



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

CAMILA MARIA PERNAMBUCO PEIXOTO DA SILVA

ENSAIOS SOBRE INCERTEZA E O MERCADO
HABITACIONAL

Recife
2022

CAMILA MARIA PERNAMBUCO PEIXOTO DA SILVA

**ENSAIOS SOBRE INCERTEZA E O MERCADO
HABITACIONAL**

Área de Concentração: Teoria Econômica
Subárea: Macroeconomia e Finanças

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito final para obtenção do grau de **Doutora em Economia**.

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCELO EDUARDO ALVES DA SILVA

Recife
2022

Catálogo na Fonte
Bibliotecária Ângela de Fátima Correia Simões, CRB4-773

S586e Silva, Camila Maria Pernambuco Peixoto da
Ensaio sobre incerteza e o mercado habitacional / Camila Maria
Pernambuco Peixoto da Silva. - 2022.
94 folhas: il. 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Eduardo Alves da Silva.
Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco,
CCSA, 2022.
Inclui referências e apêndices

1. Setor imobiliário. 2. Incerteza (Economia). 3. Mercado imobiliário.
I. Silva, Marcelo Eduardo Alves da (Orientador). II. Título.

336 CDD (22. ed.) UFPE (CSA 2022 – 074)

CAMILA MARIA PERNAMBUCO PEIXOTO DA SILVA

ENSAIOS SOBRE INCERTEZA E O MERCADO HABITACIONAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito final para a obtenção do título de doutora em Economia.

Aprovado em: 19/10/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Marcelo Eduardo Alves da Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Rafael da Silva Vasconcelos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Paulo Henrique Pereira de Meneses Vaz (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Igor Ézio Maciel Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof^a. Dra. Andreza Aparecida Palma (Examinadora Externo)
Universidade Federal de São Carlos

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais por não medirem esforços para me ensinar sobre a importância do estudo e da busca pelo crescimento intelectual e pela independência. Sou grata por todos os incentivos, orientações, puxões de orelha e pelo apoio na minha caminhada. Se estou onde estou hoje é por causa deles também. Obrigada, Painho e Mainha!

Agradeço também aos meus outros familiares e amigas por serem exemplos para mim, por me apoiarem nesse processo, por entenderem a minha ausência em muitas encontros e por ficarem felizes com as minhas vitórias.

Ao ingressar nessa caminhada da pós-graduação tive o privilégio de conhecer Sávio. Ele esteve presente nos momentos de alegria, comemorando as minhas vitórias, e nos momentos de desafios, me ajudando bastante e me incentivando a superá-los. Obrigada por tudo!

Agradeço também aos professores do PIMES que contribuíram para o meu aprendizado e ao meu professor e orientador Marcelo por todos os ensinamentos, contribuições, paciência e apoio para que fosse possível a conclusão desse trabalho.

Agradeço à banca do projeto (Igor Silva, Paulo Vaz, Rafael Vasconcelos e Roberto Perrelli) e a banca de defesa da tese (Andreza Palma, Igor Silva, Paulo Vaz e Rafael Vasconcelos) pela disponibilidade, contribuições e sugestões importantíssimas para a minha tese.

Agradeço aos amigos de turma, em especial à Patrícia, que foi minha parceira nas aulas e no andamento da tese, compartilhando conhecimentos, conselhos e me apoiando nessa caminhada.

Agradeço aos funcionários do PIMES e do CCSA por promover toda a estrutura necessária para o estudo e pela prontidão em resolver todas as questões burocráticas necessárias.

Agradeço à CAPES por ter me financiado durante o meu doutorado.

Resumo

Esta tese está dividida em dois capítulos que abordam o tema da incerteza econômica, o setor habitacional e o imobiliário nos Estados Unidos. O primeiro utiliza-se de um modelo de equilíbrio geral dinâmico estocástico (DSGE) para compreender o impacto da incerteza proveniente do setor habitacional e da incerteza agregada no setor produtivo na atividade real da economia estadunidense. Os principais resultados foram: (i) Sob um contexto de rigidez nominal e de restrição de empréstimos, a incerteza na produtividade do setor de habitação tem um efeito negativo na economia, agindo através do canal de opções reais, demonstrando que a rigidez desempenha um papel importante na dinâmica do choque de incerteza; (ii) A restrição de empréstimos potencializa o efeito adverso da incerteza do setor habitacional no consumo, sendo essa característica um elemento chave no modelo; (iii) Em relação à incerteza agregada no setor produtivo, sob um contexto de rigidez nominal e de efeito garantia, ela terá um efeito negativo na economia, exceto para o preço dos imóveis e para o investimento residencial. O segundo artigo analisa os efeitos heterogêneos dos choques de incerteza sobre a dinâmica da economia. Nós calculamos uma medida de incerteza para o mercado imobiliário para cada estado dos Estados Unidos, definida como a volatilidade condicional no erro de previsão das variáveis desse mercado. Em seguida, analisamos o impacto destas medidas na atividade real das unidades federativas, através de um modelo de Vetores Autorregressivos em Painel (PVAR) Bayesiano, com a utilização de priori hierárquica em que a identificação se dá por restrições de sinais. E por fim, avaliamos a relação entre as respostas acumuladas desses resultados com a heterogeneidade dos estados, através da estimação de uma regressão transversal. Os principais resultados foram: (i) A incerteza imobiliária é maior durante a crise de 2008 e sua magnitude é heterogênea entre os estados; (ii) A incerteza imobiliária apresenta efeitos adversos na atividade econômica das unidades federativas em diferentes intensidades; (iii) Estados com uma maior concentração do setor financeiro e de petróleo e gás são mais afetados pelos choques de incerteza.

