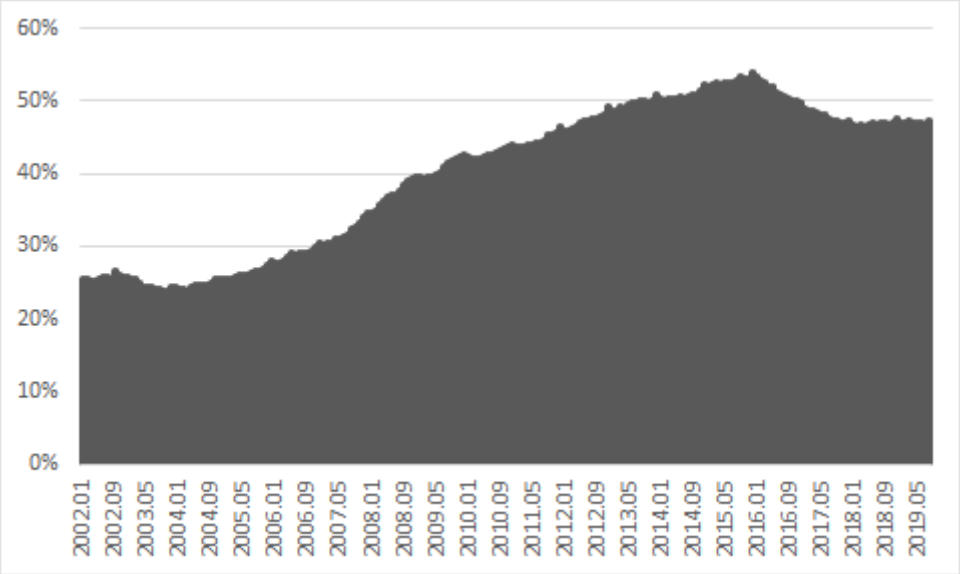
Segundo Santos (2010), o mercado de crédito brasileiro é composto majoritariamente pelo crédito bancário, sendo esta a maior fonte de financiamento para o país, ainda que o mercado de capitais tenha evoluído nos últimos anos, o que nos permite concluir que os recursos de financiamento são ofertados por instituições financeiras, os bancos comerciais. No caso de pessoas jurídicas de grande porte, grande parte do financiamento é concedido pelo BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – que possuí taxas de juro e prazos específicos que não refletem as condições de mercado, uma vez que é uma instituição financeira que faz

parte do Governo Federal. O autor ainda destaca as mudanças institucionais que permitiram o desenvolvimento do mercado de crédito, como o Plano Real (1994), que garantiu um ambiente de estabilidade financeira, estimulando a oferta e procura por empréstimos bancários.

Como o objetivo deste estudo é entender o papel do crédito na transmissão da política monetária no Brasil, neste capítulo mostraremos os fatos estilizados do mercado de crédito no começo do século XXI até o presente, destacando alguns momentos históricos e econômicos relevantes para nossa análise, bem como as características do *spread* bancário brasileiro.

1.1 O Mercado de Crédito Brasileiro: Aspectos da História Recente

Figura 3 – Relação Crédito/PIB – %



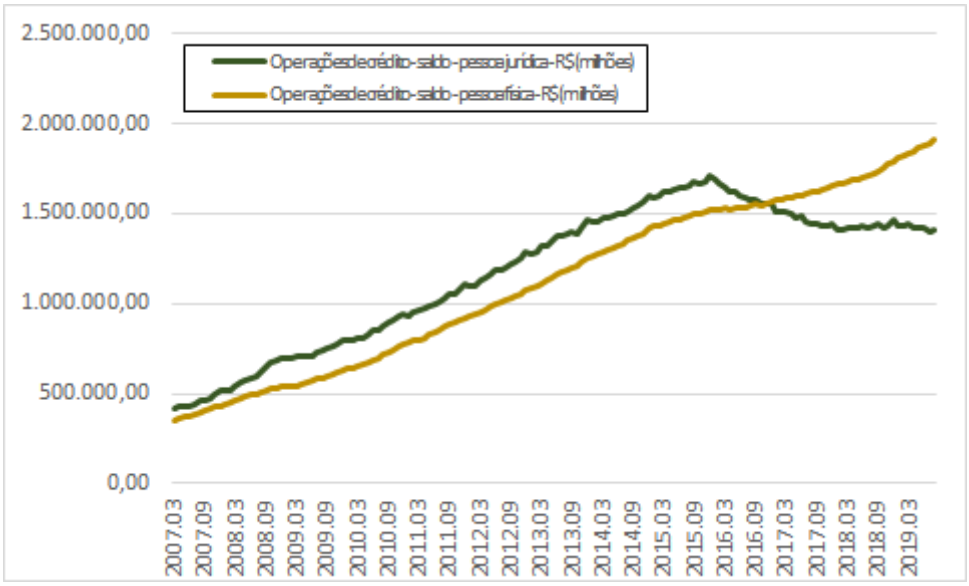
Fonte: Banco Central do Brasil

Para o Brasil, se as últimas décadas do século XX a oferta de crédito era muito escassa – resultado da incerteza causada pelo processo inflacionário crônico que assolou o país nas décadas de 1980 e pela vulnerabilidade externa pós Plano Real na década de 1990 – o início do século XXI foi bastante favorável em termos crédito. Diversos aspectos institucionais e macroeconômicos são responsáveis por este efeito. Como apontam Martins e Ferraz (2018), o ambiente macroeconômico no período entre 2004 e 2009 foi bastante favorável para o mercado de crédito, visto que as políticas expansionistas dos Estados Unidos concomitantemente aos investimentos públicos em infraestrutura da China, o que aumentou o fluxo comercial internacional e consequentemente, aumentou de forma significativa as exportações brasileiras, permitindo um acúmulo de reservas internacionais, ambiente favorável para controle da inflação e redução sustentável da taxa de juros. No aspecto institucional, Filho e Teles (2018) apresentam o papel da Lei nº 11.101/05 promulgada em Junho de 2005, conhecida como Nova Lei das Falências, que moderniza o processo de falência das empresas, tendo como resultado uma expansão do crédito total – uma vez que ela mostrou queda no tempo médio do processo de insolvência, causando um aumento significativo na taxa de recuperação dos credores – criando um ambiente favorável para o crescimento da oferta de crédito. Como podemos ver na Figura 3, houve aumento significativo

na relação Crédito-PIB a partir do ano de 2003. A partir do ano de 2005, em que a Nova Lei das Falências entra em vigor, é possível notar crescimento acelerado até meados do ano de 2015.

A Crise do Subprime, que assolou as grandes economias durante o período de 2007/2008, teve um efeito muito modesto do ponto de vista econômico. Como apontam Filho e Teles (2018), os impactos da crise afetam 2008 com um saldo negativo nas transações correntes e impactos maiores em 2009 com a queda no PIB, observado na Figura 2, mas que logo foi seguido de retomada da atividade econômica. Em suma, o terreno construído ao longo do início do século com inflação controlada, menores taxas de juros e maior confiança nas instituições propiciou um ambiente favorável ao consumo das famílias e empresas, levando o crédito a aumentar de forma significativa. Como podemos observar na Figura 4, o crédito destinado a pessoas jurídicas sempre foi maior, teve significativa queda no ano de 2015, sendo inferior ao crédito destinado para as pessoas físicas.

Figura 4 – Saldo das Operações de Crédito para Pessoas Físicas e Jurídicas



Fonte: Banco Central do Brasil

A crise financeira internacional ainda assombrou por um período considerável de tempo as grandes economias europeias, resultando em adoção por parte do Governo Brasileiro de políticas macroprudenciais afim de evitar possíveis crises que pudessem assolar a economia brasileira. Segundo Abrita et al. (2014), a contração do crédito não aparece na série de crédito/PIB devido a inércia dos dados de crédito; efeito da depreciação do real sobre os estoques das modalidades de crédito com *funding* externo; concessão de novos empréstimos pelos bancos para que os clientes pagassem os prejuízos incorridos nos contratos de derivativos cambiais; e expansão da concessão de empréstimos por parte dos bancos públicos do Brasil (BNDES, Caixa Econômica Federal e Banco do Brasil). Levando em consideração exclusivamente o lado da oferta no mercado de crédito por meio de instrumentos econométricos, Almeida, Divino et al. (2018) constataram por meio de um modelo em que os bancos privados decidem ofertar crédito diante de uma política monetária incerta, que o ambiente econômico não teve impacto na oferta de crédito para o período estudado (entre 2001 e 2012), graças a política de expansão creditícia do governo federal.

O volume de crédito na economia brasileira só começa a inverter a tendência de crescimento em Junho em 2016, período em que houve o impeachment da Presidenta Dilma Roussef, caindo de um patamar de 51,32% na razão Crédito/PIB para 47,53% no ano seguinte, chegando ao mínimo de 46,61%, mas se estabilizando em torno dos 47%. Além do ambiente de incerteza causado pelo impeachment, que faz com que os agentes percam a credibilidade nas instituições, o país também começa a sofrer efeitos da crise econômica, mascarada pela forte intervenção governamental para tentar garantir que a economia continuasse aquecida, mas já esperada por grande parte dos economistas mainstream que entendem que a economia passa por ciclos de expansão econômica seguidos de crise econômica.

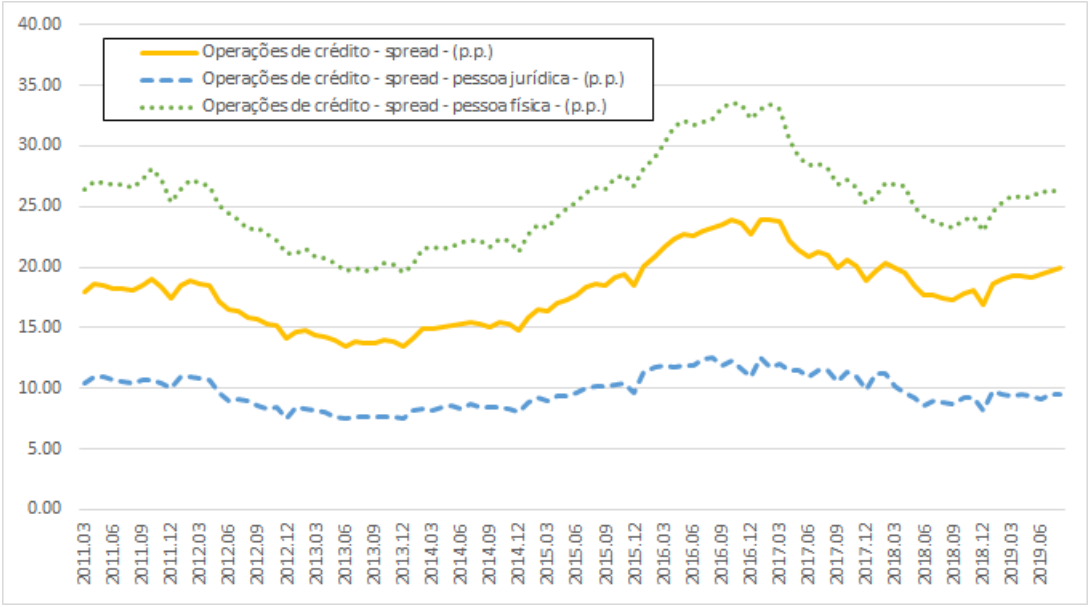
1.2 O Spread Bancário no Brasil

Spread bancário é definido como a diferença entre a taxa de juros básica e as taxas finais (custo do tomador de empréstimos). Apesar desta definição, existem outros aspectos que justificam um *spread* bancário mais alto. São apontadas por Santos (2010) a inadimplência dos tomadores de empréstimos, valores associados ao *mark-up* do banco – as despesas administrativas, os impostos (Imposto de Renda da Pessoa Jurídica e Contribuição Social sobre Lucro Líquido) – e impostos indiretos (como a Contribuição Provisória sobre Movimentação Financeira – CPMF – que ficou em vigor entre 1997 e 2007, mas que voltou a ser rediscutida em 2019 por parte do Governo Federal). Em geral, o risco de crédito, associado ao fato de que o tomador de empréstimo pode não cumprir com suas obrigações, acaba por ser o principal fator associado aos elevados custos de empréstimos – ou mesmo da restrição na oferta de crédito por parte dos bancos, que avaliam a probabilidade do agente em ser inadimplente e também o histórico no cumprimento das dívidas do mesmo. Outro aspecto importante, é que devido a situação de oligopólio bancário presente em nosso país, alcançando em 2016 o maior nível de concentração bancária da história[1]. Como é possível observar na Figura 5, o *spread* médio das operações de crédito são maiores para pessoas físicas, alcançando tendência de aumento desde 2014 e queda a partir de 2017.

Lundberg (1999) junto ao Banco Central do Brasil instituiu o projeto "Juros e *Spread* Bancário no Brasil", em que se buscava adotar reformas estruturais para tornar o mercado de crédito mais eficiente e reduzindo seus custos, afim de reduzir as taxas de juros. As medidas tomadas foram redução nas alíquotas dos depósitos compulsórios pelos bancos comerciais; regulamentação do crédito com consignação em folha de pagamento para servidores públicos, pensionistas e aposentados do INSS; aumento da concorrência do cheque especial, por meio da divulgação diária das taxas de juros praticadas neste segmento de empréstimos; implementação do Sistema de Informação de Crédito, que permitiu diminuir a assimetria de informação entre os bancos e os agentes tomadores de empréstimos, uma vez que a investigação por parte dos bancos do histórico dos clientes apresentava um custo que não era coberto por empréstimos de valores menores, permitindo maior conjunto informacional por parte das instituições bancárias sem prejudicar os bons pagadores; criação da Lei de Falências, que alterava a ordem de prioridade de

[1] TAKAR, Teo. Uol. Disponível em: <https://www.uol/economia/especiais/concentracao-de-bancos.htm#bancos-nas-maos-de-poucos>. Acesso em 04/10/2019.

Figura 5 – Spread Bancário – Pessoas Físicas e Jurídicas



Fonte: Banco Central do Brasil

recebimentos das dívidas das firmas falidas. Estas mudanças permitiram redução nos custos de ofertar empréstimos, além de custos indiretos causados pela assimetria de informação, permitindo uma maior oferta de crédito na economia.

Estudos mais recentes sugerem outras variáveis que poderiam afetar de forma significativa o valor do *spread* bancário para o Brasil. Utilizando métodos estátisticos, Junior et al. (2018) testam um total de dezoito variáveis a fim de entender quais delas seriam significativas para aumentar ou diminuir o *spread* no Brasil. Como conclusão, os autores perceberam que as variáveis eram estatísticamente significativas (p-valor de 5%) para afetar positivamente o *spread*; são a inadimplência, os IPIs (Índices de Produção Industrial) de bens de capital, bens intermediários, bens de consumo duráveis, bens semiduráveis e não duráveis, a Selic, o PIB, a taxa de desemprego e o EMBI+ (*Emerging Markets Bond Index Plus*, um índice que calcula o risco de um país, calculado pela instituição financeira JP Morgan). Já outras cinco afetam negativamente o *spread*, isto é, são responsáveis por diminuir o mesmo; são elas: IPCA (Índice de Preços ao Consumidor), o IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) sobre bens de consumo, o IPI geral, o saldo da carteira de crédito total para recursos livres e o índice de volume de vendas no varejo. Os resultados da pesquisa são interessantes ao passo que, se esperarmos melhoras na atividade econômica por meio de progresso industrial e da competitividade empresarial, geração de empregos e aumento do consumo, é possível ocorrer uma redução no *spread* bancário, resultando na melhora da eficiência da intermediação bancária brasileira.

Dada a importância deste segmento de mercado financeiro, é relevante buscarmos maneiras de representarmos este conjunto de relações dentro dos modelos macroeconômicos, em especial, dos modelos DSGE. Neste sentido, os próximos capítulos buscam um resgate da literatura sobre os canais de transmissão da política monetária e do desenvolvimento dos modelos macroeconômicos até a possibilidade de representarmos o mercado de crédito dentro desta classe de modelos.

2 CANAIS DE TRANSMISSÃO DA POLÍTICA MONETÁRIA

A gestão da política monetária é um dos principais desafios das economias modernas, uma vez que ela desempenha um papel muito relevante dentro de economias com regimes de metas de inflação. Por este motivo, é papel do economista entender em que sentido este tipo de política afeta a tomada de decisões e compreender quais os mecanismos de ação para que possamos prever seus efeitos. Mishkin (1996) trás a discussão de quais são os mecanismos de transmissão da política monetária – o canal de taxa de juro, o canal do apreçamento de ativos financeiros e o canal de crédito – destacando a importância de estudos nessa área para compreensão da gestão desta ferramenta. Neste trabalho, nos dedicaremos ao canal de crédito, embora seja necessário alguma noção dos outros canais que atuam concomitantemente no conjunto complexo da macroeconomia.

O objetivo deste capítulo é compreender a base teórica que justificam o uso de um modelo DSGE para representarmos o canal de crédito na transmissão da política monetária, visto que para isso, é preciso conhecermos a estrutura de um modelo macroeconômico contemporâneo, bem como utilizarmos os conceitos de expectativas racionais para expressarmos as decisões dos agentes dentro da economia – peça chave na representação deste tipo de canal dentro dos modelos econômicos.

2.1 A Transmissão da Política Monetária em um Modelo Com Regime de Metas de Inflação

No processo de aprendizado em nível de graduação, nos dedicamos a aprender modelos simples para criarmos um modo de pensar típido de um economista. Por isso, os alunos de economia se deparam com modelos como IS-LM, IS-LM-BP e OA-DA, que são muito úteis para termos uma primeira intuição sobre as relações e decisões dos agentes dentro de uma economia, mas são modelos distantes da realidade que nos cerca. Comumente apresentado na disciplina de Economia Monetária o modelo de Mishkin (2013) é construído de tal forma que permite que nos aproximemos mais da realidade e também da estrutura dos modelos DSGE, bem como possamos elucidar os canais de transmissão da política monetária. O modelo é conhecido como IS-RT-PDJ-CP, composto por uma curva IS, uma Regra de Taylor e uma Paridade de Juros Descoberta, representando assim uma estrutura econômica da demanda agregada em uma economia aberta; e a Curva de Phillips, representando o lado da oferta agregada.

A curva IS é a representação econômica do mercado de bens e serviços. No modelo IS-LM-BP, nos preocupamos em representá-la com o Consumo, Gastos do Governo, Investimento e Balança Comercial todos devidamente identificados; entretanto, é importante ressaltar que esta é apenas uma das inúmeras formas de representar o mercado de bens e serviços. É fundamental que percebamos a curva IS como representação da relação inversamente proporcional entre o produto (Y) e a taxa de juros (r); garantindo que, por exemplo, a equação $Y = a - br$ seja também uma curva IS simples.

Para o modelo IS-RT-PDJ, a estrutura lógica do mercado de bens e serviços dos modelos

tradicionais se mantém a mesma, ou seja, o consumo será representado da forma habitual, em que os agentes decidem o quanto deverão consumir de acordo com a sua renda disponível $(Y - T)$, dado que eles também consumirão o mínimo para sobreviver (C_0), sendo esta uma representação clássica $(C = C_0 + \beta(Y - T))$. No investimento, teremos o desmembramento do investimento na economia em duas partes, uma que independe da taxa de juros (I_0) e, além de levar em consideração a taxa de juros (r), levaremos em consideração as fricções dos mercados financeiros (f)s. Nesse sentido, poderemos expressá-la como: $I = I_0 - d(\bar{f} + r)$. O dispêndio governamental continuará sendo tratados uma variável exógena determinada pelas ações do Governo, da mesma forma que expressamos nos modelos anteriores $(G = \bar{G})$.