Palavras-Chaves: Incerteza no setor de habitação; Incerteza do setor imobiliário; atividade real; DSGE; PVAR Bayesiano.

Classificação JEL: C53; D81; E2; E32; E44.

Abstract

This thesis is divided into two chapters that address the theme of economic uncertainty, the housing market and real estate sector in the United States. The first uses a stochastic dynamic general equilibrium (DSGE) model to understand the impact of uncertainty arising from the housing sector and aggregate uncertainty in the productive sector on the real activity of the US economy. The main results were: (i) Under a context of nominal rigidity and borrowing constraint, uncertainty in the productivity of the housing sector has a negative effect on the economy, acting through the real options channel, showing that rigidity plays an important role in the dynamics of the shock of uncertainty; (ii) The constraint on loans potentiates the adverse effect of uncertainty in the housing sector on consumption, characterizing this constraint as a key element in the model; (iii) In relation to aggregate uncertainty in the productive sector, under a context of nominal rigidity and guarantee effect, it will have a negative effect on the economy, except for the price of real estate and residential investment. The second article analyzes the heterogeneous effects of uncertainty shocks on the dynamics of the economy. We calculated a measure of uncertainty for the housing market for each US state, defined as the conditional volatility in the forecast error of variables in that market. Next, we analyze the impact of these measures on the real activity of the federative units, through a Bayesian Autoregressive Vector Panel (PVAR) model, using a hierarchical prior in which the identification takes place by sign restrictions. Finally, we evaluated the relationship between the accumulated responses of these results with the heterogeneity of states, through the estimation of a transversal regression. The main results were: (i) Real estate uncertainty is higher during the 2008 crisis and its magnitude is heterogeneous among states; (ii) The real estate uncertainty has adverse effects on the economic activity of the federative units in different intensities; (iii) States with a greater concentration of the financial and oil and gas sectors are more affected by uncertainty shocks.

Keywords: Housing sector uncertainty, Real Estate Uncertainty; real activity; DSGE model, PVAR model.

JEL Code: C53; D81; E2; E32; E44.

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Respostas ao impulso diante de um choque de incerteza no setor de habitação	37
Figura 1.2 - Respostas ao impulso diante de um choque de incerteza agregada no setor produtivo	40
Figura 2.1 - Mediana das incertezas imobiliárias estaduais	55
Figura 2.2 - Funções de impulso-resposta a um choque de incerteza no mercado imobiliário.	56
Figura 2.3 - Mediana das incertezas imobiliárias regionais	61
Figura 2.4 - Comparação entre as medidas de incerteza imobiliária estadual (IIE), nacional (IIN) e a macroeconômica nacional (IMN).	62
Figura 2.5 - Funções de impulso-resposta regionais diante de um choque de incerteza do mercado imobiliário	63
Figura 2.6 - Funções de impulso-resposta diante de um choque de incerteza no mercado imobiliário - comparação entre IIE e IIN	64
Figura 2.7 - Funções de impulso-resposta diante de um choque de incerteza no mercado imobiliário	65
Figura 2.8 - Funções de impulso-resposta diante de um choque de incerteza no mercado imobiliário - identificação recursiva	66
Figura B.1 -Incertezas estaduais	78
Figura B.2 -Incertezas estaduais	79
Figura B.3 -Funções de impulso-resposta estaduais	81
Figura B.4 -Funções de impulso-resposta estaduais	82
Figura B.5 -Funções de impulso-resposta estaduais	83
Figura B.6 -Funções de impulso-resposta estaduais	84
Figura B.7 -Funções de impulso-resposta estaduais	85
Figura B.8 -IFunções de impulso-resposta estaduais	86
Figura B.9 -Funções de impulso-resposta estaduais	87
Figura B.10Funções de impulso-resposta estaduais	88
Figura B.11Funções de impulso-resposta estaduais	89

Lista de Tabelas

Tabela 1.1 - Teste de Geweke (1992)	32
Tabela 1.2 - Distribuição a priori e posteriori	33
Tabela 2.1 - Restrições de sinais - identificação do choque de incerteza	53
Tabela 2.2 - Resultados da regressão transversal	60
Tabela A.1 -Parâmetros do modelo	75

Sumário

Introdução	12
1 Incerteza, restrição de crédito e rigidez nominal: uma análise para o mercado habitacional.	14
1.1 Introdução	14
1.2 Revisão da Literatura	18
1.3 Modelo teórico	22
1.3.1 Famílias	22
1.3.1.1 Famílias Pacientes	22
1.3.1.2 Famílias Impacientes	23
1.3.2 Firms	24
1.3.3 Rigidez nominal e política monetária	25
1.3.4 Processos dos choques e introdução da incerteza	26
1.3.5 Equilíbrio	27
1.3.6 Crescimento equilibrado	28
1.3.7 Método de solução	28
1.3.8 Construção das funções de impulso-resposta	29
1.3.9 Parâmetros do Modelo	29
1.3.10 Parâmetros provenientes de Iacoviello & Neri (2010)	30
1.3.11 Parâmetros estimados pelo presente trabalho	31
1.3.11.1 Prioris	31
1.3.11.2 Posterioris	31
1.4 Resultados	33
1.4.1 Funções de impulso-resposta diante de um choque de incerteza no setor habitacional	33
1.4.2 Funções de impulso-resposta diante de um choque de incerteza agregada	36
1.5 Conclusão	39
2 Efeitos Heterogêneos da Incerteza sobre a Dinâmica Econômica Estadual: Uma Análise para os Estados Unidos.	43
2.1 Introdução	43
2.2 Revisão da Literatura	46

2.3	Metodologia	47
2.3.1	Dados	48
2.3.2	Medida de incerteza para o mercado imobiliário	50
2.3.3	VAR em painel bayesiano com priori hierárquica	51
2.3.4	Regressão transversal	53
2.4	Resultados	54
2.4.1	Medida de incerteza para o mercado imobiliário	54
2.4.2	Funções de impulso-resposta do choque de incerteza no mercado imobiliário	54
2.4.3	Heterogeneidade nas respostas dos estados a um choque de incerteza do mercado imobiliário	57
2.4.4	Resultados adicionais	58
2.5	Conclusão	66
	Referências	68
A	Apêndice A - Informações adicionais	73
A.1	Equações restantes do modelo	73
A.2	Parâmetros do modelo: Definições, valores e fonte.	75
B	Apêndice B - Figuras estaduais	77
B.1	Figuras das incertezas estaduais	77
B.2	Funções de impulso-resposta estaduais	80
C	Apêndice C - Apêndice Metodológico	90
C.1	Algoritmo Gibbs <i>sampling</i> para obtenção da posteriori	90
C.2	Algoritmo Gibbs <i>sampling</i> para obtenção das funções impulso resposta	92

Introdução

O mercado de habitação possui uma extensa e complexa cadeia produtiva e tem efeitos na produção, no investimento, na renda e nos níveis de emprego de um país. Nos Estados Unidos, esse setor tem uma relação importante com o mercado financeiro, através do mercado imobiliário, no qual as famílias e as empresas podem usar o valor dos seus imóveis como garantia para os empréstimos. Além disso, esses mercados estiveram diretamente relacionados à Grande Recessão de 2008, período no qual houve um aumento da incerteza econômica. Essas características tornam o setor de construção de imóveis, o imobiliário e suas relações com a incerteza econômica um caso interessante de estudo.

O primeiro ensaio utiliza-se de um modelo de equilíbrio geral dinâmico estocástico (DSGE) para compreender o impacto da incerteza proveniente do setor habitacional e da incerteza agregada no setor produtivo na atividade real da economia estadunidense. Os principais resultados foram: (i) Sob um contexto de rigidez nominal e de restrição de empréstimos, a incerteza na produtividade do setor de habitação tem um efeito negativo na economia, agindo através do canal de opções reais, demonstrando que a rigidez desempenha um papel importante na dinâmica do choque de incerteza; (ii) A restrição de empréstimos potencializa o efeito adverso da incerteza do setor habitacional no consumo, sendo essa característica um elemento chave no modelo; (iii) Em relação à incerteza agregada no setor produtivo, sob um contexto de rigidez nominal e de efeito garantia, ela terá um efeito negativo na economia, exceto para o preço dos imóveis e para o investimento residencial.

O segundo ensaio analisa os efeitos heterogêneos de choques de incerteza sobre a dinâmica da economia. Calculamos uma medida de incerteza para o mercado imobiliário para cada estado dos Estados Unidos, definida como a volatilidade condicional no erro de previsão das variáveis desse mercado. Em seguida, analisamos o impacto destas medidas na atividade real das unidades federativas, através de um modelo de Vetores Autorregressivos em Pannel (PVAR) Bayesiano, com a utilização de priori hierárquica em que a identificação se dá por restrições de sinais. E por fim, avaliamos a relação entre as respostas acumuladas desses resultados com a heterogeneidade dos estados, através da estimação de uma regressão transversal. Os principais

resultados foram: (i) A incerteza imobiliária é maior durante a crise de 2008 e sua magnitude é heterogênea entre os estados; (ii) A incerteza imobiliária apresenta efeitos adversos na atividade econômica das unidades federativas em diferentes intensidades; (iii) Estados com uma maior concentração do setor financeiro e de petróleo e gás são mais afetados pelos choques de incerteza.

Incerteza, restrição de crédito e rigidez nominal: uma análise para o mercado habitacional.

1.1 Introdução

O setor de construção de imóveis, mais conhecido como setor de habitação, possui uma extensa e complexa cadeia produtiva e seus efeitos podem ser tanto diretos quanto indiretos, afetando a produção, o investimento, a renda e os níveis de emprego de um país. Por necessitar de uma ampla variedade de insumos no seu processo produtivo, esse mercado acaba impulsionando esses setores que lhe servem de base.

Ele também está associado ao setor imobiliário que serve de intermediário entre os construtores de imóveis e as famílias que desejam comprar ou alugar esses bens. Além disso, esse setor também é capaz de gerar externalidades positivas, pois a construção de casas, gera um investimento em redes de energia, de telecomunicações, de asfaltamento e de saneamento, e isso impacta fortemente no desenvolvimento econômico e no bem-estar da sociedade.