As transações externas aparecerem na relação do mercado de bens em serviços, sob a forma das exportações líquidas, representadas pela relação inversa com a taxa de juros (r), entrando aqui a Paridade Descoberta da Taxa de Juros implicitamente, que será explicada com maior clareza posteriormente. O câmbio é definido pela teoria de alocação de portfólio e, por este motivo, a taxa de juros doméstica afeta diretamente a demanda por ativos domésticos, impactando na taxa de câmbio. Representamos essa relação por: $NX = \bar{NX} - xr$.

Assim, podemos expressar a curva IS, dada por $Y = C + I + G + NX$, que ao substituirmos teremos $Y = C_0 + \beta(Y - T) + I_0 - d(\bar{f} + r) + \bar{G} + \bar{NX} - xr$.

E, ao isolarmos a variável Y, teremos:

$$Y = \frac{1}{1-\beta}(C_0 - \beta T + I_0 - d\bar{f} + \bar{G} + \bar{NX}) - \frac{d+x}{1-\beta}r \tag{2.1}$$

É fácil notar que esta expressão é equivalente a $Y = a - br$, uma vez que a variável a contém tudo o que é exógeno na representação do mercado de bens e serviços, enquanto b representa a inclinação da curva IS no plano produto - taxa de juros.

O colapso do Sistema de Bretton Woods, regime no qual a âncora nominal dos países era o dólar norte-americano, permitiu que outras formas de ancoragem fossem estudadas e assim propostas. Nesse sentido, muitos países adotaram um regime conhecido por Metas de Inflação, em que se busca manter a inflação oscilando dentro de uma janela específica: se a meta de inflação é de 2%, então o banco central deverá tomar medidas para que a inflação oscile dentro de, por exemplo, 1% e 3%. Isto porque a âncora nominal agora passa a ser as expectativas dos agentes em relação a inflação. O comportamento do banco central foi descrito em uma função conhecida como Regra de Taylor, assim chamada pois foi proposta pelo economista John Taylor. Ela é também chamada de Curva de Política Monetária, uma vez que representa o comportamento do banco central diante das oscilações da inflação. Na vida real, o banco central tem uma participação bastante ativa na economia ao tentar controlar a inflação, sendo responsável pelo ajuste que eram atribuídos pelos agentes nos modelos mais antigos, o que garante o uso da Regra de Taylor em uma gama diversa de trabalhos científicos.

Em poucas palavras, a Regra de Taylor nos diz como o banco central determinará a taxa de juros da economia de acordo com a inflação, embora também haja representações deste comportamento que também envolva a estabilização do produto. O economista Irving Fisher, responsável por criar uma relação entre a taxa de juros real e a taxa de juros nominal que é

reconhecida por Equação de Fisher, define a taxa de juros real como a diferença entre a taxa de juros nominal e a inflação esperada pelos agentes, isto é, $r = i - \pi^e$; é possível concluir que toda vez que o banco central diminuí a taxa de juros da economia, a taxa de juros real também diminuí, em menor proporção. O oposto também é verdadeiro. Esta informação é crucial para entendermos como a decisão do banco central é importante para afetar a atividade econômica. Assim, podemos representar este comportamento como:

$$r = \bar{r} + \lambda\pi \tag{2.2}$$

Em que $\bar{r}$ é a taxa de juros base da economia e o parâmetro λ representa a resposta do banco central para uma dada inflação (π).

Dado que o compromisso do banco central é preocupar-se em controlar a oscilação da inflação, permitindo portanto que os agentes entendam com clareza quais são os objetivos e alvos do mesmo, é garantido que a âncora nominal da economia, as expectativas dos agentes em relação a inflação, seja preservada a partir desta estrutura. Portanto, muitas das vezes o comportamento do banco central em garantir que a inflação continue dentro da meta para que suas ações sejam críveis aos agentes, é chamado de ação passiva, em que ele opera a taxa de juros para conseguir controlar a inflação. Entretanto, caso seja necessário uma postura mais agressiva, dizemos que o banco central está operando uma Política Monetária autônoma, geralmente em resposta aos choques que ocorrem durante os ciclos econômicos. Em nossa equação, significaria fazer mudanças na variável $\bar{r}$.

A Paridade da taxa de juros diz respeito a mobilidade de capitais dentro da economia. Por mobilidade de capitais se entende como a possibilidade de se comercializar os ativos domésticos e estrangeiros, permitindo que os agentes possam diversificar o seu portfólio com estes dois tipos de ativos. Nesse sentido, ao tratarmos tanto a moeda doméstica quanto a estrangeira como ativos financeiros, a atratividade destes ativos de acordo com a sua rentabilidade permite a determinação do câmbio em um regime de câmbio flexível, isto é, um sistema em que a taxa de câmbio é definida no mercado de moeda estrangeira. Se definirmos o câmbio como o preço da moeda doméstica, teremos:

$$E = \frac{US\$}{R\$}$$

A formação da taxa de câmbio tem duas explicações complementares, uma para o curto e outra para o longo prazo. No longo prazo, a taxa de câmbio é respondida pela Teoria de Paridade do Poder de Compra (PPC). A PPC nos diz que as taxas de câmbio entre as moedas de dois países irá refletir as mudanças nos níveis de preços destes países, sendo esta uma aplicação da chamada Lei do Preço Único – a concluir que se dois países produzem um bem idêntico, exclusos custos de transporte e barreiras de comércio, os preços deverão ser iguais – para o nível de preços nacionais. Já no curto prazo, é explicada pela oferta e demanda de ativos domésticos e estrangeiros. Neste sentido, os agentes avaliam o retorno esperado desses tipos de ativo, embora leve-se em consideração a variação cambial esperada, já que eles desejam ter seus rendimentos em moeda doméstica e não em moeda estrangeira. Esse comportamento - que é respondido pela

teoria de alocação de portfólio - pode ser representado por:

$$i^d = i^f - \frac{E^e_{t+1} - E_t}{E_t} \tag{2.3}$$

Em que i^d é a taxa de juros doméstica, i^f é a taxa de juros estrangeira e E^e_{t+1} é a taxa de câmbio nominal esperada pelo agentes no período seguinte. Neste aspecto, existe um equilíbrio entre a taxa de juros doméstica e estrangeira, implicando em também equilíbrio do mercado cambial. A expectativa sobre o câmbio tem um papel fundamental na escolha do agente em alocar seu portfólio entre ativos domésticos e estrangeiros hoje, de acordo com o que eles esperam da taxa de câmbio amanhã. Esta relação de paridade, junto à teoria de alocação de portfólio, nos permite concluir que um aumento na taxa de juros doméstica aumenta a demanda por ativos domésticos e que, dada a oferta dos mesmos, a moeda doméstica aprecia. Por outro lado, se a taxa de juros estrangeira aumenta, a demanda por ativos domésticos cai, desvalorizando também a moeda doméstica. Esta estrutura que permite que o câmbio seja determinado em mercado, é típica de regimes de câmbio flexível. Se fosse adotado um regime de câmbio fixo, o banco central deveria atuar utilizando suas Reservas Internacionais para responder as mudanças na demanda e oferta do mercado de moeda estrangeira.

A oferta agregada é tradicionalmente representada nos modelos de equilíbrio geral pela Curva de Phillips. Ela é uma boa representação para a oferta agregada de curto prazo, uma vez que a teoria nos mostra que no longo prazo o produto alcança seu valor potencial. As contribuições de Phillips nos permite expressar as estruturas do mercado de trabalho por meio da relação inversa entre a inflação e o desemprego. Essa relação é comumente expressa por:

$$\pi = \pi^e - \omega(U - U_n) + \rho \tag{2.4}$$

Em que temos a inflação (π) como uma relação entre a expectativa de inflação dos agentes (π^e) e a diferença entre a taxa de desemprego observada (U) e a taxa de desemprego natural (U_n), ponderada por um parâmetro ω e os choques nos preços (ρ).

Nos estudos macroeconômicos, é conveniente trabalharmos com as variáveis inflação e produto - ainda que seja possível resgatar os efeitos na taxa de desemprego - e nesse aspecto será necessário utilizarmos a chamada Lei de Okun. Ela foi proposta pela economista Arthur Okun e é responsável por fazer a ligação entre a taxa de desemprego e o produto, sendo uma relação inversamente proporcional entre o gap da taxa de desemprego com a taxa de desemprego natural e o gap entre o produto e o produto potencial. Matematicamente:

$$U - U_n = -\alpha(Y - Y^p) \tag{2.5}$$

Substituindo esta relação na Curva de Phillips, teremos a seguinte expressão que representará a oferta agregada de curto prazo:

$$\pi = \pi^e + \gamma(Y - Y^p) + \rho \tag{2.6}$$

Perceba que o parâmetro γ é a multiplicação dos parâmetros da Curva de Phillips e a Lei de Okun.

Diante da estrutura do modelo, o primeiro canal que surge apresentado por Mishkin (2013) é o canal da taxa de juro, é resultado do modelo tradicional IS-LM e seus efeitos são observáveis graças a rigidez nominal nos preços. Como vimos na estruturação do modelo IS-LM, uma política monetária expansionista resultará em uma queda na taxa de juro, estimulando o investimento e, pelo efeito multiplicador, aumentando o produto. Ainda que o modelo IS-LM seja o mais simples para evidenciar este primeiro canal, modelos mais complexos também chegam aos mesmos resultados.

Com teorias um pouco mais contemporâneas que explicam o comportamento dos agentes frente ao consumo e investimento, o canal de apreçamento dos ativos financeiros apresenta dois subcanais chaves para a compreensão deste canal de transmissão. O primeiro é o canal da taxa de câmbio, em que em um regime de câmbio flexível, uma política monetária expansionista diminuiria a taxa de juros, o que permitiria um fluxo de capitais para o exterior, uma vez que os depósitos em moeda estrangeira no país se tornariam menos atrativos, resultando em uma desvalorização da moeda doméstica. Em contrapartida, esta desvalorização cambial permite um aumento das exportações, aumentando portanto o produto. O segundo subcanal é do preço do patrimônio líquido das empresas, explicado pela teoria do q de Tobin, em que o q é o rácio entre o valor de mercado das firmas dividido pelo custo de reposição de capital. Quando há uma política monetária expansionista, o processo resulta no aumento generalizado dos preços e, consequentemente, do valor de mercado das empresas, aumentando o q. Este aumento permite que as empresas façam mais investimento produtivo, aumentando o produto da economia. A segunda explicação é pela teoria do ciclo de vida de Modigliani, que diz sobre a escolha intertemporal dos agentes acerca do consumo, a partir da sua riqueza, sendo o principal fator de riqueza financeira a posse de ações. Quando ocorre uma política monetária expansionista, que resulta no aumento generalizado dos preços e portanto no preço das ações, a riqueza financeira das famílias aumenta, criando incentivos a aumentar seu consumo. O aumento do consumo gera, portanto, aumento do produto.

O canal de crédito, por sua vez, não surge de forma explícita como desejamos. Isso porque expressar de forma clara os efeitos deste canal faz necessário o uso de fundamentos microeconômicos que não são presentes neste modelo, necessitando de estruturas mais sofisticadas e de outras ferramentas teóricas para tal fim. Diante disso, é mais cômodo apresentarmos formalmente o canal de crédito quando introduzirmos este mecanismo de transmissão nos modelos DSGE.

2.2 A Teoria das Expectativas Racionais

No modelo IS-RT-PDJ-CP π^e é uma variável que representa a inflação esperada pelos agentes. Dizer que esta é uma variável expectacional significa que precisamos definir qual é o comportamento dos agentes que propiciam a formação destas expectativas e para isso precisamos da hipótese de expectativas racionais. Segundo Scarth (2009), a hipótese de expectativas racionais significa que os agentes econômicos tentam minimizar seus erros de previsão – a diferença entre os valores esperados e os observados – sujeitos as informações disponíveis e os

custos confrontados por eles ao tomar uma decisão, fazendo portanto o melhor que poderia ser feito dada as circunstâncias em que foram expostos. Estamos agora tratando de variáveis aleatórias e para entendermos seu comportamento, devemos recorrer aos conhecimentos de estatística. A hipótese de expectativas racionais implica que a expectativa dos agentes será igual ao valor observado da variável, exceto quando ocorre alguma perturbação informacional, isto é, um choque aleatório (ε), que é um ruido branco.

$x_t = x_t^e + \varepsilon$

Nessa estrutura, x_t^e é a expectativa dos agentes sobre a variável x no período t. $E_{t-1}(x_t)$ é a esperança matemática da variável x, em que a decisão está condicionada as informações disponíveis no período anterior, o que implica $x_t^e = E_{t-1}(x_t)$. Em expectativas racionais os agentes são expostos a uma série de choques estocásticos causados por ε; e apesar de não terem a informação completa sobre a economia, estes agentes reconhecem a distribuição de probabilidade gerada pelos choques, o que os permite formar expectativas. Essa relação nos permite concluir que, em média, os agentes sempre acertam suas previsões. Isso não implica que eles não cometerão erros, mas que não cometerão erros de previsão sistemáticos.

Para consolidarmos o conhecimento sobre a hipótese de expectativas racionais, Scarth (2009) propõe um modelo de equilíbrio geral relativamente simples, em que se utiliza a expectativa formada hoje para o produto de amanhã. As expectativas racionais são responsáveis por garantir a consistência do modelo, em que não temos a presença de um setor externo, ao mesmo tempo que as variáveis fiscais são dadas como constantes. A representação do comportamento dos agentes no mercado de bens e serviços, a curva IS (equação 2.7), é a relação inversamente proporcional entre o nível de produto e a taxa de juros, que é baseada em uma otimização intertemporal, que existe uma variável (v_t) responsável por causar choques de demanda. No lado da oferta agregada, por meio do lado de oferta no mercado de bens, é utilizada uma curva de Phillips (equação 2.8) em que existe uma variável responsável por causar choques aleatórios pelo lado da oferta (u_t). Para o comportamento do banco central, é utilizada uma função de reação as oscilações do nível de preço, semelhante ao que ocorre na regra de Taylor (equação 2.9. Estas três equações comportamentais são as mesmas presentes no modelo IS-RT-PDJ-CP, exceto pelo fato de que o modelo de Mishkin (2013) possuí uma economia aberta. Podemos indicar o conjunto de equações, em que as variáveis são log-linearizadas, como:

$$y_t = \alpha + \psi r_t + v_t \tag{2.7}$$

$$p_t - p_{t-1} = \phi y_t + E_{t-1}(p_t) - p_t + u_t \tag{2.8}$$

$$r_t = \bar{r} + \gamma(p_t - 0) \tag{2.9}$$

Note que u_t e v_t são ruídos branco, com variância σ_u^2 e σ_v^2, respectivamente. As expectativas racionais estão inseridas nas variáveis onde existe o operador esperança, em que os agentes criam expectativas sobre o nível de preços e o produto no momento presente, baseado nas informações passadas. A estrutura das expectativas racionais nos modelos macroeconômicos

tem como consequência que o conjunto de informações dos agentes é a própria estrutura do modelo, o que permite, nesta estrutura simplificada do modelo proposto por Scarth (2009), que possamos resolvê-lo. Choques de demanda apresentam um pequeno efeito no produto real, ao passo que os choques de oferta afetam de forma muito maior o produto real e o nível geral de preços. Se por exemplo, ocorre um choque negativo de demanda, o nível de preços aumentaria, mas devido a ação do banco central, o banco central sacrifica a volatilidade do produto afim de garantir estabilidade do nível geral de preços, aumentando a taxa de juros e diminuindo o produto. Já um choque de oferta negativo, que aumentaria o nível de preços e diminuiria o produto, faz com que o banco central tome providências de forma a aumentar a taxa de juros, afim de diminuir o nível geral de preços, mas acentuando ainda mais a queda do produto, o que acaba por gerar um trade-off de volatilidade. Estes mesmos resultados são encontrados para o modelo IS-RT-PDJ-CP: em um contexto de regime de metas de inflação, se temos choques de demanda, é desejável uma postura mais agressiva para controlar a oscilação da inflação. Entretanto o mesmo não é desejável quando o choque é causado pelo lado da oferta por causar um efeito severo no produto real; significando que o banco central deverá se preocupar com o impacto de suas ações nas variáveis reais (produto e nível geral de preços).

2.2.1 Métodos Recursivos e Expectativas Racionais

Dado este primeiro contexto de expectativas racionais, muito importante na classe de modelos que utilizam o regime de metas de inflação, é preciso também pensar em que sentido as expectativas racionais são úteis para modelos em que utilizamos o canal de crédito na transmissão da política monetária. O mercado de crédito é a forma mais fácil de acesso a liquidez para as famílias que desejam adiantar consumo e também para as pequenas empresas que desejam investir nos seus projetos, pensando numa perspectiva intertemporal. Entretanto, o conjunto de informações para a tomada de decisão deve ser muito bem definido e partindo dos conceitos de expectativas racionais, o comportamento em geral é bem explicado à luz desta teoria. No contexto de modelos macroeconômicos, assim como as expectativas racionais são necessárias para garantir a consistência do modelo proposto por Scarth (2009), os modelos DSGE também necessitam das expectativas racionais para que seja possível fazer afirmações consistentes sobre os seus resultados. Entretanto, as expectativas racionais se enquadram em um panorama mais sofisticado nestes modelos, em que existem decisões intertemporais, exigindo outros instrumentos matemáticos e estatísticos para resolver estes desafios. Uma destas ferramentas, é o método recursivo. Segundo Backus, Routledge e Zin (2008), nos estudos do comportamento econômico num contexto dinâmico e estocástico, os métodos recursivos são amplamente utilizados e estes métodos são um bom complemento para as preferências dentro dos modelos econômicos, o que se chama de preferências recursivas. As preferências recursivas focam especialmente no *trade-off* entre a utilidade do período atual e a utilidade dos períodos futuros. Em poucas palavras, as preferências recursivas são a expressão intertemporal dos agentes frente as incertezas do futuro, dado que suas decisões hoje afetam suas oportunidades do futuro. Assim, como muitos métodos recursivos são utilizados para resolver modelos dinâmicos e estocásticos, é possível utilizar estes

algoritmos para resolver problemas e simular resultados relacionados a utilidades recursivas. Basicamente, os autores utilizando funções de utilidade esperadas com e sem a presença de risco, dentro de um contexto de escolhas intertemporais de consumo, levando em consideração o comportamento de agentes avessos ao risco ou avessos à decepção.

Partindo de uma perspectiva de equilíbrio geral em modelos macroeconômicos, Mehra (2008) nos apresenta a teoria de equilíbrio competitivo recursivo, que surge para discutir se alocação dentro dos modelos econômicos, que são representados por regras de decisões dos agentes, apresentam equilíbrio competitivo. Estas regras de decisão especificam as ações no presente como uma função de um número limitado de variáveis de estado (*state variables*) que resumem os efeitos de decisões passadas e informação atual, que permite aos agentes terem informação sobre o estado atual da economia, resultando que suas ações, aliadas à incerteza exógena, determinam os valores dessas variáveis de estado no período seguinte. Formalmente, Mehra (2008) define o equilíbrio competitivo recursivo como o conjunto de funções (regras de decisão) de tempo invariante de um número limitado de variáveis de estado – que incluem uma função de precificação, uma função de valor, uma política de alocação especificando a decisão individual, uma política de alocação especificando a decisão de cada firma e uma função especificando a lei de movimento do estoque de capital – que resumem os efeitos de decisões passadas e informação corrente. Desta forma, os agentes à luz da hipótese de expectativas racionais, têm seu comportamento moldado ao conjunto de informações disponíveis – que em geral, são as informações contidas no próprio modelo – utilizando a programação para tal fim.