Nos Estados Unidos, esse setor tem uma relação importante com o mercado financeiro, à medida que as famílias e as empresas podem usar o valor dos seus imóveis como garantia para os empréstimos. A ideia é de que um aumento no valor das casas aumente a capacidade de empréstimos dos mutuários. E segundo [Iacoviello \(2005\)](#) uma grande parcela dos empréstimos nos Estados Unidos está assegurada por imóveis.

O setor habitacional nos Estados Unidos esteve diretamente relacionado à Grande Recessão de 2008, pois o aumento dos preços da habitação entre 2000 e 2006, o colapso em 2007 e o aumento imprevisto das inadimplências hipotecárias contribuíram para essa crise ([Garriga et al. \(2019\)](#); [Davis & Van Nieuwerburgh \(2015\)](#)). Além disso, [Strobel et al. \(2020\)](#) comentam que a Grande Recessão foi caracterizada pelo declínio nos preços da habitação, o aumento da taxa de desemprego e o aumento da presença de incerteza nos EUA. [Leamer \(2007\)](#) salienta que da Segunda Guerra Mundial ao ano de 2007, oito recessões foram precedidas por problemas

substanciais no setor de habitação e de bens de consumo duráveis.

Dorofeenko et al. (2014) afirmam que essa experiência levou alguns economistas a mostrar que: o setor habitacional é um componente crítico para o comportamento econômico agregado; a intermediação financeira desempenha um papel importante na economia e a incerteza é uma fonte quantitativamente importante para a atividade do ciclo dos negócios.

No entanto, pouco se sabe sobre a relação entre a incerteza e o setor de habitação sob o ponto de vista teórico. O trabalho de Dorofeenko et al. (2014) é o único trabalho nesse âmbito, que nós sabemos, que visa entender os mecanismos de transmissão entre a incerteza e o mercado de habitação e os seus impactos na atividade econômica dos Estados Unidos.

Entretanto, esse trabalho não analisou algumas questões, como por exemplo, o papel da garantia dos empréstimos associada ao valor dos imóveis na propagação de um choque de incerteza proveniente do setor habitacional e a resposta da atividade econômica a esse choque num contexto de rigidez de preços e salários.

É interessante considerar esses fatores por alguns motivos. Primeiro, o trabalho de Iacoviello & Neri (2010) encontra que o empréstimo associado ao valor dos imóveis amplifica a resposta do consumo das famílias em relação aos choques de política monetária, de demanda por imóveis e de tecnologia. Isso nos motiva a analisar o papel desse tipo de empréstimo num contexto de incerteza, à medida que buscaríamos avaliar se esse mecanismo ajudaria a amplificar os efeitos da incerteza do setor habitacional no resto da economia. Segundo, é relevante fazer a diferenciação entre flexibilidade e rigidez de preços e salários, para comparar os impactos da incerteza em cada um desses cenários e observar qual deles é um fator chave no comportamento das variáveis econômicas.

Motivados por essas lacunas e cientes da importância do setor de habitação nos Estados Unidos, o presente trabalho tem como objetivo analisar o impacto da incerteza proveniente do setor habitacional na atividade real da economia estadunidense, como no consumo, no investimento residencial, no investimento em negócios, no preço dos imóveis, na taxa de juros e no PIB, comparando-os em diferentes contextos de rigidezes e flexibilidades nominal e de restrição de empréstimos e buscando investigar os canais de transmissão através dos quais a incerteza afeta a economia. Por fim, como exercício adicional, avaliaremos também o efeito da incerteza agregada no setor produtivo dessa economia, que acontece quando a incerteza afeta o setor habitacional e o não habitacional simultaneamente.

Para isso, utilizaremos o modelo Dinâmico Estocástico de Equilíbrio Geral (DSGE), desenvolvido por Iacoviello & Neri (2010), e introduziremos a incerteza na produção do setor habitacional. Esse modelo retrata uma economia composta por heterogeneidade tanto do lado da oferta, quanto do lado da demanda. A oferta é composta por duas firmas intermediárias, das quais, uma é a firma de habitação, que produz casas, utilizando capital, trabalho e terras e a outra é a firma não habitacional, que produz bens de consumo a partir do capital e do trabalho. Essas duas tecnologias são utilizadas pela firma de bens finais para produzir bens de consumo e imóveis.

No lado da demanda, as famílias pacientes, caracterizadas por terem uma taxa de desconto menor, acumulam capital e concedem empréstimos para as impacientes, as quais podem utilizar as casas como garantia para esses empréstimos. O modelo também possui características comuns à estrutura novo-keynesiana: empresas monopolisticamente competitivas, preços e salários rígidos e uma autoridade monetária que estabelece as taxas de juros de acordo com uma regra de Taylor.

A incerteza será representada pela volatilidade variável no tempo das inovações dos choques de produtividade (TFP) do setor habitacional. De acordo com [Bonciani & Van Roye \(2016\)](#), a incerteza na TFP pode ser interpretada como uma maior dispersão nos custos futuros para a firma intermediária. Dentro do contexto da construção de imóveis, podemos citar alguns dos custos que estão relacionados ao processo produtivo, como os impostos, a burocracia, as taxas de juros, os limites dos empréstimos para a compra de insumos e a capacidade de financiamento das famílias para a compra de casas, sendo esses três últimos de maior relevância já que este é um setor fortemente dependente do crédito para financiar a sua produção. E para gerar um choque de incerteza agregada, isto é, da incerteza atingindo os dois setores intermediários da economia, iremos provocar de forma simultânea choques de incerteza no setor não-habitacional e habitacional.

Nosso resultado principal (*baseline*) aponta que, sob um contexto de rigidez nominal e de restrição de empréstimos, a incerteza na produtividade do setor de habitação tem um efeito negativo na economia, agindo através do canal de opções reais. Observamos também que a existência de restrição de empréstimos potencializa o efeito adverso da incerteza do setor habitacional no consumo total de bens, sendo essa característica um elemento chave no modelo.

Quando comparamos nossos resultados sob um contexto de flexibilidade nominal e de ausência de efeito garantia com o trabalho de [Dorofeenko et al. \(2014\)](#), os resultados são iguais para o PIB, o investimento residencial e o consumo, com queda nas duas primeiras variáveis e aumento na terceira. A diferença é que no deles o preço dos imóveis aumenta, enquanto no nosso diminui, pois no modelo deles há um *markup* nos preços dos imóveis devido à possibilidade de falência dos bancos causada pela incerteza, enquanto no nosso não há.

Além disso, comparando nosso resultado *baseline* com o de [Dorofeenko et al. \(2014\)](#), o fato de no deles o consumo e o preço dos imóveis aumentarem, enquanto no nosso eles diminuem, mostra que o nosso modelo está mais condizente com os dados que foram observados durante a Crise Financeira de 2008, pois de acordo com o *Federal Reserve Bank of Saint Louis (FRED)*, nessa época o consumo e o preço dos imóveis caíram.¹ Esse desdobramento demonstra a importância de considerar rigidez nominal e restrição de empréstimos para explicar a dinâmica do choque de incerteza no setor habitacional.

Nós encontramos que a incerteza agregada no setor produtivo, sob um contexto de rigidez nominal e de restrição de empréstimos (*baseline*), terá um efeito negativo na economia, exceto para o preço dos imóveis e para o investimento residencial. Isso se dá pelo fato do preço do

¹Para mais informações olhar em <https://fred.stlouisfed.org>

setor habitacional ser flexível², o que torna esse setor mais atrativo em relação ao não habitacional. Constatamos também o papel chave da restrição de empréstimos, pois na ausência dela a incerteza agregada tem um efeito positivo no consumo total de bens.

Ainda analisando a incerteza agregada, para um contexto de rigidez de preços e de efeito garantia, comparamos nossos resultados com os de [Bonciani & Van Roye \(2016\)](#)³, cujo trabalho analisou o impacto da incerteza na TFP em nível agregado sob um contexto de preços rígidos e efeito garantia nos empréstimos das firmas. Constatamos que os resultados são iguais para o consumo, havendo uma queda nele, mas opostos para o investimento e o PIB, pois enquanto no deles o investimento total e o PIB diminuem, no nosso o investimento residencial, o investimento em negócios e o PIB aumentam. Isso acontece, pois no deles os preços de todos os setores são rígidos, enquanto no nosso somente o preço do setor não habitacional apresenta rigidez. Por conta disso, no nosso modelo, o setor habitacional se torna mais atrativo em relação ao não habitacional, permitindo que aumente o investimento no primeiro. Já o investimento em negócios, que é representado pela combinação da formação do capital no setor habitacional e no não habitacional, aumenta, pois há um aumento na formação do capital do setor não habitacional, que supera a queda na formação do capital do outro setor. Por fim, o PIB aumenta em resposta ao aumento dos dois investimentos.

Este artigo está relacionado a duas vertentes da literatura. A primeira consiste em artigos que buscam analisar o impacto de choques provenientes do setor habitacional nos ciclos dos negócios ([Iacoviello, 2005](#); [Davis & Heathcote, 2005](#); [Iacoviello & Neri, 2010](#)). A segunda se refere aos trabalhos que analisam o impacto da incerteza variável no tempo na economia sob o contexto de fricções financeiras e de rigidez nominal ([Dorofeenko et al., 2014](#); [Born & Pfeifer, 2014](#); [Leduc & Liu, 2016](#); [Bonciani & Van Roye, 2016](#); [Basu & Bundick, 2017](#)).

Este artigo faz duas contribuições importantes. Primeiro, sob um perspectiva metodológica, ele fornece uma estimativa do impacto da incerteza do setor de habitação na economia sob um contexto de restrição de empréstimos e de rigidez nominal, o que não havia sido feito antes, e retrata a importância dessas características na dinâmica do choque de incerteza desse setor e na reprodução do que foi observado nos dados durante a Crise Financeira de 2008. Esses resultados podem ser usados para entender melhor os mecanismos por trás dos choques de

²No nosso modelo, só há rigidez nos preços do setor não-habitacional. Para mais explicações olhar a seção 1.3.3