Rust (2008) define a programação dinâmica como um método recursivo para a solução de problemas com decisão sequencial, permitindo aos economistas resolverem modelos envolvendo a tomada de decisão sob incerteza, em que há probabilidades condicionadas ao passado das variáveis e decisões tomadas dentro do modelo. Nestes problemas de decisão sequencial, sempre há uma variável de estado e uma variável de decisão, podendo o tempo ser discreto ou contínuo, tendo também uma regra de decisão que maximize o *pay-off* do agente. Shin (2008) apresenta a equações de Bellman, que tem como papel simplificar os problemas de decisão sequencial, nomeadas assim em homenagem ao criador da programação dinâmica Richard E. Bellman. A conexão entre um problema de decisão sequencial – geralmente muito complexo e que impede que consigamos resolver os problemas manualmente ou por ajuda de *softwares* – e os problemas recursivos – a transformação dos problemas que não podem ser resolvidos em problemas menos complexos que podem nos dar indícios dos resultados esperados do primeiro modelo – é chamado de principio da otimalidade. Sendo assim, Shin (2008) conclui que a programação dinâmica permite aos economistas analisar problemas de interesse econômico que não poderiam ser solucionados de outra forma. No modelo de Cooley e Prescott (1995), que será apresentado no próximo capítulo, podemos observar que estes métodos de resolução recursiva foram adotados à luz da hipótese de expectativas racionais. Isto porque, como a decisão dos agentes é sequencial e ao longo do tempo, podemos utilizar artifícios que garantissem que o modelo pudesse ser solucionado, dentro de um contexto de equilíbrio competitivo.

3 OS MODELOS DINÂMICOS E ESTOCÁSTICOS DE EQUILÍBRIO GERAL

A sigla DSGE é derivada do inglês *Dynamic Stochastic General Equilibrium*, em tradução livre, Equilíbrio Geral Dinâmico e Estocástico, uma ferramenta econômica que surgiu com a teoria do equilíbrio dinâmico na década de 1970 entre os pensadores da corrente ortodoxa da economia. Fernández-Villaverde (2010) nos mostra a importância dos modelos DSGE aplicados na literatura econômica, tendo como marco o artigo *Time to Build and Aggregate Fluctuations* (1982) dos economistas Finn Kydland e Edward Prescott, que apresentavam um modelo neoclássico típico, com agentes otimizadores, expectativas racionais e compensação de mercado (modelos em que a oferta é igual a demanda), a produzir dados mais próximos da realidade.

O trabalho inovador de Kydland e Prescott acabou por incentivar que alunos de pós-graduação utilizassem o DSGE como ferramenta de pesquisa, muito por conta de sua flexibilidade, a permitir serem aplicadas hipóteses keynesianas, como rigidez nominal e outras imperfeições de mercado. A beleza desta metodologia, segundo Fernández-Villaverde (2010), surge quando é combinado modelos DSGE com a importância da moeda nos estudos empíricos, sendo atualmente amplamente utilizado para estudos envolvendo políticas macroeconômicas, como é o caso de modelos envolvendo a política monetária.

Embora o uso de modelos DSGE seja recorrente na literatura econômica, em bancos centrais e outras instituições públicas que lidam com problemas econômicos, a crise do Subprime levantou dúvidas sobre a eficácia do uso desta ferramenta na análise de políticas fiscal e monetária, uma vez que estes modelos apresentam certas limitações que ainda não foram superadas. Entretanto, Lindé (2018) defende que os modelos DSGE são flexíveis o suficiente para serem usados para os mais variados fins, tendo a qualidade de ser possível incluir agentes que criam expectativas sobre o futuro, tornando-o mais próximo da realidade, enquanto outros modelos são frequentemente mais limitados em termos de questões que podem ser abordadas - como é o caso dos modelos tradicionais discutidos anteriormente - permitindo que modelos DSGE sejam mais sofisticados, englobem os fatos estilizados recentes da economia e permaneçam como uma ferramenta de trabalho em muitas instituições políticas por um longo tempo.

Os modelos DSGE são uma importante ferramenta para os formuladores de política econômica, que apesar de não serem capazes de prever resultados, são de suma importância para evidenciar tendências que auxiliam no conjunto informacional necessário para se implementar uma política econômica com efetividade.

3.1 As Origens dos Modelos DSGE

O paradigma keynesiano foi bastante utilizado entre os economistas da corrente principal no período pós crise de 1929. Entretanto, na década de 1970, com as crises do petróleo, diversos países sofreram o fenômeno de *estagflação* – períodos em que apresentava-se grandes taxas de desemprego e altos índices de inflação – causando insatisfação entre a corrente neoclássica da época. Em sua crítica aos modelos keynesianos, os neoclássicos questionavam a não existência

de microfundamentação nestes modelos, o que impossibilitava a corroboração com os fatos estilizados da economia. Os chamados *real business cycle model* foram criados pautados nestes aspectos microfundamentados, baseado nas hipóteses do pensamento neoclássico, mas com a adição de choques, adotando portanto a hipótese de expectativas racionais.

Como apresenta Snowdon e Vane (2005), a chamada escola de *Real Business Cycle* (RBC), partia do pressuposto que as políticas orientadas ao lado da oferta seriam mais interessantes para alcançar o pleno emprego. A teoria do *real business cycle* foi muito orientada para entender as flutuações econômicas e como elas são causadas, muitas vezes utilizando modelos de crescimento econômico.

Os teóricos desta escola partiam do pressuposto de que os mercados dentro da economia eram fundamentalmente estáveis, entretanto ocorriam choques exógenos que garantiam as oscilações econômicas. Diferente dos modelos que vimos até agora, em RBC, como o próprio nome já diz, só são tratadas questões reais e não nominais, portanto não temos moeda e outras variáveis nominais.

3.1.1 Um Modelo Estocástico de Crescimento Econômico com Escolha entre Lazer e Trabalho

Para garantir um conhecimento conciso da teoria do *real business cycle*, trataremos de um modelo simples enunciado por Cooley e Prescott (1995), em que as famílias podem variar seu consumo e oferta de trabalho ao longo do tempo, uma vez que eles se deparam com a incerteza da produtividade futura. Estas famílias são inúmeras e vão existir para sempre. Seu tempo deverá ser dividido entre o trabalho ℓ_t e lazer h_t, que deverá valer $\ell_t + h_t = 1$. As famílias também possuem um estoque inicial de capital k_0, que poderá ser emprestado para as firmas, podendo ser investido pelas mesmas.

Para descrever o comportamento das famílias, é utilizado uma função utilidade, em que cada período é definido como a sequência estocástica entre consumo e lazer, isto é, a escolha entre trabalhar mais para consumir mais ou trabalhar menos e ter mais tempo para lazer. É definido como:

$$U[c(\cdot), \ell(\cdot)] = E\Big(\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(c_t, 1 - \ell_t)\Big) \tag{3.1}$$

Na estrutura deste modelo, as expectativas racionais entram nesta equação, a partir da esperança matemática da utilidade individual, marcando portanto a microfundamentação dos modelos RBC. Se nos lembrarmos do modelo proposto por Scarth (2009), apesar de termos expectativas racionais, a microfundamentação não é presente, uma vez que ela acarreta em maior complexidade aos modelos estocásticos. A equação (2.1) é muito significativa no sentido de nos mostrar que, dentro do modelo, as famílias criam expectativas do período inicial até o infinito, sujeito a escolha intertemporal entre consumo e lazer. Dizer que as famílias tem um horizonte temporal infinito não significa necessariamente que os indivíduos dentro da família serão imortais, mas sim que a sucessão geracional dentro da unidade familiar impede que ela

seja extinta, isto é, ao mesmo tempo que os velhos morrem, os jovens também nascem. Esta relação de utilidade é possível ao pensarmos que os mercados estão em competição perfeita e que, portanto, é estamos sempre em equilíbrio geral. O parâmetro β representa a taxa intertemporal de desconto e é importante por nos informar o quão impacientes os agentes são em relação a abdicar consumo futuro por consumo presente, sendo um parâmetro entre zero e um.

Como, por hipótese, as famílias são ofertantes de capital e trabalho para as firmas, sendo estas detentoras de tecnologia descrita nas funções de produção agregada $F(k_t, \ell_t)$, representado pela seguinte função de produção:

$$y_t = e^{z_t} F(k_t, \ell_t) \tag{3.2}$$

Temos que z_t é a produtividade, responsável por gerar a incerteza presente na economia quando é assumido que z_t seja definido como:

$$z_t = \rho z_{t-1} + \epsilon_t \tag{3.3}$$

Nesta equação composta por um processo autorregressivo de primeira ordem, é inserida a estocasticidade ao modelo, semelhante ao que ocorre no modelo de Scarth (2009), em que a variável estocástica é representada pelos preços. Aqui, temos que ρ é um parâmetro responsável por causar estabilidade ao modelo e que, por este motivo, é definido no intervalo entre zero e um; enquanto o erro aleatório ϵ tem distribuição normal, com média zero e desvio padrão σ_ϵ, sendo portanto um ruído branco, responsável pela incerteza dentro do modelo. O produto da economia flutuará graças a estes choques, embora o produto esteja sempre em equilíbrio competitivo, pois como falamos anteriormente, é suposto que os mercados estão neste mesmo estado.

Nesta economia, que não há governo e nem setor externo, o dispêndio doméstico é formado pelo consumo (c_t) e o investimento (i_t). Diferente dos modelos que vimos até agora, como o de Scarth (2009), em que ocorriam perturbações na demanda agregada, os modelos novo-clássicos partem do pressuposto de que a demanda agregada está sempre em equilíbrio. Esta relação é definida como:

$$y_t = c_t + i_t \tag{3.4}$$

É assumido que o estoque de capital deprecia exponencialmente a taxa δ e que os consumidores aumentam o estoque de capital investindo uma parte da produção real em cada período (investir em um período t gera um capital produtivo no período $t+1$). Esta relação é responsável pela dinâmica dentro dos modelos de RBC e, se nos recordarmos do modelo proposto por Scarth (2009), esse tipo de equação não existe. Portanto, a lei de dinâmica do estoque de capital agregado será:

$$k_{t+1} = (1 - \delta)k_t + i_t \tag{3.5}$$

Para formularmos o problema das famílias, necessária resolvermos o modelo, devemos formular algumas hipóteses sobre a função de utilidade dos agentes e a função de produção.

Assumiremos que a produção é do tipo Cobb-Douglas, porque ela é capaz de representar um crescimento econômico em que o capital e trabalho são aproximadamente constantes ao longo do tempo, exceto quando o preço relativo desses *inputs* se alteram. É definida como:

$$F(k_t, \ell_t) = k_t^{\alpha} l_t^{1-\alpha}$$

O parâmetro α representa a participação do capital, uma vez que se este é pago pelo produto marginal, será possível receber uma fração da produção. A função de utilidade dos agentes é baseada de aspectos empíricos da economia norte-americana no período do pós-guerra, baseada na ideia de aumento de salários e do lazer per capital. Isso implica que a elasticidade de substituição entre consumo e lazer deverá ser próxima da unidade. É definida como:

$$u(c_t, 1 - l_t) = \frac{(c_t^{\theta}(1 - \ell_t)^{1-\theta})^{1-\tau}}{1 - \tau}$$

Em que $1/\tau$ é a elasticidade de substituição intertemporal e θ representa a participação do lazer na composição do conforto do agente.

Então, o problema da família representativa é definida por:

$$\max_{\{c_t, \ell_t\}_{t=0}^{\infty}} E_0 \sum_{t=1}^{\infty} \beta^t \frac{(c_t^{\theta}(1 - \ell_t)^{1-\theta})^{1-\tau}}{1 - \tau}$$

sujeito a

$$c_t + i_t = e^{z_t} k_t^{\alpha} \ell_t^{1-\alpha}$$

$$k_{t+1} = i_t + (1 - \delta) k_t$$

$$z_t = \rho z_{t-1} + \epsilon_t$$

A resolução do problema é feita graças a hipótese de expectativas racionais, uma vez que a decisão dos consumidores é sequencial, decidida a cada passo do tempo. Se é definida a condição de ótimo pra qualquer instante do tempo, significa que está condição de ótimo valerá para qualquer período entre t e o infinito. Por isto a resolução deste problema utiliza o método de equação de Euller, uma condição de primeira ordem para um t qualquer, que decorre de um processo de otimização a cada período de tempo. Esta condição intertemporal de Euler é expressa como:

$$\frac{(c_t^{\theta}(1 - \ell_t)^{1-\theta})^{1-\tau}}{c_t} = \beta E_t \Big[\frac{(c_{t+1}^{\theta}(1 - \ell_{t+1})^{1-\tau}}{c_{t+1}} (1 + \alpha e^{z_t} k_t^{\alpha-1} \ell_t^{\alpha} - \delta) \Big] \tag{3.6}$$

3.2 O Resgate da Teoria Keynesiana nos Modelos DSGE

Depois de certa hegemonia do pensamento novo-clássico nos modelos de *real business cycle*, evidências empíricas em estudos da década de 1980 apontaram que a política monetária teria efeito na economia real de curto prazo, colocando em dúvida se de fato as teorias keynesianas não eram mais suficientes para explicar a economia real. Como apontam Snowdon e Vane (2005), a corrente keynesiana ortodoxa que outrora se contrapunha aos microeconomistas novo-clássicos,

acaba por aceitar que de fato a síntese neoclássica apresenta alguns fundamentos verdadeiros e que ao serem adotados pela economia Keynesiana, permitiu que esta dominasse a macroeconomia novamente.

Apesar de se oporem a explicação novo-clássica sobre as flutuações econômicas, os então chamados novo-keynesianos compartilhavam dois aspectos com a metodologia novo-clássica: primeiro, que as teorias macroeconômicas necessitavam de uma sólida base microeconômica; segundo, que os os modelos macroeconômicos são melhor construídos em modelos de equilíbrio geral. E nesse sentido, empregou-se aos modelos de equilíbrio geral, aspectos keynesianos que pudessem sintetizar aquilo que se observava na realidade: existem uma variedade de imperfeições no mundo real, como assimetria de informação, agentes heterogêneos e mercados imperfeitos ou mesmo incompletos, fazendo com que a teoria novo-keynesiana busque na microeconomia moderna respostas para a realidade que nos cerca. É o caso da rigidez nominal temporária dos preços, uma fricção chave para que exista um efeito não neutro da política monetária.

3.2.1 Um Modelo Novo-Keynesiano de Política Monetária

Clarida, Gali e Gertler (1999) descreveram uma importante estrutura de um modelo macroeconômico para definir regras na gestão política monetária, com ou sem a credibilidade de comprometimento – a chamada regra *versus* discrição. No modelo IS-RT-PDJ, por exemplo, este comportamento é descrito pela Regra de Taylor, em que o banco central num regime de metas de inflação utiliza uma regra para a taxa de juros. O modelo, que ficou conhecido como CGG em referência aos autores, é pertencente a escola novo keynesiana, "keynesiano"porque se assume rigidez nominal dos preços e "novo"porque adota metodologias avançadas da modelagem macroeconômica: a microfundamentação no desenho do comportamento dos agentes econômicos, além dos aspectos estocásticos discutidos na hipótese de expectativas racionais. O modelo CGG utiliza a estrutura de uma curva IS com uma característica que difere do tradicional modelo que vimos anteriormente: as equações comportamentais agregadas dependem explicitamente da otimização das firmas e das famílias, deixando clara a microfundamentação deste tipo de modelo. O mercado de bens e serviços é representado por uma curva IS em termos da relação inversa do gap do produto (x_t) – a diferença entre produto observado (y_t) e o produto potencial (z_t) – e da taxa real de juros (r_t). Pela equação de Fisher, a diferença entre a taxa de juros nominal (i_t) e a expectativa de inflação ($E_t\pi_{t+1}$) é equivalente a taxa de juros real e esta relação descrita na relação da curva IS, que pode ser descrita como:

$$x_t = -\varphi[i_t - E_t\pi_{t+1}] + E_t x_{t+1} + g_t \tag{3.7}$$

A curva IS é resultado de um processo de otimização comportamental das famílias com expectativas racionais em cada período de tempo, em que a decisão individual de consumo hoje considera a expectativa do consumo no futuro. O gap do produto surge pelo fato de os agentes preferem suavizar o consumo ao longo do tempo, resultando que se há uma expectativa de aumento do consumo no próximo período (associado a um maior produto no período seguinte), os agentes preferem consumir mais hoje, aumentando a demanda por produto. O efeito negativo

da taxa de juros real (r_t) é evidenciado pela substituição intertemporal do consumo resultado da ação dos agentes, pois ao serem confrontados com choques, as famílias tendem a equalizar seu consumo, porém poupam mais quando a taxa de juros é alta; o parâmetro φ representa a elasticidade da substituição intertemporal do consumo. A variável g_t representa a variação esperada dos gastos do governo em relação ao gap do produto, sendo portanto o canal em que ocorrerão os choques de demanda e onde será inserida a estocasticidade do modelo. A variável é representada como um processo autorregressivo de primeira ordem:

$$g_t = \mu g_{t-1} + \hat{g}_t \tag{3.8}$$

Os choques de demanda serão causados pelo ruído branco $\hat{g}_t$ com variância igual a σ_g^2. Para gerar uma trajetória estável, o parâmetro μ é definido no intervalo entre zero e um. Este choque de demanda só é possível porque tratamos de modelos que agregam a teoria keynesiana, pois como vimos no modelo de RBC, o mercado de bens e serviços está em constante equilíbrio. No modelo proposto por Scarth (2009), que também adota a atenção ao lado da demanda agregada, este tipo de choque também é apresentado, ainda que numa versão muito mais simplificada, pois não apresenta a dinâmica introduzida aqui.

Para representar a oferta agregada, o modelo utiliza-se da curva de Phillips, ao basear-se na decisão de configuração individual dos preços nominais pelas firmas com expectativas racionais. Estas firmas fixam o preço num contexto de mercados de competição monopolística, isto é, existe livre entrada e saída de firmas e os produtos ofertados pelas firmas são ligeiramente diferenciados, o que permite fixar preços um pouco acima dos preços de mercado; hipótese esta que se contrapõe ao modelo RBC que admite que as firmas se encontram em mercados competição perfeita. É nesta representação que também se evidencia a teoria keynesiana: devido a rigidez nominal de fixação dos preços no curto prazo, as firmas tem apenas alguma probabilidade dada de serem capazes de ajustar seu preço ao nível que possam maximizar seu lucro. O preço fixado depende da expectativa das firmas sobre os preços futuros e um fator de desconto β; e quanto maior a rigidez nominal, menos a inflação é explicada pelo gap do produto, relação representada pelo parâmetro λ. A curva de Phillips é representada como a relação positiva entre a inflação π, o gap do produto x_t e a inflação esperada $\beta E_t \pi_{t+1}$:

$$\pi_t = \lambda x_t + \beta E_t \pi_{t+1} + u_t \tag{3.9}$$

Nesta representação, a variável u_t é o *cost-push* da inflação, uma vez que eventuais aumentos de custos de produção, como os salários, também acarretam aumento da inflação. Diferente do que ocorreu no modelo de RBC, em que os choques de oferta eram causados por meio da produtividade por tratar constantemente da competição perfeita nos mercados, no modelo CGG os choques de oferta são causados por estes *cost-push* da inflação. O comportamento de u_t é descrito como um processo autorregressivo de primeira ordem, em que $\hat{u}_t$ é um ruído branco com variância igual a σ_u^2:

$$u_t = \rho u_{t-1} + \hat{u}_t \tag{3.10}$$

Fica clara a representação da curva de Phillips pois é possível notar que existe uma relação positiva entre a inflação e o produto, para um dado nível de inflação esperada; como tratamos anteriormente ao apresentarmos a curva de Phillips, esta relação é equivalente a relação negativa entre inflação e o desemprego, embora este *trade-off* só apareça no curto-prazo, já que no longo prazo as expectativas se ajustam e o *trade-off* deixa de existir.

Na discussão sobre o comprometimento ou discricionariedade do banco central, o modelo apresenta uma função objetivo da política monetária. O banco central define a taxa de juros nominal ao minimizar uma função de perda, observando o comportamento do gap do produto e da inflação:

$$minL_t = \frac{1}{2}E_t\Big(\sum_{\tau=0}^{\infty}\beta^{\tau}[\alpha x_{t+\tau}^2 + \pi_{t+\tau}^2]\Big) \tag{3.11}$$

O parâmetro α é o peso dado ao objetivo do banco central de estabilizar o produto em comparação com o objetivo de estabilizar a inflação. Esse comportamento de minimizar uma função de perda nos diz que o banco central adota uma taxa de juros no período t para manter no futuro o gap do produto e a taxa de juros tão próximas quanto possível da meta adotada. Como o gap do produto e a inflação no período t não dependem dos valores passados, mas apenas da expectativa dos valores futuros, o problema de otimização do banco central pode ser resolvido como uma sucessão de decisões estáticas, que nos leva ao problema final do modelo CGG:

$$minL_t = \frac{1}{2}[\alpha x_t^2 + \pi_t^2] + F_t$$

sujeito a

$$\pi_t = \lambda x_t + f_t$$

$$F_t = \frac{1}{2}E_t\Big(\sum_{\tau=0}^{\infty}\beta^{\tau}[\alpha x_{t+\tau}^2 + \pi_{t+\tau}^2]\Big)$$

$$f_t = \beta E_t\pi_{t+1} + u_t$$

Resolver o modelo nos mostra que o banco central deve aumentar a taxa de juros nominal em resposta a um choque de demanda positivo ou de um choque de oferta positivo. Embora no choque de demanda positivo, ocorra a estabilização simultânea do gap do produto e da inflação; no choque de oferta, exista o *trade-off* entre a estabilidade do gap do produto e da inflação. Esta escolha só desaparece quando é assumido um valor nulo para α, já que o objetivo do banco central não seria mais se comprometer com a estabilidade do produto.

3.3 Introduzindo o Canal de Crédito nos Modelos Novo-Keynesianos

O canal de crédito apresenta aspectos interessantes por abordar o conceito de informação assimétrica dentro do contexto de mercados financeiros, sendo dividido em dois subcanais. O primeiro subcanal é o do balanço patrimonial, em que Bernanke e Gertler (1995) detalharam os pormenores do desenvolvimento do canal de crédito, a ressaltar a existência de imperfeições no mercado de crédito associadas a informação na relação entre aqueles que emprestam e aqueles que tomam emprestado: geralmente, aquele que pede emprestado tem maiores informações

acerca do empreendimento que se quer investidor do que quem empresta, associado também ao risco de inadimplência. Isto implica que a taxa de juros será um fator decisivo para os tomadores de empréstimo, uma vez que poderá afetar diretamente – a partir da atualização dos fluxos financeiros de seu investimento – e indiretamente – aumentando a probabilidade de inadimplência devido a expectativa de arrefecimento da economia – resultando em um aumento do *spready* bancário. Assim, uma política monetária expansionista poderá ter mecanismos de transmissão diferentes quando discutimos o canal do balanço patrimonial: primeiro, uma política monetária expansionista gera aumento no preço dos títulos, dificultando o investimento pelas pequenas firmas e, sendo assim, diminuindo a probabilidade de seleção adversa e de risco moral, o que, em contra partida, permite aumento da oferta de crédito pelos bancos, permitindo aumento do investimento e aumento do produto; segundo, uma política monetária expansionista diminui a taxa de juro, permitindo fluxos de caixa mais elevados e, portanto, diminuindo a probabilidade de ocorrer seleção adversa ou risco moral nos investimentos, o que aumenta a oferta de crédito pelos bancos comerciais, aumentando o investimento e o produto; terceiro, a política monetária expansionista gera um aumento no nível geral de preços, que não é esperado pelos agentes e, uma vez que seus contratos são firmados em termos nominais, diminui o valor do passivo destas firmas em termos reais, diminuindo a probabilidade de seleção adversa e de risco moral, o que permite aumento da oferta de crédito, aumentando o investimento e o produto.

O segundo subcanal do canal de crédito é o subcanal dos empréstimos bancários, que segundo Bernanke e Gertler (1995), tratam justamente da oferta de crédito pelos bancos comerciais. É importante ao enxergar o papel dos bancos comerciais no sistema financeiro, uma vez que podem ser o único meio de acesso dos agentes econômicos pequenos – famílias e pequenas firmas, uma vez que grandes firmas podem financiar seus investimentos a partir dos mercados de ações e obrigações – ao mercado de crédito. A política monetária expansionista tem um efeito de aumentar as reservas bancárias emprestáveis, principalmente quando o instrumento da política for uma diminuição nas reservas compulsórias dos bancos comerciais, aumentando a oferta de crédito pelos mesmos, permitindo um aumento do investimento e do produto.

Ainda que existam muitos estudos voltados ao entendimento do mercado de crédito, Bernanke e Gertler (1995) fazem uma importante crítica sobre a existência em termos empíricos do canal de crédito, uma vez que é necessário demasiado esforço para se quantificar a significância deste canal de transmissão da política monetária e a importância relativa dos dois subcanais que o compõem. Os autores enxergam uma importante relação entre estas fricções causadas nos mercados de crédito – causada pela assimetria de informação, o risco de inadimplência, o problema de seleção adversa pelos investidores – tem um papel importante na decisão das famílias em financiar bens duráveis, como automóveis e casas, sendo esta decisão intimamente ligada ao subcanal do balanço patrimonial.

3.3.1 O modelo de Ciclo de Negócios com Acelerador Financeiro

Após nossa trajetória em entender o desenvolvimento lógico dos modelos macroeconômicos, seu contexto histórico e forma de compreender o mundo, utilizamos a abordagem dos Modelos

Dinâmicos e Estocásticos de Equilíbrio Geral para a consolidação do papel do mercado de crédito dentro da economia. O modelo que utilizaramos é proposto por Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999) e tem como objetivo explicar o impacto das fricções do mercado de crédito nas flutuações financeiras, à luz da teoria novo-keynesiana. A ideia principal que norteia o modelo é de que as fricções financeiras causadas pelo mercado de crédito – aumento acentuado de insolvências e falências, aumento dos encargos reais da dívida, colapso dos preços dos ativos e falências bancárias – são fatores decisivos para as depressões econômicas. Este tipo de abordagem foi pioneira dentro do desenvolvimento dos modelos DSGE, ainda que posteriormente foram criados modelos mais complexos que também especificavam as relações econômicas presentes no mercado de crédito, como é o caso do modelo de Gerali et al. (2010), que além das fricções financeiras, também engloba falhas na competição dentro do mercado de crédito e permite uma maior desagregação no conjunto de agentes pertencentes à economia. O mercado de crédito, como evidenciado por Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999), acaba por criar um *financial accelerator*, ou acelerador financeiro, pois seu papel na economia acaba por propagar e amplificar os choques na macroeconomia. O acelerador financeiro depende intrinsecamente da ligação entre o "prêmio de financiamento externo"(a diferença entre o custo dos fundos captados externamente e o custo de oportunidade dos fundos internos da empresa) e o patrimônio líquido dos potenciais tomadores de empréstimos.

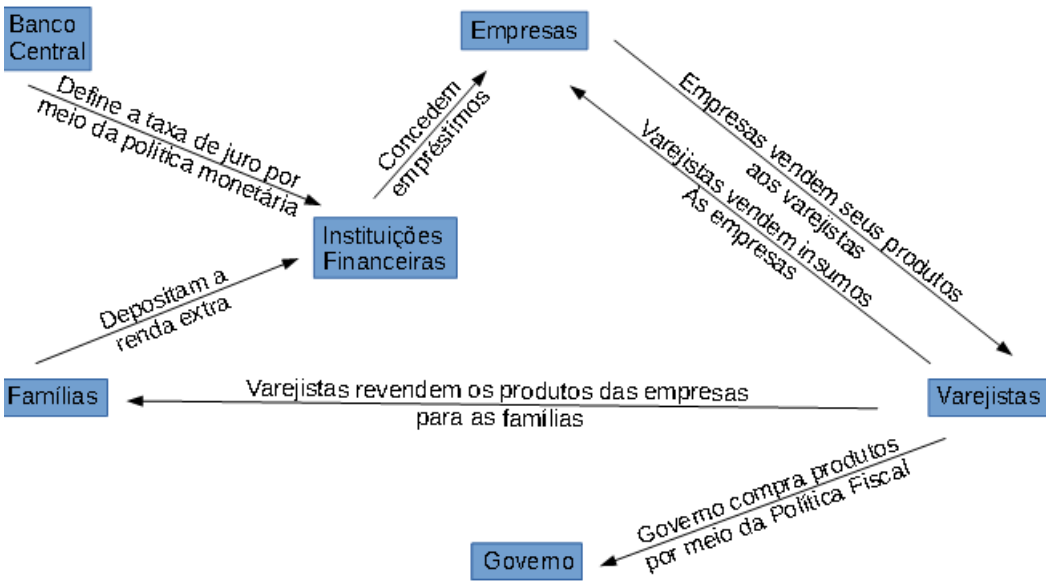


Figura 6 – Fluxograma do Modelo de Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999).

Semelhante ao que vimos no modelo criado por Clarida, Gali e Gertler (1999), o modelo de Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999) é composto por moeda, mercados em competição monopolística e rigidez nominal dos preços; por este motivo, é possível estudarmos os efeitos da política monetária num contexto em que existe mercado de crédito. Existem quatro tipos de agente nesta estrutura: o agregado familiar, que é eterno, trabalha, consome e poupa, podendo ter moeda propriamente dita ou ativos remunerados; os empreendedores, que são neutros ao risco e, ao contrário das famílias, tem um horizonte finito de tempo para viver, o que permite representar o nascimento e a falência das firmas dentro da economia; o governo, que conduz

tanto a política fiscal, quanto a política monetária; e os varejistas, que simplesmente compram os produtos produzidos pelas firmas e revendem para as famílias, e por estarem em um mercado de concorrência monopolística, causam a rigidez nominal no modelo. O acelerador financeiro surge no modelo por meio da conexão entre o prêmio de financiamento externo (a diferença entre os custos de fundos externos e o custo de oportunidade dos fundos internos da firma) e o patrimônio líquido de potenciais empreendedores tomadores de empréstimos. Isto porque existe assimetria de informação dentro da estrutura do modelo e isto acaba por ter os efeitos do canal de crédito anteriormente discutidos.

Sob a ótica da decisão de investimento dos empreendedores, o montante que deverá ser tomado emprestado a um intermediário financeiro pelos empresário, é dado pela diferença entre os gastos em bens de capital e o patrimônio líquido. Assim, ao final do período t, teremos:

$$B_{t+1} = Q_t K_{t+1} - N_{t+1} \tag{3.12}$$

Em que B_{t+1} é a quantia que se pediu emprestado, Q_t é o preço do bem de capital, K_{t+1} é o bem de capital e N_{t+1} é o patrimônio líquido da empresa. O intermediário financeiro tem o papel de pegar a riqueza poupada pelas famílias e empresta aos empreendedores a um custo de oportunidade igual à taxa de retorno sem risco da economia R_{t+1}, o que permite no equilíbrio, uma alocação de portfólio com uma carteira sem risco. A produção das firmas, portanto, será representada por uma função de produção já conhecida, em que é combinado tecnologia A_t, capital K_t e trabalho L_t:

$$Y_t = A_t K_t^{\alpha} L_t^{1-\alpha} \tag{3.13}$$

O trabalho total L_t é composto pela massa trabalhadora proveniente das famílias H_t e dos trabalhadores empreendedores H_t^e, sendo a relação expressa como: $L_t = H_t^{\Omega}(H_t^e)^{1-\Omega})$. Ao adotarmos I_t como o investimento agregado das firmas, podemos escrever o estoque de capital agregado da economia, em que temos uma relação entre o volume de capital depreciado a taxa δ no período anterior, somado ao produto bruto gerado pelo investimento no período anterior, a partir de uma função $\Phi(\cdot)$:

$$K_{t+1} = \Phi\Big(\frac{I_t}{K_t}\Big)K_t + (1-\delta)K_t \tag{3.14}$$

Adotando que a variação do preço dos ativos contribui para a volatilidade do patrimônio líquido, em equilíbrio, dado os custos das firmas, o preço do capital Q_t é dado por:

$$Q_t = \Big[\Phi'\Big(\frac{I_t}{K_t}\Big)\Big]^{-1} \tag{3.15}$$

3.3.1.1 Modelo Completo Log-Linearizado

Agora, apresentaremos o modelo completo, em que todos os comportamentos dos agentes serão representados, a nível agregado. Como a quantidade de equações é demasiada grande, utilizaremos a mesma divisão proposta por Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999), em que são

tratados quatro grandes grupos: (1) a demanda agregada, (2) a oferta agregada, (3) a evolução das *state variables* e (4) a regra de política monetária e os choques. Letras minúsculas significam desvios percentuais do estado estacionário.

(1) a demanda agregada

A demanda agregada é representada pelo comportamento das famílias, em que o agregado familiar é tratado como infinito. Estes agentes consomem, poupam, trabalham e são detentores de ativos monetários e não-monetários. No modelo, a utilidade dos agentes é tratada como separável ao decorrer do tempo, do consumo, o saldo monetário real e o lazer.

$$y_t = \frac{C}{Y}c_t + \frac{I}{Y}i_t + \frac{G}{Y}g_t + \frac{C^e}{Y}c_t^e + \cdots + \phi_t^y \tag{3.16}$$

em que $\phi_t^y \equiv \frac{DK}{Y}\Big[log\Big(\mu\int_0^\omega \omega dF(\omega)R_t^k Q_{t-1}K_t/DK\Big)\Big]$ e $D \equiv \mu\int_0^\omega \omega dF(\omega)R^k$,

$$c_t = -r_{t+1} + E_t(c_{t+1}) \tag{3.17}$$

$$c_t^e = n_{t+1} + \cdots + \phi_t^{c^e} \tag{3.18}$$

em que $\phi_t^{c^e} = log\Big(\frac{1-C_{t+1}^e/N_{t+1}}{1-C^e/N}\Big)$,

$$E_t(r_{t+1}^k) - r_{t+1} = -v[n_{t+1} - (q_t + k_{t+1})] \tag{3.19}$$

em que $v \equiv \frac{\psi(R^k/R)}{\psi'(R^k/R)}$,

$$r_{t+1}^k = (1-\varepsilon)(y_{t+1} - k_{t+1} - x_{t+1}) + \epsilon q_{t+1} - q_t \tag{3.20}$$

em que $\varepsilon \equiv \frac{1-\delta}{(1-\delta)+\alpha Y/(XK)}$,

$$q_t = \varphi(i_t - k_t) \tag{3.21}$$

em que $\varphi \equiv \frac{(\Phi(I/K)^{-1})'}{(\Phi(I/K)^{-1})''}$.

A equação 3.16 representa a restrição de recursos, em que a variação no dispêndio doméstico y_t é resultado do consumo das famílias c_t, do investimento produtivo feito pelas firmas i_t, pelos gastos do governo g_t, pelo consumo das firmas – que compram insumos para a produção – definido como c_t^e e pelas variações dos recursos dedicados ao monitoramento dos custos. A equação 3.17 representa o comportamento das famílias em relação ao consumo. Existe uma relação negativa entre o que elas consomem hoje e a taxa de juros nominal futura, visto que eles poderiam poupar hoje para consumir mais amanhã, levando em consideração também a expectativa dos agentes sobre o quanto irão consumir no futuro. A equação 3.18 representa o comportamento das firmas em consumir insumos para sua produção, sendo fração do patrimônio líquido agregado, uma vez que os empresários que vão a falência simplesmente consomem seus ativos.

As equações 3.19, 3.20 e 3.21 são relativas a demanda por investimentos. A equação 3.19 é relativa ao papel do patrimônio líquido no investimento, sendo o agregado da curva de investimento financeiro das firmas. Ela é uma equação importante porque, se não houvesse

fricções financeiras no mercado de crédito, o retorno esperado de capital $E_t(r^k_{t+1})$ seria igual a taxa de juro r_{t+1}. Assim, com as fricções financeiras no mercado de crédito, o investimento dependerá do patrimônio líquido relativo ao valor bruto do capital, representado pelo lado direito da equação. A equação 3.20 representa o retorno bruto esperado do capital r^k_{t+1}, em que x_{t+1} é a margem recebida pelos varejista ao venderem os insumos às firmas; por fim, a equação 3.21 é a versão log-linearizada da equação 3.15, que define o preço das unidades de capital em termos de bens.

(2) a oferta agregada

A oferta agregada representa o comportamento das firmas, a partir da produção dos bens, bem como o comportamento dos varejistas, que vendem os bens finais produzidos pelas firmas para as famílias. Os varejistas estão em competição monopolística e existe uma probabilidade θ dada de que estes agentes consigam mudar os preços de seus produtos, causando portanto a rigidez nominal no modelo.

$$y_t = a_t + \alpha k_t + (1-\alpha)\Omega h_t \tag{3.22}$$

$$y_t - h_t - x_t - c_t = \eta^{-1} h_t \tag{3.23}$$

$$\pi_t = E_{t-1}(\kappa(-x_t) + \beta\pi_{t+1}) \tag{3.24}$$

em que $\kappa \equiv \left(\frac{1-\theta}{\theta}\right)(1-\theta\beta)$.

A equação 3.22 é a versão log-linearizada da função de produção, entretanto, é suposto que a oferta de trabalho no setor empreendedor é fixa, sendo representada somente em termos de capital e dos trabalhadores que são pertencentes ao agregado familiar. A equação 3.23 nos apresenta a relação de equilíbrio do mercado de trabalho, em que o lado esquerdo é a representação do produto marginal do trabalho ponderado pela utilidade marginal do consumo, que em equilíbrio varia proporcionalmente com a margem sob o preço dos bens ofertados pelos varejistas. Por último, a equação 3.24 representa o ajuste de preços, tendo algumas características típicas de uma curva de Phillips que vimos, já que podemos identificar a margem, ou *mark-up*, x_t aplicada nos preços pelos varejistas.