³Os autores derivam um modelo DSGE de médio porte que incorpora três setores distintos: um setor não financeiro, um setor financeiro e um setor público que é representado pela autoridade monetária. O setor não financeiro consiste em famílias que maximizam sua utilidade descontada ao longo da vida escolhendo consumo e trabalho. Eles depositam suas economias nos bancos e possuem empresas de bens finais (ou seja, empresas de varejo). Os empresários possuem empresas que produzem um bem intermediário homogêneo misturando serviços de trabalho, fornecidos pelas famílias, e capital que compram de produtores de capital. Eles vendem o bem intermediário para varejistas, que o utilizam para produzir o bem de consumo final. Os empresários obtêm empréstimos dos bancos para consumo e sua capacidade de tomar empréstimos é limitada pelo valor de seu estoque de capital físico que é usado como garantia. Além disso, assume-se que os empresários são proprietários das empresas produtoras de capital. O setor financeiro consiste em bancos comerciais que são de propriedade das famílias. Eles operam em um ambiente de concorrência monopolista e, portanto, têm um certo grau de poder de mercado ([Bonciani & Van Roye, 2016](#)).

incerteza e os seus canais de transmissão. Segundo, sob uma perspectiva política, o modelo serve de instrumento para os formuladores de políticas para que, diante de choques de incerteza no mercado habitacional, ajam de forma eficaz nos seus canais de transmissão, de forma a minimizar os efeitos adversos dela.

O restante do trabalho está dividido da seguinte forma. A seção 1.2 traz uma breve revisão da literatura. A seção 1.3 descreve o modelo teórico utilizado. A seção 1.4 apresenta as funções de impulso-resposta resultantes de um choque de incerteza no mercado habitacional e incerteza agregada do setor produtivo. E, por fim, a seção 1.5 conclui o trabalho.

1.2 Revisão da Literatura

Entre os anos 90 e meados dos anos 2000, os estudos teóricos que envolviam a incerteza econômica, o mercado de habitação e os ciclos dos negócios para os Estados Unidos, analisaram esses termos de forma separada. Isto é, estudaram a relação entre esse mercado e a incerteza de um lado e esse mercado e o ciclo de negócios de outro.

No que se refere à relação entre o mercado de habitação e a incerteza, os trabalhos teóricos, como os de Fu (1995) e Chung & Haurin (2002), eram constituídos de modelos de equilíbrio parcial e focados em analisar como a incerteza afetava as decisões de compra dos imóveis pelas famílias. No primeiro, a medida de incerteza foi baseada no tamanho da família, enquanto no segundo na taxa de valorização do preço do imóvel. Os resultados encontrados por Fu (1995) demonstram uma ambiguidade quanto a evidência de que os indivíduos, ao enfrentarem uma maior incerteza, são menos prováveis de comprar a sua casa própria, enquanto Chung & Haurin (2002) confirmam isso.

No tocante à relação entre o mercado de habitação e o ciclo dos negócios, a maioria dos trabalhos objetivava incorporar nos modelos teóricos as evidências observadas nos dados do mercado de habitacional. O trabalho de Davis & Heathcote (2005) buscava entender a dinâmica do investimento residencial no contexto do ciclo de negócios e, para isso, defendeu a necessidade de dar um destaque maior ao setor de habitação nos modelos teóricos, isto é, de fazer uma distinção entre o investimento residencial e o de negócios. Segundo os autores, isso é necessário, pois esses ativos são produzidos por meio de tecnologias diferentes, tem usos diferentes e exibem dinâmicas diferentes nos ciclos dos negócios.

Para fazer esse tipo de diferenciação foi necessário incorporar ao modelo os comportamentos observados nos dados. Os autores observaram que, nos Estados Unidos, o investimento residencial é duas vezes mais volátil que o investimento não residencial e que o consumo, o investimento residencial, o não residencial e o PIB comovem positivamente. E o investimento residencial antecede o ciclo de negócios, enquanto o investimento não residencial sucede.

O trabalho conseguiu reproduzir os dois primeiros fatos num modelo de crescimento multissetorial calibrado, onde os setores de construção, manufatura e serviços são combinados para produzir consumo, investimento em negócios e investimento residencial, e mostrou os canais

através dos quais esses comportamentos se manifestam.

Os autores afirmaram que a alta volatilidade do investimento residencial pode ser atribuída ao fato dele ser intensivo em construção e das estruturas residenciais se depreciarem muito lentamente. Já o comovimento entre as variáveis se dá pelo fato delas utilizarem três insumos intermediários produzidos pelos setores de construção, manufatura e de serviços. Além disso, é necessário que os investimentos não sejam muito voláteis, assim quanto mais importante for a terra em agir como um custo de ajustamento e quanto mais persistentes forem os choques, menor será a volatilidade e mais forte será o comovimento.

Iacoviello (2005) observou uma resposta positiva dos gastos de famílias e empresas diante de um choque positivo nos preços imobiliários e uma resposta em forma de U invertido dos gastos à um choque inflacionário. Ele construiu um modelo de equilíbrio geral com fricções financeiras, incluindo contratos de dívida nominal e restrições de garantias de empréstimos vinculadas ao valor do imóvel, para avaliar em que extensão esses fatores podem explicar as evidências encontradas nas séries e podem ser usados para a análise da política monetária.

Os resultados mostraram que as restrições de garantia de empréstimos permitem que o modelo reproduza a resposta positiva dos gastos reais a um choque no preços dos imóveis. Além disso, a dívida nominal permite que o modelo replique com precisão a dinâmica lenta dos gastos reais diante de uma surpresa inflacionária. No tocante a política monetária, permitir que a autoridade monetária responda aos preços dos ativos não rende ganhos significantes em termos de estabilização do produto e da inflação.

A ocorrência da crise econômica de 2008 e o seu impacto adverso e duradouro na economia estadunidense motivou muitos trabalhos a buscarem explicações para tal comportamento. De acordo com Bloom (2014) os choques que deram início a essa recessão aumentaram a incerteza. Além disso, esse aumento foi maior e mais persistente do que a incerteza média observada nas recessões anteriores. Além do mais, Leduc & Liu (2016) e Baker et al. (2016) argumentaram que o aumento da incerteza contribuiu para intensificar a recessão e retardar a recuperação econômica do país, o qual manteve uma taxa de desemprego alta e persistente.

Em resposta a isso, muitos trabalhos buscaram compreender mais o fenômeno da incerteza e focaram na análise do impacto da incerteza agregada na economia, como os de Justiniano & Primiceri (2008), Born & Pfeifer (2014), Bonciani & Van Roye (2016), Leduc & Liu (2016), Chugh (2016), Basu & Bundick (2017), Bloom et al. (2018), entre outros.

A busca das explicações dos canais de transmissão da incerteza para a economia também fazia parte do objetivo desses trabalhos. De acordo com Bonciani & Van Roye (2016) existem três canais que permitem que a incerteza afete a atividade econômica: opções reais, receita marginal convexa do produto e poupança preventiva. O autor comenta que os efeitos microeconômicos desses canais são potencialmente contrastantes e que resultam da análise de equilíbrio parcial. Comentaremos sobre eles e depois abordaremos o contexto de equilíbrio geral.

O canal das opções reais está associado aos investimentos totalmente ou parcialmente irreversíveis, isto é, aqueles que, uma vez construídos, não podem ser desfeitos sem enfrentar

custos altos, como por exemplo, os imóveis. Diante disso, um investidor que possui informação imperfeita sobre os retornos futuros nos projetos de longo prazo vai preferir esperar para arcar com tal investimento (Bernanke (1983)).

O canal de receita marginal convexa do produto afirma que em modelos com empresas competitivas neutras ao risco e com custos de ajustamento convexos, o produto da receita marginal do capital é uma função estritamente convexa do preço do produto e da produtividade (TFP). Assim, devido à desigualdade de Jensen, uma maior incerteza sobre essas variáveis aumenta a demanda por capital e, portanto, o investimento, o que contrasta com o canal de opções reais descrito acima (Born & Pfeifer (2014)).

O canal da poupança preventiva é definido como a poupança adicional resultante do conhecimento de que o futuro é incerto (Carroll & Kimball (2008)). De acordo com Born & Pfeifer (2014), diante de uma maior incerteza, os agentes podem consumir menos e trabalhar mais para se auto assegurar contra os choques negativos futuros. Além disso, o aumento da poupança acarretaria o aumento do investimento e consequentemente do produto, denotando um caráter expansionista da incerteza.

No contexto de equilíbrio geral, em um modelo de ciclos reais de negócios, em que os preços e salários são totalmente flexíveis e não há papel para a política monetária, o consumo cai e o trabalho aumenta por causa do comportamento precaucional. Isso leva a um aumento no investimento. Por outro lado, em um modelo Novo Keynesiano, com preços e salários rígidos, um aumento na incerteza leva a um aumento nos *markups* das firmas e dos sindicatos. Como consequência, a demanda por mão-de-obra cai e, em equilíbrio, as horas trabalhadas podem diminuir. Isso leva a uma redução na produção, no consumo e no investimento (Bonciani & Van Roye, 2016).

Iacoviello & Neri (2010) afirmaram que, como a crise de 2008 teve o mercado de habitação e a sua relação com o setor financeiro como protagonistas, levantou-se a questão de que esse mercado não seria apenas um reflexo da atividade macroeconômica, mas também uma das forças motrizes dos ciclos de negócios. Associado a isso, segundo Dorofeenko et al. (2014), o aumento da incerteza nessa época levou alguns economistas a evidenciarem que: o setor de habitação é um componente crítico para o comportamento econômico agregado, a intermediação financeira desempenha um papel importante na economia e a incerteza desse mercado, em particular a incerteza variável no tempo, é uma fonte quantitativamente importante para a atividade do ciclo dos negócios.

Diante desse contexto, alguns trabalhos começaram a estudar de forma conjunta a relação entre o setor de habitação, imobiliário, a incerteza econômica e o ciclo dos negócios. No que se refere aos trabalhos empíricos, podemos citar os de Miles (2009)⁴, Christou et al. (2017)⁵,

⁴Utilizou uma medida de incerteza agregada que é modelada como a variância condicional das inovações imprevisíveis da inflação, do produto, entre outros, e seus resultados mostraram que a incerteza afeta negativamente as moradias iniciadas.

⁵Construiu uma medida de incerteza geral baseada na volatilidade das variáveis do setor real e financeiro e seus resultados mostraram que a incerteza afeta negativamente os preços dos imóveis, as moradias iniciadas, as licenças

Christou et al. (2017)⁶, Nguyen Thanh et al. (2020)⁷ e Strobel et al. (2020)⁸. No entanto, pouco se sabe sobre essa interação sob o ponto de vista teórico. O trabalho de Dorofeenko et al. (2014) é o único trabalho nesse âmbito, que nós sabemos, que visa entender os mecanismos de transmissão entre a incerteza e o mercado de habitação e os seus impactos no ciclo dos negócios.