(3) evolução de *state variables*

$$k_{t+1} = \delta i_t + (1-\delta)k_t \tag{3.25}$$

$$n_{t+1} = \frac{\gamma RK}{N}(r^k_t - r_t) + r_t + n_t + \cdots + \phi^n_t \tag{3.26}$$

As equações 3.25 e 3.26 são equações de transição para o capital k_t e o patrimônio líquido n_t, respectivamente. A primeira equação é a versão log-linearizada da dinâmica do capital, que já apresentamos. Já a segunda equação é responsável por mostrar a evolução do patrimônio líquido, que nesta estrutura do retorno líquido dos empreendedores que detém uma ação, representado pelo primeiro termo da equação, e da defasagem do patrimônio líquido. É nesta última equação

que surge o acelerador financeiro do modelo, que serve para enriquecer a dinâmica, já que o patrimônio líquido afeta o investimento como vimos na equação 3.19 por meio da arbitragem permitida pelo retorno líquido dos acionários, presente na equação 3.26 que descreve a evolução do patrimônio líquido. Ambas as equações são responsáveis por incluir a dinâmica ao modelo.

(4) regra de política monetária e choques

$$r_t^n = \rho r_{t-1}^n + \zeta \pi_{t-1} + \varepsilon_t^{rn} \tag{3.27}$$

$$g_t = \rho_g g_{t-1} + \varepsilon_t^g \tag{3.28}$$

$$a_t = \rho_a a_{t-1} + \varepsilon_t^a \tag{3.29}$$

A equação 3.27 é uma regra de política monetária, em que a taxa de juros nominal é o instrumento utilizado na gestão desta política. Esta representação da gestão da política monetária por meio de um banco central é a mesma utilizada pelo modelo de Clarida, Gali e Gertler (1999), uma vez que é uma das várias formas de se representar uma regra de Taylor. Já as equações 3.28 e 3.29 representam os distúrbios exógenos dos gastos do governo e da tecnologia, representado por processos autorregressivos de primeira ordem.

4 ESTIMAÇÃO DO MODELO

Os modelos DSGE apresentam diversas técnicas de estimação e isto torna viável sua aplicabilidade empírica. An e Schorfheide (2007) apresentam algumas delas, mas dedicam-se a mostrar o uso de métodos bayesianos para a parametrização e estimação destes modelos. Segundo os autores, trabalhos empíricos dos modelos DSGE eram conduzidos sem o rigor dos métodos estatísticos e numerosas técnicas econométricas formais ou informais foram propostas para este fim: a calibração, o método de momentos generalizados (GMM, do inglês *Generalized Method of Moments*), o método *minimun distance estimation* (baseado na discrepância entre as funções de resposta dos modelos DSGE e dos Vetores Autorregressivos), estimação por meio de *full-information likelihood-based*. Ao utilizar o método de estimação bayesiana, algumas vantagens são alcançadas em relação as outras abordagens, visto que apresenta três características principais: primeiro, a análise bayesiana é sistêmica e é capaz de encaixar os resultados do modelo DSGE em um vetor de séries temporais; segundo, a estimativa obtida pela método bayesiano é baseado numa função de verossimilhança gerada pelo próprio modelo DSGE; terceiro, as distribuições *a priori* são usadas para fornecer informações adicionais para a estimação dos parâmetros, o que significa que a calibração baseada nos dados observados são utilizadas para estimar os próprios parâmetros. Diante disso, nosso trabalho será de aplicar a inferência bayesiana para os modelos DSGE, sendo necessário antes uma apresentação da metodologia e teoria deste procedimento.

4.1 Estimação Bayesiana

Herbst e Schorfheide (2015) nos mostram de forma concisa a teoria que embasa a inferência bayesiana, aplicada aos modelos DSGE. Segundo os autores, em um contexto bayesiano, o cálculo de probabilidade caracteriza e atualiza as informações disponíveis, ou grau de crença, ao agente que diz respeito aos parâmetros do modelo ou de observações futuras. Assim, diferente da estatística frequentista, que calcula a probabilidade de um evento acontecer, a estatística bayesiana calcula a probabilidade no sentido de uma medida condicional de incerteza, ou seja, a probabilidade de um evento acontecer dada a informação disponível, o que o torna muito adequada aos modelos de tomada de decisão, visto que mesmo que haja incerteza nas previsões, elas podem ser revisadas com a nova informação disponível.

A distribuição *a priori* $p(\theta)$ diz respeito a informação inicial em relação ao vetor de parâmetros θ, antes de observarmos os dados empíricos (Y). Tendo informações sobre θ, é possível atualizarmos estas expectativas quando utilizamos os dados observados em Y, o que nos leva ao Teorema de Bayes:

$$p(\theta|Y) = \frac{p(Y|\theta)p(\theta)}{p(Y)} \tag{4.1}$$

A expressão é a distribuição condicional de θ dado Y, isto é, a distribuição *a posteriori*, que como nos mostra a expressão, depende do conhecimento prévio dos parâmetros. A probabilidade

marginal $p(Y)$ tem como função normalizar a densidade posterior e é definida como:

$$p(Y) = \int p(Y|\theta)p(\theta)d\theta \tag{4.2}$$

Entretanto, como apontado pelos autores, nos modelos DSGE, não é possível calcularmos analiticamente os momentos e os quantis da distribuição $p(Y|\theta)$, sendo possível apenas encontrarmos aproximações numéricas da densidade *a priori* $p(\theta)$ e da função de probabilidade $p(Y|\theta)$, o que em geral nos faz recorrer a uma distribuição conhecida que se aproxime da distribuição de $p(Y|\theta)$ – isto é, como não sabemos a distribuição, escolhemos uma distribuição que faria sentido para o parâmetro de interesse, como uma distribuição uniforme, beta ou gamma inversa, por exemplos. É preciso recorrer à técnicas de cálculo numérico que se baseiam no uso de algoritmos, como é o caso da classe de algoritmos de *Markov Chain Monte Carlo* (MCMC), comumente utilizados nas estimações de modelos DSGE por meio de métodos bayesianos, uma vez que esta metodologia respeita duas importantes propriedades estatísticas: a lei forte dos grandes números, que nos permite justificar formalmente o uso das médias *a posteriori* observadas para aproximar a média *a posteriori* e o teorema central do limite, que caracteriza a precisão desta aproximação. De certo modo, é usual o uso do algoritmo de Metropolis-Hastings, um algoritmo da classe MCMC, que cria uma cadeia de Markov para θ de tal forma que a distribuição da mesma converge para $P(\theta|Y)$, utilizando as ferramentas de cálculo numérico para encontrar tal distribuição.

4.1.1 Dados Utilizados

Para a estimação do modelo BGG, utilizamos dados da economia brasileira entre 2002 e 2018. Os dados utilizados são trimestrais, adequados a estrutura do modelo, sendo um total de 68 observações. Assim, utilizamos os dados do PIB real (valores encadeados a preço de 1995 com ajuste), obtido no SNC (Sistema de Contas Nacionais) divulgado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística); a inflação, que teve como proxy o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) divulgado pelo IBGE e para a taxa de juros nominal, a SELIC-Over, divulgado pelo Banco Central do Brasil. Na estrutura do modelo, as variáveis são expressas em percentuais de desvio de seu *steady state*. Nesse sentido, foi necessário o tratamento dos dados. Primeiro, aplicamos logaritmo nas três variáveis. Após esta etapa, fizemos um teste de raiz unitária, que indicou o produto e a taxa de juros como não estacionárias. Assim, tomamos a primeira diferença a fim de torná-las estacionárias. Depois disso, subtraímos a média de cada uma da séries[1].

4.1.2 Estimação do Modelo BGG

De um total de 23 parâmetros, estimamos 7 deles, pertencentes a regra de política monetária e aos choques de gastos de governo e de tecnologia – os parâmetros ρ, ζ, ρ_g e ρ_a e os desvios-padrão dos choques ε_{r_n}, ε_g e ε_a. O restante dos parâmetros foram calibrados. A tabela a seguir mostra

[1] Para a decisão de como tratar as variáveis, consultamos Pfeifer (2014).

a calibração dos parâmetros, assim como a fonte da calibração. Uma descrição detalhada dos parâmetros e do modelo está disponível no apêndice A.

Tabela 1 – Valor dos Parâmetros Calibrados

Parâmetro	**Valor**	**Fonte**
β	0.990	Silva, Paes e Bezerra (2018)
η	2.000	Silva, Paes e Bezerra (2018)
α	0.300	Silva, Paes e Bezerra (2018)
δ	0.025	Silva, Paes e Bezerra (2018)
ω	0.990	Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999)
ϵ	0.994	Silva, Paes e Bezerra (2018)
G/Y	0.180	Calculada com dados Brasileiros
C/Y	0.560	Calculada com dados Brasileiros
I/Y	0.170	Calculada com dados Brasileiros
C^e/Y	0.100	Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999)
Y/N	0.280	Martins (2005)
X	11.000	Silva, Paes e Bezerra (2018)
ϕ	0.075	Silva, Paes e Bezerra (2018)
K/N	1.360	Martins (2005)
R	1.010	Silva, Paes e Bezerra (2018)
γ	0.943	Martins (2005)
μ	0.660	Martins (2005)
ν	0.300	Martins (2005)
θ	0.642	Martins (2005)
κ	0.203	Silva, Paes e Bezerra (2018)

Para os parâmetros estimados, por se tratar de uma estimação bayesiana, é necessário informar as distribuições *a priori*, uma vez que elas serão utilizadas como o conjunto de informação disponível para estimação, permitindo ao Dynare[2] aplicar os procedimentos necessários na estimação dos parâmetros de interesse. A tabela 2 é constituída pelas variáveis estimadas e também pelos choques de tecnologia, gastos do governo e política monetária. Para o desvio padrão dos choques é comum utilizarmos a distribuição Gamma Inversa. Para os parâmetros dos processos autorregressivos (os ρ), utilizamos uma distribuição uniforme, ao passo que para o parâmetro ζ utilizamos uma distribuição gaussiana. Na tabela, observarmos os valores dos limites, bem como o maior intervalo de densidade posterior (do inglês, *Highest Posterior Density Interval* – HPDI), que é a massa de probabilidade do intervalo de confiança do estimador.

[2] Adjemian et al. (2011)

Tabela 2 – Prior information (parâmetros)

					Limites*		90% HPDI	
	Distribuição	Média	Moda	Desv.Pad.	Inferior	Upper	Inferior	Upper
SE_{ε_a}	Inv. Gamma	2.0000	0.9915	4.0000	0.2579	53516.3090	0.7023	4.8430
SE_{ε_g}	Inv. Gamma	2.0000	0.9915	4.0000	0.2579	53516.3090	0.7023	4.8430
$SE_{\varepsilon_{rn}}$	Inv. Gamma	2.0000	0.9915	4.0000	0.2579	53516.3090	0.7023	4.8430
ζ	Gaussiana	0.2000	0.2000	0.2500	-1.3903	1.7903	-0.2112	0.6112
ρ_g	Uniforme	0.9500	NaN	0.2500	0.5170	1.3830	0.5603	1.3397
ρ_a	Uniforme	0.9500	NaN	0.2500	0.5170	1.3830	0.5603	1.3397
ρ	Uniforme	0.9900	NaN	0.2500	0.5570	1.4230	0.6003	1.3797

Nota: *Limites exibidos após aplicar o truncamento a *priori* em options_.trunc=0.000

4.1.2.1 Resultados de Estimação

Os resultados da estimação do modelo BGG mostraram que todos os parâmetros puderam ser identificados – isto é, as informações das distribuições a *priori* e os dados utilizados para a economia brasileira foram capazes de inferir a distribuição destes parâmetros. Os resultados estão expostos na tabela 3, que conta com os valores adotados e os valores estimados, assim como o intervalo de confiança do estimador.

Tabela 3 – Resultados de Metropolis-Hastings

	Priori			Posteriori			
	Dist.	Média	Desv.Pd.	Média	Desv.Pd.	HPD inf	HPD sup
ζ	norm	0.200	0.2500	0.216	0.0298	0.1673	0.2643
ρ_g	unif	0.950	0.2500	0.586	0.0615	0.5171	0.6703
ρ_a	unif	0.950	0.2500	0.702	0.0868	0.5487	0.8307
ρ	unif	0.990	0.2500	0.792	0.0301	0.7421	0.8414
ε_a	invg	2.000	4.0000	1.451	0.1420	1.2163	1.6715
ε_g	invg	2.000	4.0000	8.808	0.8225	7.4754	10.0696
ε_{rn}	invg	2.000	4.0000	0.275	0.0146	0.2579	0.2953

Estes resultados podem ser expressos visualmente por meio da figura 7, em que temos a

distribuição a *priori* em cinza e a distribuição a *posteriori* em preto, com a moda sendo destacada pela linha pontilhada verde. Quando ambas as distribuições são idênticas, pode haver dois significados possíveis: o primeiro, mais comum, é que o parâmetro não foi identificado e que portanto o conhecimento do economista sobre a *priori* e os dados utilizados não são capazes de nos informar nada sobre o parâmetro a ser estudado; o segundo, menos provável, é que o palpite do economista sobre a *priori* foi certeiro em mostrar qual seria a distribuição do parâmetro. Na figura, é possível observar que a distribuição a *priori* difere consideravelmente da distribuição a *posteriori* em todos os parâmetros.

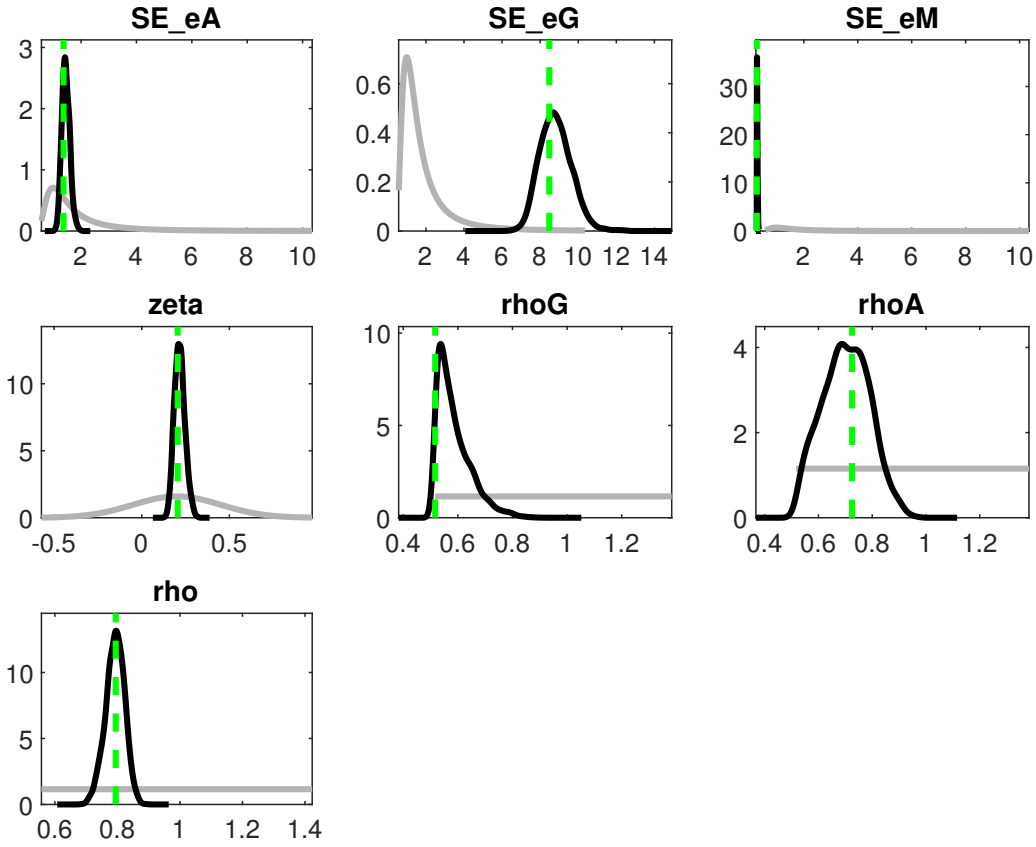


Figura 7 – *Prioris* e *posterioris*.

Outro resultado importante é o da decomposição da variância do erro de previsão. Ele serve para nos mostrar qual o percentual de participação dos choques no comportamento das variáveis. Para mostrar estes resultados e como o modelo apresenta um demasiado conjunto de variáveis endógenas, voltamos nossa atenção as principais variáveis da economia: o produto, o consumo, o investimento, taxa de juros, inflação e o prêmio de financiamento externo (EFP, do inglês *external financial premium*). Para a decomposição da variância, escolhemos períodos de 2, 5 e 10 anos e, como as variáveis do modelo são trimestrais, são representados pelos períodos 8, 20 e 40, respectivamente, que estão disponíveis no apêndice. Estes resultados foram muito semelhantes aos obtidos para a decomposição da variância em geral, que é apresentada na tabela 4. Como é possível observar, os choques de política monetária acabam por responder grande parte da variação da maioria das variáveis, com exceção do prêmio de financiamento externo (EFP), ainda que os choques de tecnologia tenha uma participação significativa dentro de todas as

variáveis.

Tabela 4 – Decomposição da Variância para a Média Posterior (em percentual)

	ε_{rn}	ε_g	ε_a
y	43.56	23.32	33.13
c	22.40	12.76	64.84
i	70.39	5.21	24.40
π	55.71	9.44	34.86
r_n	53.58	7.72	38.70
EFP	1.83	21.15	77.02

As IRFs (*Impulse Response Function*, função de resposta ao impulso), são representadas nas figuras 8, 9 e 10. A linha preta é a IRF, ao passo que a área cinza representa a massa de probabilidade entre o HPD inferior e superior, isto é, o intervalo de confiança da estimação. É possível notar que os choques de política monetária tendem a aumentar o produto, consumo, investimento e inflação. O efeito é contrário para a taxa de juros e o prêmio de financiamento externo, que em resposta aos choques, tendem a cair. Esse comportamento parece fazer sentido uma vez que a queda na taxa de juros – e consequente queda no prêmio de financiamento externo – estimula a tomada de decisão dos empresários em fazer investimento produtivo, acarretando e aumento do produto e estimulando a economia como um todo. Este resultados são apresentados na figura 8.

Já os choques de política fiscal, presentes na figura 9 apresentaram um efeito de queda no produto, consumo, investimento, inflação e prêmio de financiamento externo; causando aumento somente na taxa de juros do governo. Na estrutura do modelo, o governo se financia por meio de imposto do tipo *lump-sum*, o que acaba por diminuir o poder de compra das famílias, o que gera queda no produto, já que a maior parcela do mesmo é composto pelo consumo das famílias. O impacto na taxas de juros básica da economia, que causa aumento da mesma, acaba por encarecer o custo de oportunidade de se tomar emprestado e, portanto, diminui o investimento, mesmo com queda do prêmio de financiamento externo.

Para os choques de tecnologia, ocorre aumento do produto, consumo, investimento, inflação e prêmio de financiamento externo, ao passo que ocorre queda da taxa de juros. Choques tecnológicos aumentam de forma significativa a produtividade dentro da economia, o que impulsiona a oferta agregada, aumentando o produto e consequentemente tendo um impacto positivo nas variáveis que o compõem, como consumo e investimento. O investimento aumenta por conta da queda na taxa de juros, mesmo com aumento significativo do prêmio de financiamento externo. Este comportamento é expresso na figura 10.

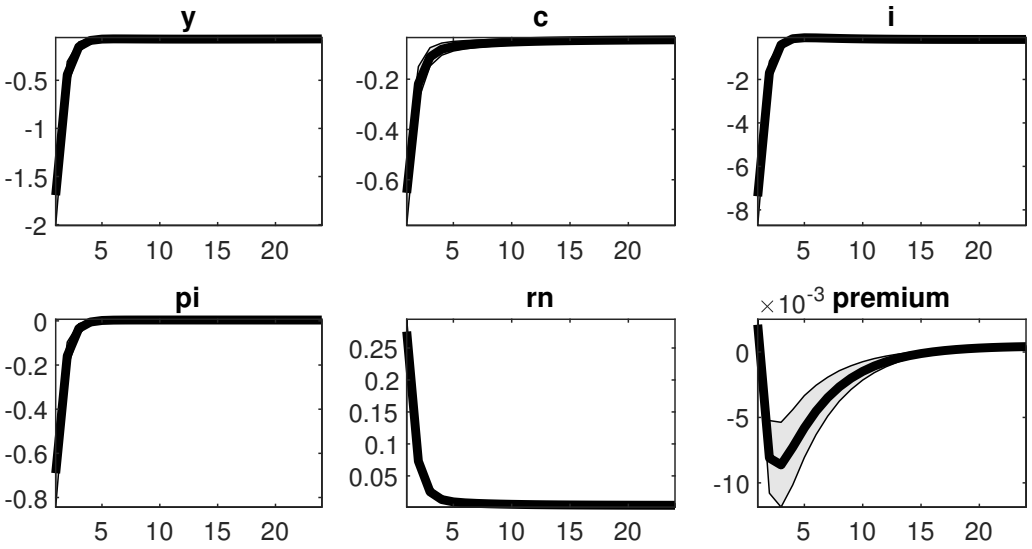


Figura 8 – IRF Bayesiana: Choque ortogonalizado de ε_{rn}.

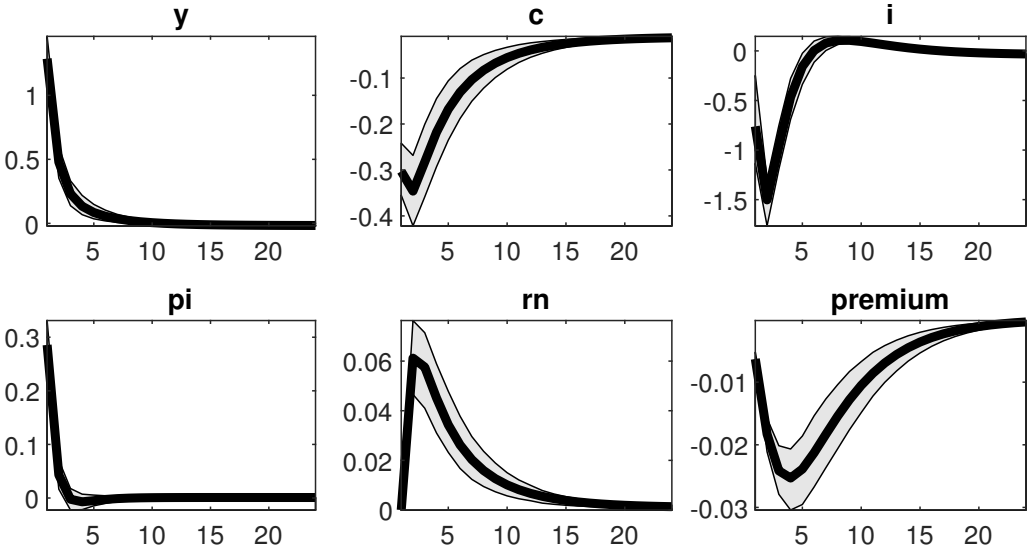


Figura 9 – IRF Bayesiana: Choque ortogonalizado de ε_{g}.

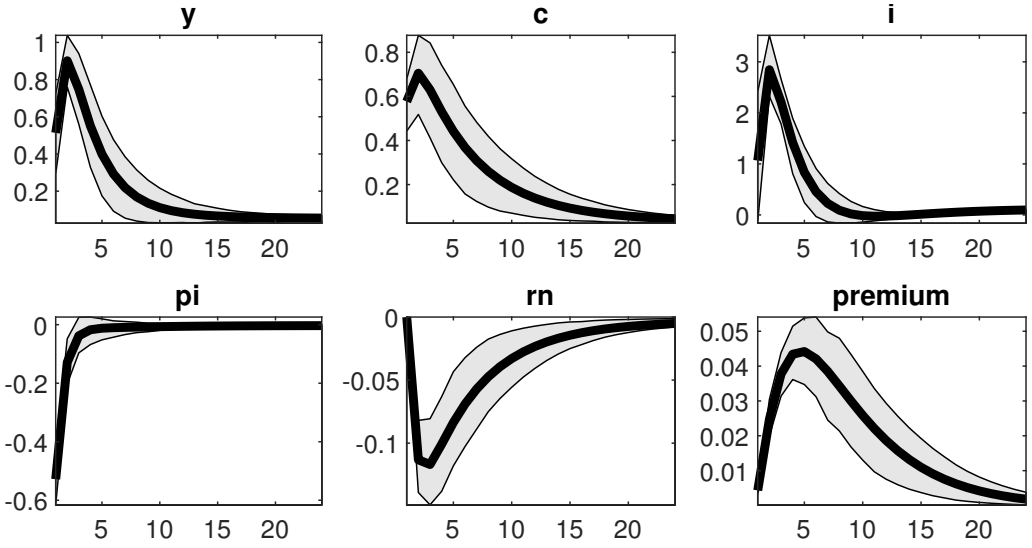


Figura 10 – IRF Bayesiana: Choque ortogonalizado de ε_{a}.

O último resultado importante para análise empírica é o chamado Teste de Convergência de Geweke (1992) que basicamente trata as estimativas da Cadeia de Markov produzidas pelos algoritmos como uma série temporal, utilizando métodos estatísticos para avaliar a estacionariedade dos parâmetros, ou seja, é importante para saber a convergência destes parâmetros. A tabela 5 apresenta os valores para as *posterioris* e o p-valor para uma distribuição χ^2, com diferentes alisamentos (ou afunilamentos, no inglês *taper*). Este resultado é importante, uma vez que podemos encontrar eventuais erros de estimação dentro da estrutura, ao invés de assumir que toda a estimação vai bem. Apesar do teste de Geweke ser mais formal, estes resultados podem ser visualizados por meio do gráfico de *trace plot* disponíveis no apêndice B, consistindo dos desenhos MCMC (algoritmo *Markov Chain Monte Carlo*) junto a média móvel.

Tabela 5 – Teste de Convergência de Geweke (1992), baseado nas médias dos desenhos de 25000 até 30000 vs 37500 até 50000. p-valores são para um teste χ^2 para igualdade das médias (ou convergência das médias)

	Posterior		p-valor			
Parâmetro	*Média*	*Desv.Pd.*	*No Taper*	4% *Taper*	8% *Taper*	15% *Taper*
SE_{ε_a}	1.4475	0.1447	0.0000	0.3122	0.3097	0.2974
SE_{ε_g}	8.7924	0.8467	0.0680	0.7697	0.7587	0.7565
$SE_{\varepsilon_{rn}}$	0.2757	0.0158	0.0006	0.5637	0.5848	0.5947
ζ	0.2163	0.0299	0.5560	0.9196	0.9218	0.9265
ρ_g	0.5894	0.0628	0.0317	0.7749	0.7751	0.7803
ρ_a	0.7043	0.0860	0.0000	0.1629	0.1875	0.1879
ρ	0.7921	0.0302	0.3698	0.8724	0.8768	0.8849

Como é possível observar, para os resultados em que temos o alisamento, em especial o de 15%, mais comumente utilizado, não é possível rejeitar a hipótese nula de convergência das médias para nenhuma das variáveis estimadas. Este resultado corrobora com os gráficos de *trace plots*, que apresentam um comportamento típico de variáveis estacionárias, ainda que estas séries não apresentem volatilidade constante durante todo o período de simulação das Cadeias de Markov.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo buscou, utilizando um Modelo Dinâmico e Estocástico de Equilíbrio Geral e Estimação Bayesiana, entender qual o comportamento das principais variáveis econômicas frente aos choques estruturais, em especial da política monetária, na presença do mercado de crédito. Dentro da estrutura do modelo proposto por Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999), os choques de tecnologia mostraram ter um papel significativo nas principais variáveis de interesse econômico, ainda que os choques de política monetária seja responsável por grande parte do comportamento destas variáveis. Em contrapartida, ao observamos o desvio-padrão deste choque, percebemos que ele possuí um valor muito pequeno. Este resultado é importante porque, se pensarmos em um regime de metas de inflação, como é o caso brasileiro, o papel do Banco Central é justamente não surpreender os agentes, mas sim responder aos choques exógenos, de forma a manter a inflação próxima à meta. A síntese deste fato é apresentada por Ramey (2016), que faz um apanhado geral sobre os choques de política monetária. Como é apontado pelo autor, a política monetária vem sendo conduzida de forma mais sistemática, de forma que são raros os choques de política monetária, o que é ruim do ponto de vista econométrico, mas muito importante por parte da gestão de políticas econômicas, já que a política monetária tem um papel muito importante na economia, mas os choques monetários passam a não ser uma fonte de instabilidade macroeconômica. Pensando nesses aspectos, o resultado decomposição da variância do erro de previsão é importante, mas não é suficiente o bastante para fazermos afirmações sobre o quão forte é o impacto da política monetária para o caso brasileiro: como apresentado por Christiano, Eichenbaum e Evans (1999), diferentes modelos, devido suas diferentes hipóteses a cerca da realidade, respondem de forma muito diferentes aos choques monetários, e, como o modelo BGG é bastante limitado por ser o primeiro ao abordar o canal de crédito, sua estrutura pode não ser suficiente para corroborar com os fatos estilizados apontados por Ramey (2016) sobre o pequeno papel dos choques monetários.

Os resultados das funções de resposta ao impulso para os choques de gastos do governo chamam atenção ao nos mostrar o forte impacto negativo nas principais variáveis observadas, uma vez que o governo precisa se financiar aumentando a taxação por meio do imposto. Ao diminuir a renda disponível das famílias, a queda no consumo acaba por afetar de forma significativa as relações dentro da economia: elas consumirão menos e consequentemente pouparão menos, diminuindo o volume total de crédito e o produto total da economia. Por outro lado, os choques positivos de política monetária acabam por ter um impacto bastante positivo dentro da estrutura da economia, evidenciando o papel do canal de crédito na transmissão da política monetária ao diminuir de forma significativa o prêmio de financiamento externo e da taxa de juros, propiciando um aumento do investimento, consumo e do produto da economia, ao custo de um aumento da inflação. Este resultado corrobora com os fatos estilizados da economia e um dos pressupostos básicos de teoria monetária. A política monetária tem um efeito de impulso no curto prazo, mas existe um custo que é o aumento da inflação, quando fazemos uma política monetária expansionista, neste caso. Os choques de tecnologia, relativos ao lado da oferta agregada, são

responsáveis por uma aumento bastante significativo das variáveis observadas, ainda que também seja responsável por aumento da inflação. Na estrutura do modelo este mecanismo faz sentido ao passo que o aumento da produção possa não acompanhar de forma significativa o aumento da demanda por bens causado pelo aumento do produto, visto que não existe um mecanismo de aumento da produtividade dentro da estrutura do modelo, fazendo com que os varejistas precisem reajustar seus preços para valores que se adéquem a maior demanda por parte dos consumidores.

Modelos da classe DSGE, e mesmo a estimação bayesiana, são ferramentas bastante distantes dos alunos de graduação no curso de economia. Utilizar fundamentos microeconômicos em modelos macroeconômicos foi uma tarefa árdua, entretanto entender o desenvolvimento da teoria que fundamenta estes modelos e o desenvolvimento do pensamento econômico dentro desta área proporcionou um ganho em enorme em termos de amadurecimento intelectual e profissional para a carreira de economista, visto que este tipo de modelagem é utilizada, discutida e criticada dentro do *mainstream* da ciência econômica. Fugir da tradicional econometria clássica também teve seus desafios, pois parte da formação como economista consiste em criar uma sólida base destes métodos quantitativos tão úteis nas análises econômicas. Entretanto, os ganhos foram consideráveis tanto no ponto de vista de aprendizado, quanto de análise estatística dos resultados obtidos, pois os dados da economia, aliados aos conhecimentos e hipóteses teóricas dos modelos, proporcionaram reflexões e conclusões bastante interessantes e satisfatórios.

O modelo de Bernanke, Gertler e Gilchrist (1999) faz parte da vanguarda dos modelos DSGE e sua forma de abordar as fricções financeiras dentro da economia ainda é mimetizado em diversos modelos contemporâneos. Ainda que sua estrutura seja simplificada e acabe por deixar de lado alguns aspectos que seriam importantes para economia brasileira, como o setor externo, a escolha deste modelo faz sentido dentro de um trabalho de conclusão de curso uma vez que existem conceitos tantos econômicos quanto matemáticos mais "palatáveis"para um aluno de graduação. Todavia, os resultados do modelo são úteis para indicar uma demanda por modelos devidamente desenhados para enquadrar as características da economia brasileira e perceber de forma mais satisfatória o processo de transmissão da política monetária dentro do mercado de crédito.

REFERÊNCIAS

ABRITA, M. B. et al. O crédito como mecanismo de transmissão da política monetária: aspectos teóricos e evidências empíricas para o brasil. *Nova Economia*, scielo, v. 24, p. 225 – 242, 08 2014.

ADJEMIAN, S. et al. Dynare: Reference manual version 4. CEPREMAP, n. 1, 2011.

ALMEIDA, F. D.; DIVINO, J. A. et al. Determinantes do crédito bancário no brasil: Uma análise de fatores micro e macroeconômicos. In: ANPEC- ASSOCIAçãO NACIONAL DOS CENTROS DE PóS-GRADUAçãO EM ECONOMIA [BRAZILIAN ASSOCIATION OF GRADUATE PROGRAMS IN ECONOMICS]. *Anais do XLIV Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 44th Brazilian Economics Meeting]*. [S.l.], 2018.

AN, S.; SCHORFHEIDE, F. Bayesian analysis of DSGE models. *Econometric Reviews*, v. 26, n. 2-4, p. 113–172, 2007. ISSN 07474938.

BACKUS, D.; ROUTLEDGE, B. R.; ZIN, S. E. Recursive preferences. *The New Palgrave Dictionary of Economics*, v. 88, n. 2, p. 133–69, 2008. ISSN 0010-0277. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12763317>.

BERNANKE, B. S.; GERTLER, M. Inside the black box: The credit channel of monetary policy transmission. *Journal of Economics Perspectives*, v. 9, p. 27–48, 1995.

BERNANKE, B. S.; GERTLER, M.; GILCHRIST, S. The financial accelerator in a quantitative business cycle framework. v. 1, 1999.

CHRISTIANO, L. J.; EICHENBAUM, M.; EVANS, C. L. Monetary policy shocks: What have we learned and to what end? *Handbook of macroeconomics*, Elsevier, v. 1, p. 65–148, 1999.

CLARIDA, R.; GALI, J.; GERTLER, M. The science of monetary policy: a new keynesian perspective. *Journal of Economic Literature*, v. 37, n. Dec., p. 1661–1707, 1999.

COOLEY, T. F.; PRESCOTT, E. C. *Frontiers of Business Cycle Research*. [S.l.]: Princeton University Press, 1995. 1–38 p.

FERNÁNDEZ-VILLAVERDE, J. The econometrics of dsge models. *SERIEs*, Springer, v. 1, n. 1-2, p. 3–49, 2010.

FILHO, J. C. M.; TELES, V. K. Crédito e desemprego no brasil: 2002 a 2015. 2018.

GERALI, A. et al. Credit and banking in a dsge model of the euro area. *Journal of Money, Credit and Banking*, Wiley Online Library, v. 42, p. 107–141, 2010.

HERBST, E. P.; SCHORFHEIDE, F. *Bayesian estimation of DSGE models*. [S.l.]: Princeton University Press, 2015.

JUNIOR, C. A. D. et al. Fatores macroeconômicos, indicadores industriais e o spread bancário no brasil. *Ciencias da Administraçao*, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 20, n. 51, p. 26–41, 2018.

LINDÉ, J. Dsge models: still useful in policy analysis? *Oxford Review of Economic Policy*, v. 34, n. 1-2, p. 269–286, 2018.

LUNDBERG, E. Juros e spread bancário no brasil. *Departamento de Estudos e Pesquisas do Banco Central do Brasil*, 1999.

MARTINS, B. S. *Calibrando e simulando o modelo do'acelerador financeiro'para a economia brasileira*. Dissertação (Mestrado), 2005.

MARTINS, N. M.; FERRAZ, C. de A. A expansão do mercado de crédito brasileiro no período 2004-2009: determinantes, condicionantes e sustentabilidade. *Cadernos do desenvolvimento*, v. 6, n. 9, p. 269–289, 2018.

MEHRA, R. recursive competitive equilibrium. In: DURLAUF, S. N.; BLUME, L. E. (Ed.). *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2008.

MISHKIN, F. S. The channels of monetary transmission: Lessons for monetary policy. 1996.

MISHKIN, F. S. *The Economics of Money, Banking, and Financial Markets*. 10. ed. [S.l.]: Pearson, 2013.

PFEIFER, J. A guide to specifying observation equations for the estimation of dsge models. *Research series*, p. 1–150, 2014.

RAMEY, V. A. Macroeconomic shocks and their propagation. In: *Handbook of macroeconomics*. [S.l.]: Elsevier, 2016. v. 2, p. 71–162.

RUST, J. dynamic programming. In: DURLAUF, S. N.; BLUME, L. E. (Ed.). *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2008.

SANTOS, H. P. dos. *A Interação Entre a Política Monetária e o Mercado de Crédito: Uma Análise Empírica*. [S.l.]: PUC-Rio, 2010.

SCARTH, W. M. *Macroeconomics: An Introduction to Advanced Methods*. 1. ed. [S.l.]: Harcourt Brace Jovanovich, 2009. 65–79 p.

SHIN, Y. Bellman equation. *The New Palgrave Dictionary of Economics*, n. 2, p. 1–4, 2008.

SILVA, I. É. M.; PAES, N. L.; BEZERRA, J. F. Evidências de pass-through incompleto da taxa de juros, crédito direcionado e canal de custo da política monetária no brasil. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, SciELO Brasil, v. 48, n. 4, p. 559–595, 2018.

SNOWDON, B.; VANE, H. *Modern Macroeconomics: Its origins, development and Current State*. 1. ed. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2005. 803 p.

APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DO MODELO ESTIMADO – BGG

As equações utilizadas na estimação foram as seguintes, apresentadas na mesma ordem em que foram descritas as equações do modelo no capítulo 3:

$$y_t = C/Y\, c_t + I/Y\, i_t + G/Y\, g_t + C^e/Y\, {c^e}_t \tag{A.1}$$

$$c_t = (-r_t) + c_{t+1} \tag{A.2}$$

$${r^n}_t = r_t + \pi_{t+1} \tag{A.3}$$

$${c^e}_t = n_t \tag{A.4}$$

$${r^k}_{t+1} - r_t = (-\nu)\ (n_t - (q_t + k_t)) \tag{A.5}$$

$${r^k}_t = (1-\epsilon)\ (y_t - k_{t-1} - x_t) + q_t\,\epsilon - q_{t-1} \tag{A.6}$$

$$q_t = \phi\ (i_t - k_{t-1}) \tag{A.7}$$

$$y_t = a_t + k_{t-1}\,\alpha + (1-\alpha)\ \omega\, h_t \tag{A.8}$$

$$y_t - h_t - x_t - c_t = h_t\,\eta^{(-1)} \tag{A.9}$$

$$\pi_t = \kappa\ (-x_t) + \pi_{t+1}\,\beta \tag{A.10}$$

$$k_t = i_t\,\delta + k_{t-1}\ (1-\delta) \tag{A.11}$$

$$n_t = r_{t-1} + \gamma\, R\, K/N\ \left({r^k}_t - r_{t-1}\right) + n_{t-1} \tag{A.12}$$

$${r^n}_t = \rho\, {r^n}_{t-1} + \zeta\, \pi_{t-1} + \varepsilon_{rnt} \tag{A.13}$$

$$g_t = \rho_g\, g_{t-1} + \varepsilon_{g_t} \tag{A.14}$$

$$a_t = \rho_a\, a_{t-1} + \varepsilon_{at} \tag{A.15}$$

$$EFP_t = {r^k}_{t+1} - r_t \tag{A.16}$$

Neste conjunto, as variáveis são definidas como:

Tabela 6 – Variáveis Endógenas

Variável	LaTeX	Descrição
y	y	Produto
c	c	Consumo
i	i	Investimento
g	g	Gastos do Governo
ce	c^e	Consumo dos Empresários
n	n	Patrimônio Líquido
rk	r^k	Retorno do Capital
r	r	Taxa de Juros Real Sem Risco
q	q	Preço do Capital
k	k	Capital
x	x	Markup
a	a	Nível Agregado de Tecnologia
h	h	Trabalho das Famílias
pi	π	Inflação
rn	r^n	Taxa de Juros Nominal Sem Risco
premium	EFP	Prêmio de Financiamento Externo

Tabela 7 – Variáveis Exógenas

Variável	LaTeX	Descrição
eM	ε_{rn}	Choque de Política Monetária
eG	ε_g	Choque Fiscal
eA	ε_a	Choque de Tecnologia

Tabela 8 – Parâmetros

Variável	LaTeX	Descrição
beta	β	Fator de Desconto
eta	η	Elasticidade da Oferta de Trabalho
alpha	α	Participação do Capital
delta	δ	Taxa de Depreciação
omega	ω	Participação do Empreendedor na Força de Trabalho
eps	ϵ	Parâmetro
G_Y	G/Y	Razão Gastos do Governo-Produto no Steady State
C_Y	C/Y	Razão Consumo-Produto no Steady State

Tabela 8 – Continuação

Variável	LaTeX	Descrição
I_Y	I/Y	Razão Investimento-Produto no Steady State
Ce_Y	C^e/Y	Razão Consumo das Empresas-Produto no Steady State
Y_N	Y/N	Razão Produto-Patrimônio Líquido no Steady State
X	X	Markup Bruto de Steady State
rhoA	ρ_a	Coeficiente de Correlação Serial da Tecnologia
rhoG	ρ_g	Coeficiente de Correlação Serial dos Gastos do Governo
phi	ϕ	Elasticidade do Preço do Capital
K_N	K/N	Razão Capital-Patrimônio Líquido no Steady State
R	R	Taxa de Juros Real de Steady State
gamma	γ	Taxa de Falência
mu	μ	Custos de Auditoria
nu	ν	Elasticidade do Prêmio de Financiamento Externo
theta	θ	Probabilidade da Firma não alterar seus preços
rho	ρ	Coeficiente de Correlação Serial da Regra de Política Monetária
zeta	ζ	Coeficiente da Inflação na Regra de Política Monetária
kappa	κ	Parâmetro da Curva de Phillips

A próxima tabela é a apresentação dos valores adotados pelos parâmetros, semelhante a apresentada na Tabela 1, com a diferença que agora apresentamos a descrição das variáveis.

Tabela 9 – Valor dos Parâmetros

Parâmetro	Valor	Descrição
β	0.990	Fator de Desconto
η	2.000	Elasticidade da Oferta de Trabalho
α	0.300	Participação do Capital
δ	0.025	Taxa de Depreciação
ω	0.990	Participação do Empreendedor na Força de Trabalho
ϵ	0.994	Parâmetro
G/Y	0.180	Razão Gastos do Governo-Produto no Steady State
C/Y	0.560	Razão Consumo-Produto no Steady State
I/Y	0.170	Razão Investimento-Produto no Steady State
C^e/Y	0.100	Razão Consumo das Empresas-Produto no Steady State
Y/N	0.280	Razão Produto-Patrimônio Líquido no Steady State
X	11.000	Markup Bruto de Steady State
ρ_a	0.702	Coeficiente de Correlação Serial da Tecnologia
ρ_g	0.586	Coeficiente de Correlação Serial dos Gastos do Governo

Tabela 9 – Continuação

Parâmetro	**Valor**	**Descrição**
ϕ	0.075	Elasticidade do Preço do Capital
K/N	1.360	Razão Capital-Patrimônio Líquido no Steady State
R	1.010	Taxa de Juros Real de Steady State
γ	0.943	Taxa de Falência
μ	0.660	Custos de Auditoria
ν	0.300	Elasticidade do Prêmio de Financiamento Externo
θ	0.642	Probabilidade da Firma não alterar seus preços
ρ	0.792	Coeficiente de Correlação Serial da Regra de Política Monetária
ζ	0.216	Coeficiente da Inflação na Regra de Política Monetária
κ	0.203	Parâmetro da Curva de Phillips

APÊNDICE B – RESULTADOS DE ESTIMAÇÃO

Resultados de decomposição da variância para os períodos 8, 20 e 40, equivalentes a 2, 5 e 10 anos, respectivamente:

Tabela 10 – Decomposição da Variância Condicional da Média Posterior (em percentual) Período 8

	ε_{rn}	ε_g	ε_a
y	41.57	26.32	32.10
c	18.15	14.27	67.58
i	71.09	5.29	23.61
π	55.73	9.47	34.80
r^n	55.49	7.80	36.71
EFP	2.06	23.10	74.84

Tabela 11 – Decomposição da Variância Condicional da Média Posterior (em percentual) Período 20

	ε_{rn}	ε_g	ε_a
y	41.44	25.79	32.76
c	17.92	13.92	68.17
i	71.03	5.31	23.66
π	55.68	9.46	34.86
r^n	53.47	7.82	38.71
EFP	1.67	21.25	77.08

Tabela 12 – Decomposição da Variância Condicional da Média Posterior (em percentual) Período 40

	$\varepsilon_r n$	ε_g	ε_a
y	41.79	25.35	32.86
c	18.68	13.70	67.62
i	70.96	5.29	23.75
π	55.68	9.46	34.86
r^n	53.43	7.80	38.77
EFP	1.69	21.20	77.11

Trace plot dos parâmetros estimados:

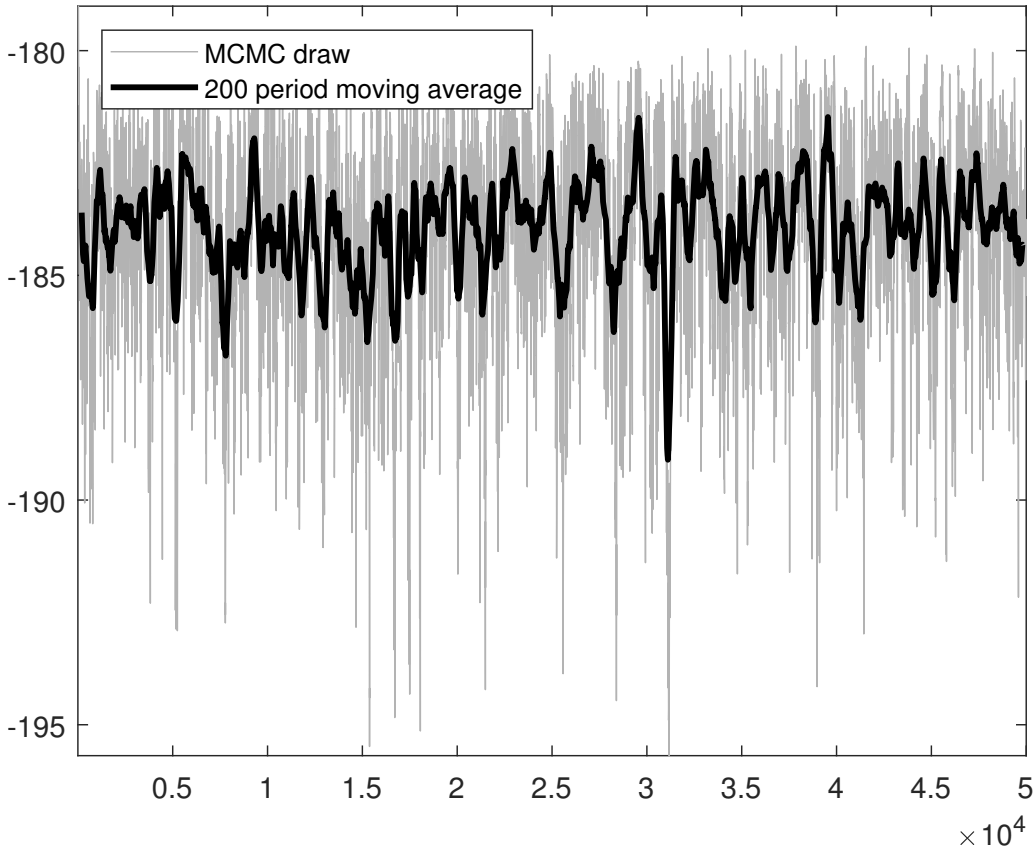


Figura 11 – Trace plot para densidade posterior

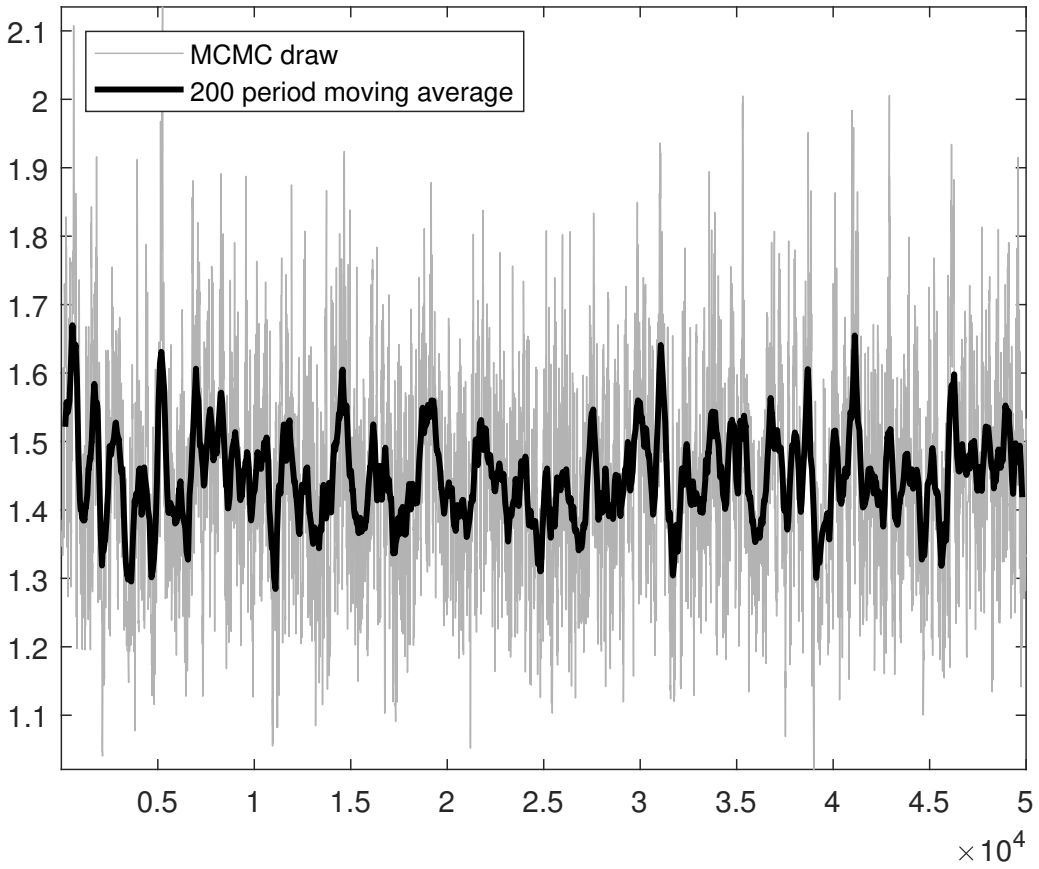


Figura 12 – Trace plot para o desvio padrão do choque estrutural ε_a

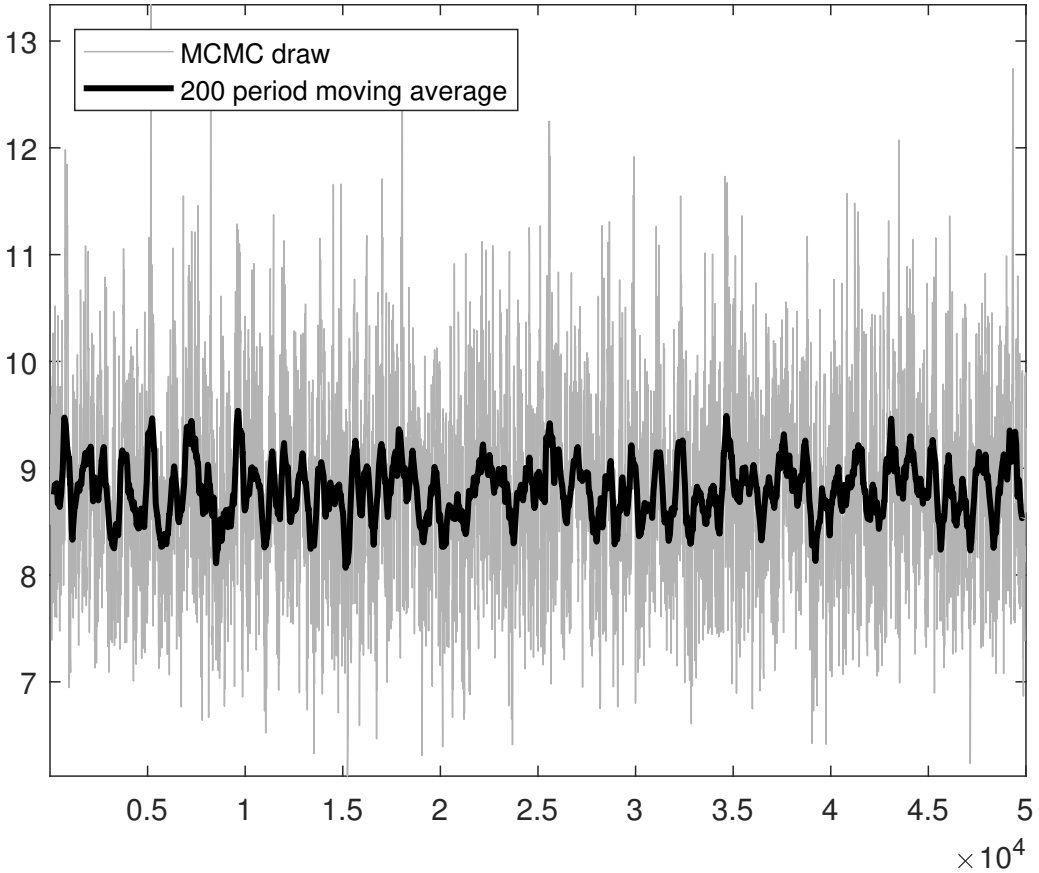


Figura 13 – Trace plot para o desvio padrão do choque estrutural ε_g

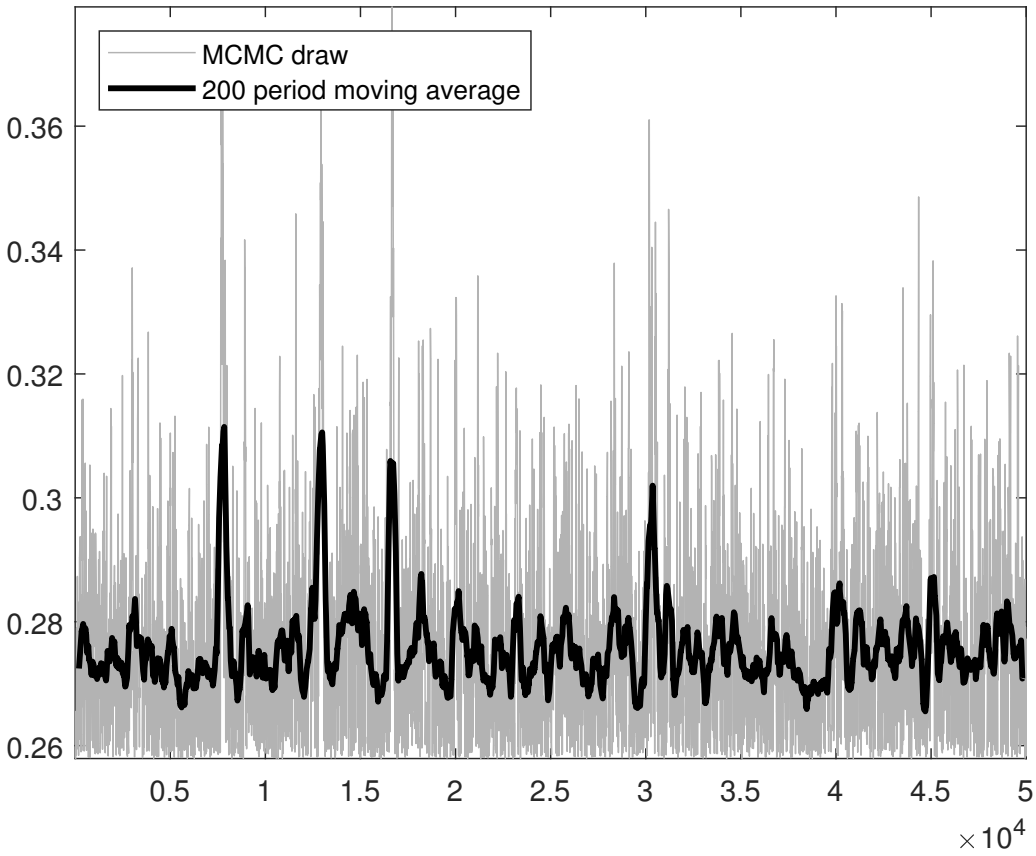


Figura 14 – Trace plot para o desvio padrão do choque estrutural ε_{rn}

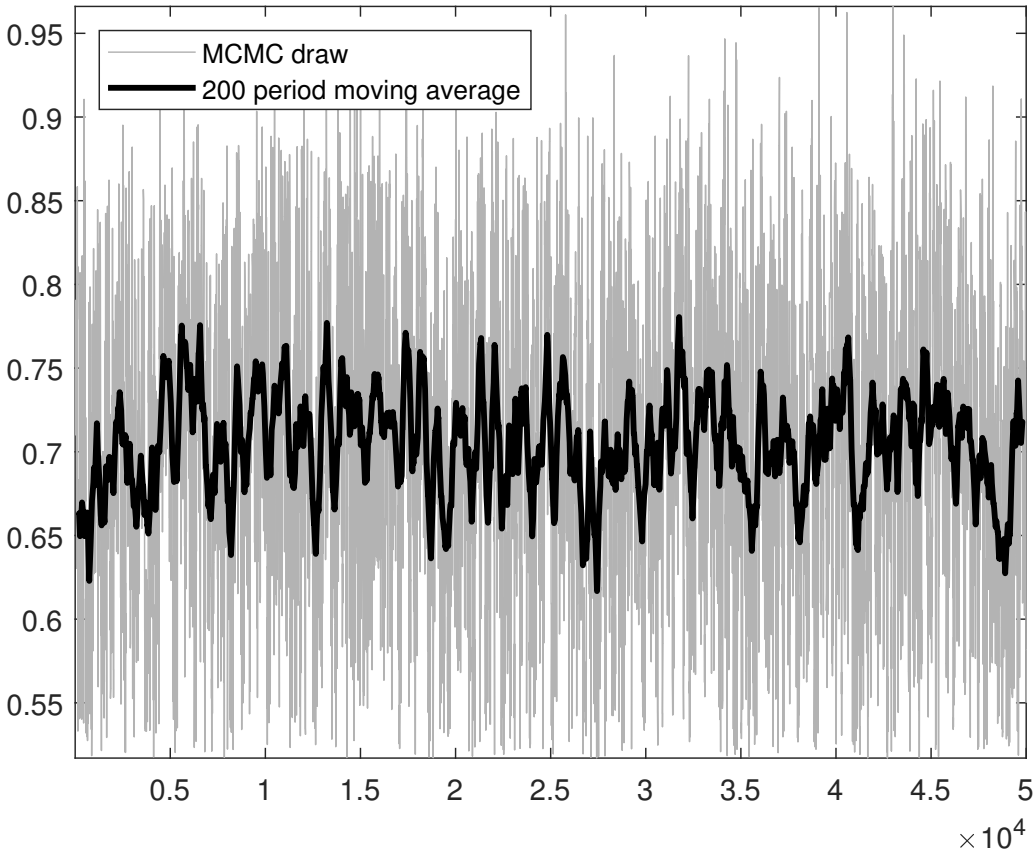


Figura 15 – Trace plot para o parâmetro ρ_a

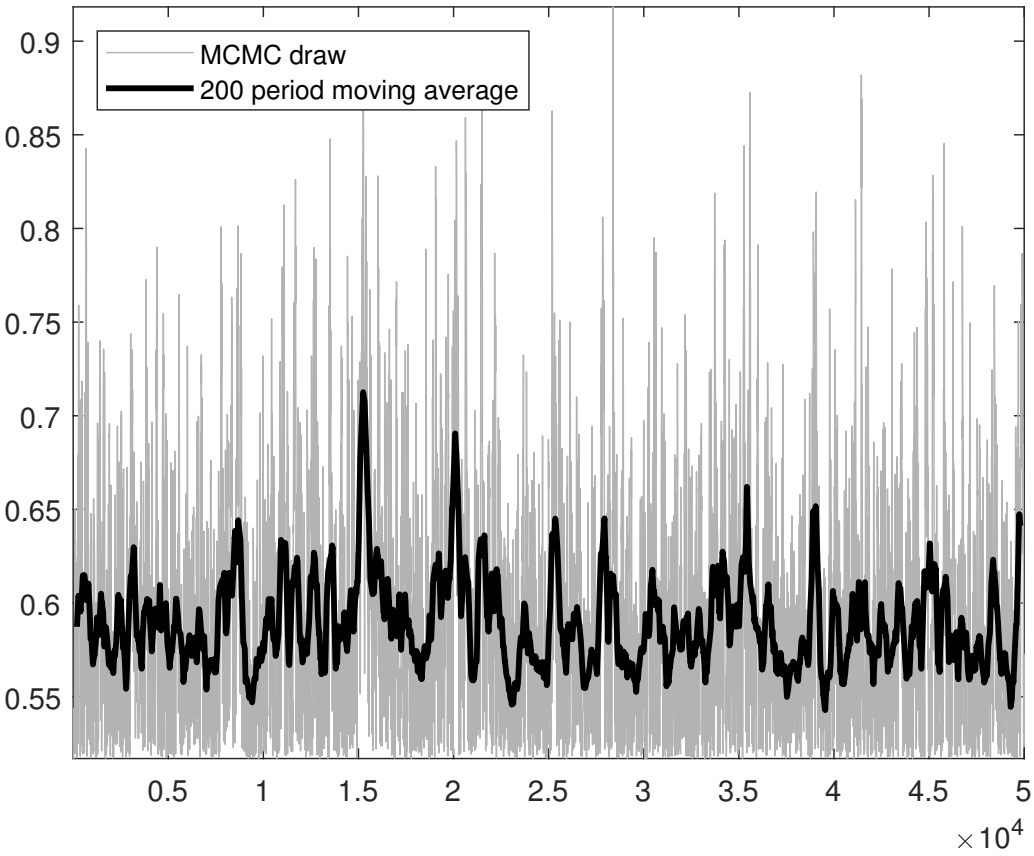


Figura 16 – Trace plot para o parâmetro ρ_g

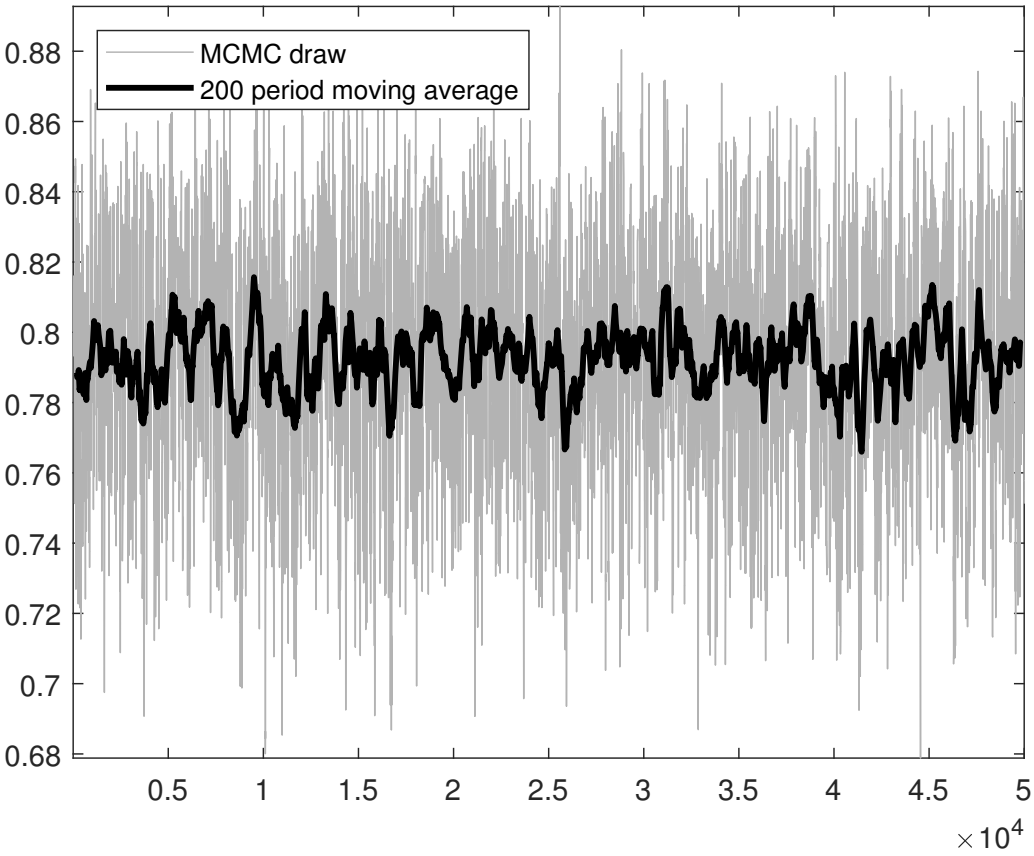


Figura 17 – Trace plot para o parâmetro ρ

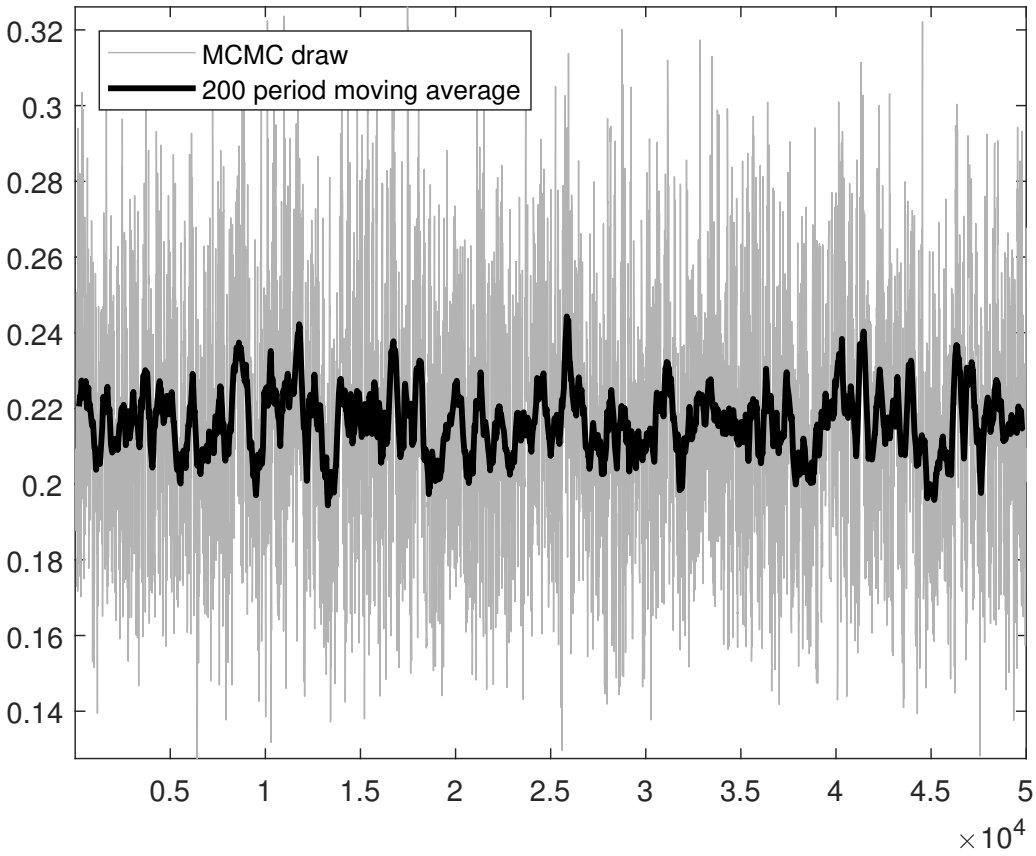


Figura 18 – Trace plot para o parâmetro ζ

ANEXO A – PROGRAMAÇÃO NO DYNARE

```
%=========================================================================%
% Bernanke et al. (1999, Handbook of Macroeconomics)
% Estimação e Calibração para o Caso Brasileiro
% L. K., 2019
%=========================================================================%

%-------------------------------------------------------------------
% 0. Fechando todos os gráficos pra não travar
%-------------------------------------------------------------------
close all;

%-------------------------------------------------------------------
% 1. Definindo as variáveis
%-------------------------------------------------------------------

var y                   ${y}$ (long_name='Produto')
    c                   ${c}$ (long_name='Consumo')
    i                   ${i}$ (long_name='Investimento')
    g                   ${g}$ (long_name='Gastos do Governo')
    ce                  ${c^{e}}$ (long_name='Consumo dos Empresários')
    n                   ${n}$ (long_name='Patrimônio Líquido')
    rk                  ${r^{k}}$ (long_name='Retorno do Capital')
    r                   ${r}$ (long_name='Taxa de Juros Real Sem Risco')
    q                   ${q}$ (long_name='Preço do Capital')
    k                   ${k}$ (long_name='Capital')
    x                   ${x}$ (long_name='Markup')
    a                   ${a}$ (long_name='Nível Agregado de Tecnologia')
    h                   ${h}$ (long_name='Trabalho das Famílias')
    pi                  ${\pi}$ (long_name='Inflação')
    rn                  ${r^{n}}$ (long_name='Taxa de Juros Nominal Sem Risco')
    premium             ${EFP}$ (long_name='Prêmio de Financiamento Externo')
;

varexo eM           ${\varepsilon_rn}$ (long_name='Choque de Política Monetária')
       eG           ${\varepsilon_g}$ (long_name='Choque Fiscal')
       eA           ${\varepsilon_a}$ (long_name='Choque de Tecnologia')
;
```

```
parameters beta             ${\beta}$   (long_name='Fator de Desconto')
           eta              ${\eta}$   (long_name='Elasticidade da Oferta de Trabalho')
           alpha            ${\alpha}$   (long_name='Participação do Capital')
           delta            ${\delta}$   (long_name='Taxa de Depreciação')
           omega            ${\omega}$   (long_name='Participação do Empreendedor na For
           eps              ${\epsilon}$   (long_name='Parâmetro')
           G_Y              ${G/Y}$   (long_name='Razão Gastos do Governo-Produto no Ste
           C_Y              ${C/Y}$   (long_name='Razão Consumo-Produto no Steady State'
           I_Y              ${I/Y}$   (long_name='Razão Investimento-Produto no Steady S
           Ce_Y             ${C^{e}/Y}$   (long_name='Razão Consumo das Empresas-Produto
           Y_N              ${Y/N}$   (long_name='Razão Produto-Patrimônio Líquido no St
           X                ${X}$   (long_name='Markup Bruto de Steady State')
           rhoA             ${\rho_a}$   (long_name='Coeficiente de Correlação Serial da
           rhoG             ${\rho_g}$   (long_name='Coeficiente de Correlação Serial do
           phi              ${\phi}$   (long_name='Elasticidade do Preço do Capital')
           K_N              ${K/N}$   (long_name='Razão Capital-Patrimônio Líquido no St
           R                ${R}$   (long_name='Taxa de Juros Real de Steady State')
           gamma            ${\gamma}$   (long_name='Taxa de Falência')
           mu               ${\mu}$   (long_name='Custos de Auditoria')
           nu               ${\nu}$   (long_name='Elasticidade do Prêmio de Financiament
           theta            ${\theta}$   (long_name='Probabilidade da Firma não alterar
           rho              ${\rho}$   (long_name='Coeficiente de Correlação Serial da R
           zeta             ${\zeta}$   (long_name='Coeficiente da Inflação na Regra de
           kappa            ${\kappa}$   (long_name='Parâmetro da Curva de Phillips')
 ;

%-----------------------------------------------------------------
% 2. Calibração
%-----------------------------------------------------------------

    C_Y       = 0.56        ; %Calculada
    Ce_Y   = 0.1         ; %BGG (1999)
    I_Y    = 0.17      ; %Silva (2012)
    G_Y    = 0.18        ; %Calculada
    K_N    = 1.36        ; %Martins (2005)
    Y_N    = 0.28        ; %Martins (2005)
    X      = 11          ; %Silva (2018)
    beta      = 0.99        ; %Silva (2018)
    R         = 1/beta      ;
    alpha     = 0.3         ; %Silva (2018)
```

```
    eta       = 2           ; %Silva (2018)
    omega     = 0.99        ; %BGG (1999)
    delta     = 0.025       ; %Silva (2018)
    rhoA      = 0.999       ; %BGG (1999)
    rhoG      = 0.95        ; %BGG (1999)
    phi       = 0.075       ; %Silva (1999)
    Rk        = R + 0.02    ;
    gamma     = 1 - 0.057   ; %Martins (2005)
    mu        = 0.66        ; %Martins (2005)
    theta     = 0.642       ; %Martins (2005)
    rho       = 0.85        ; %Martins (2005)
    zeta      = 0.2         ; %Martins (2005)
    kappa     = ((1-theta)/theta)*(1-theta*beta);
    eps       = (1-delta)/((1-delta) + ((alpha/X)*(Y_N/K_N)));
    nu        = 0.3         ; %Martins (2005)


%-----------------------------------------------------------------
% 3. Modelo (o número é das equações no paper!)
%-----------------------------------------------------------------

model(linear);
    %Demanda Agregada
    [name='Restrição de Recursos']
    y = C_Y*c + I_Y*i + G_Y*g + Ce_Y*ce;           //4.14
    [name='Consumo das Famílias']
    c = -r + c(+1);                                //4.15
    [name='Taxa de Juros Nominal']
    rn = r + pi(+1);                               //nominal int. rate
    [name='Consumo das Firmas']
    ce = n;                                        //4.16

    %Oferta Agregada
    [name='Patrimônio Líquido no Investimento']
    rk(+1) - r = -nu*(n -(q + k));                 //4.17
    [name='Retorno Bruto Esperado do Capital']
    rk = (1-eps)*(y - k(-1) - x) + eps*q - q(-1);  //4.18
    [name='Preço das Unidades de Capital']
    q = phi*(i - k(-1));                           //4.19
    [name='Função de Produção']
```

```
    y = a + alpha*k(-1) + (1-alpha)*omega*h;        //4.20
    [name='Relação de Equilíbrio do Mercado de Trabalho']
    y - h - x - c = (eta^(-1))*h;                   //4.21

    %Evolução das Variáveis de Estado
    [name='Curva de Phillips']
    pi = kappa*(-x) + beta*pi(+1);                  //4.22
    [name='Dinâmica do Capital']
    k = delta*i + (1-delta)*k(-1);                  //4.23
    [name='Evolução do Patrimônio Líquido']
    n = gamma*R*K_N*(rk - r(-1)) + r(-1) + n(-1);   //4.24

    %Política Monetária e Choques
    [name='Regra de Política Monetária']
    rn = rho*rn(-1) + zeta*pi(-1) + eM;             //4.25
    [name='Choque Fiscal']
    g = rhoG*g(-1) + eG;                            //4.26
    [name='Choque de Tecnologia']
    a = rhoA*a(-1) + eA;                            //4.27

    [name='Prêmio de Financiamento Externo']
    premium = rk(+1) - r; //prêmio

end;

steady_state_model;
y = 0;
pi = 0;
premium = 0;
rn = 0;
end;


//Define a Variância dos Choques
shocks;
    var eG; stderr 0.25; %Silva (2012)
    var eA; stderr 0.25; %Silva (2012)
    var eM; stderr 0.35; %Silva (2012)
end;
```

```
%----------------------------------------------------------------
% 4. Computação e Estimação
%----------------------------------------------------------------
//Checa os valores iniciais para o Steady State
resid;
//Calcula o Steady State
steady;
//Checa as Condições de Blanchard-Kahn
check;

//Simulação
stoch_simul(order=1,irf=24);

estimated_params;
// PARAM NAME, INITVAL, LB, UB, PRIOR_SHAPE, PRIOR_P1, PRIOR_P2, PRIOR_P3, PRIOR_P4, JSC
// PRIOR_SHAPE: BETA_PDF, GAMMA_PDF, NORMAL_PDF, INV_GAMMA_PDF, UNIFORM_PDF
zeta, normal_pdf,0.2,0.25;
rhoG, uniform_pdf,0.95,0.25;
rhoA, uniform_pdf,0.95,0.25;
rho, uniform_pdf,0.99,0.25;
stderr eA, inv_gamma_pdf,2,4;
stderr eG, inv_gamma_pdf,2,4;
stderr eM, inv_gamma_pdf,2,4;
end;


options_.TeX=1;

varobs y pi rn;

estimation(datafile=dadosbr2,mh_jscale=1.5,mode_check,
mh_replic=50000,mh_nblocks=1,mode_compute=6,bayesian_irf,smoother,moments_varendo,
conditional_variance_decomposition=[8 20 40]) y c i pi rn premium;

%----------------------------------------------------------------
% generate LaTeX output
%----------------------------------------------------------------

write_latex_dynamic_model;
write_latex_parameter_table;
```

```
write_latex_definitions;
write_latex_prior_table;
generate_trace_plots(1);
collect_latex_files;
if system(['pdflatex -halt-on-error -interaction=batchmode ' M_.fname '_TeX_binder.tex']
    error('TeX-File did not compile.')
end
```