Esse trabalho analisou o papel da incerteza associada à produção no setor de habitação e as consequências que isso acarretou para a atividade econômica dos Estados Unidos, através de um modelo multissetorial de ciclos reais de negócios, criado por Davis & Heathcote (2005), e adicionando o setor bancário, o qual financia os empréstimos para os construtores de imóveis. Os resultados mostraram que um choque de incerteza nesse mercado é um mecanismo de impulso importante para entender os movimentos dos preços das moradias, mas tem pouco poder explicativo para as variáveis reais.

Entretanto, o trabalho de Dorofeenko et al. (2014) não analisou algumas questões, como por exemplo, o papel da garantia dos empréstimos associada ao valor dos imóveis na propagação de um choque de incerteza no setor habitacional na economia e a resposta dos agentes à esse choque num contexto de rigidez de preços e salários.

Levando isso em consideração, o nosso trabalho busca analisar essas questões e, para tanto, utilizaremos o modelo criado por Iacoviello & Neri (2010) e introduziremos a incerteza na produção do setor habitacional. O trabalho Iacoviello & Neri (2010) objetivou compreender mais profundamente o mercado habitacional, visando entender quais choques o afetam e como isso impacta na economia como um todo. Através de um modelo DSGE multissetorial com rigidez nominal e fricções financeiras, resultado da união dos modelos de Davis & Heathcote (2005) e Iacoviello (2005), e utilizando o valor dos imóveis como garantia para os empréstimos das famílias, os autores constataram que os choques de demanda e de tecnologia da habitação explicam, 25% cada um, da volatilidade do investimento residencial e dos preços das habitações nos EUA, enquanto os choques monetários explicam entre 15% e 20% de cada uma dessas volatilidades. E os *spillovers* do mercado imobiliário não são desprezíveis, concentrados no consumo e não no investimento em negócios, e se tornam mais importantes com o tempo. Além disso, as restrições de empréstimos vinculadas ao valor do imóvel ajudaram a amplificar o efeito no consumo.

para a construção dos imóveis.

⁶Utilizou uma medida de incerteza de política econômica, baseada na frequência das notícias de jornais sobre incerteza, e seus resultados mostraram que a EPU fornece informações úteis para analisar o comportamento dos preços da habitação e melhorar suas previsões.

⁷Criou uma medida específica para o mercado de habitação, baseada na previsibilidade das séries, e mostrou que a incerteza afeta os preços dos imóveis, as moradias iniciadas e os empregos no setor habitacional.

⁸Utilizou uma medida de incerteza geral, baseada na previsibilidade de variáveis econômicas, e descobriu que a incerteza afeta negativamente os preços da habitação, mas não tem poder explicativo para as quantidades reais.

1.3 Modelo teórico

O modelo de equilíbrio geral segue a abordagem Novo-Keynesiana e é o mesmo utilizado por [Iacoviello & Neri \(2010\)](#) e por isso a explicação sobre a construção e as características do modelo nesta seção foi baseada nesse trabalho. O modelo teórico retrata uma economia composta por heterogeneidade tanto do lado da oferta, quanto do lado da demanda. A oferta é composta por firmas de habitação, que produzem casas, utilizando capital, trabalho e terras e por firmas não-habitacionais, que produzem bens de consumo, a partir do capital e do trabalho. As tecnologias desenvolvidas por essas duas firmas são utilizadas pela firma de bens finais para produzir bens de consumo e imóveis. Já na demanda, as famílias pacientes possuem o capital produtivo da economia e, por conta disso, ofertam fundos para as firmas e concedem empréstimos para as impacientes, as quais podem utilizar o valor das casas como garantia para esses empréstimos.

Nós iremos inserir a incerteza no setor de habitação desse modelo, com o objetivo de analisar o efeito dela no próprio setor e no resto da economia, sob diferentes contextos de rigidezes nominais e de restrição de empréstimo. Estudaremos também o impacto da incerteza agregada, que é representada pela ocorrência simultânea dos choques de incerteza tanto no setor de habitação quanto no de não-habitação, na economia. Para representar a incerteza, seguiremos a metodologia utilizada por [Leduc & Liu \(2016\)](#), e a trataremos como o desvio-padrão variável no tempo das inovações dos choques de produtividade da firma de habitação (e simultaneamente na de não habitação para o caso de incerteza agregada).

1.3.1 Famílias

Existe um contínuo de medida 1 de agentes em cada um dos dois grupos (família paciente e impaciente). As variáveis com os sobrescritos P se referem às famílias pacientes e I às famílias impacientes.

1.3.1.1 Famílias Pacientes

As famílias pacientes acumulam capital e casas, concedem empréstimos às famílias impacientes e alugam capital às firmas. Além disso, elas escolhem a taxa de utilização de capital e vendem o capital não depreciado restante. E elas recebem dividendos da produção de bens de consumo e do sindicato.

Elas escolhem o consumo c_t^P , os imóveis h_t^P , as horas trabalhadas no setor não habitacional $n_{c,t}^P$ e no habitacional $n_{h,t}^P$, o capital no setor não habitacional $k_{c,t}$ e no setor habitacional $k_{h,t}$, o insumo intermediário $k_{b,t}$ (precificado por $p_{b,t}$) no setor habitacional, a terra l_t , a taxa de utilização do capital no setor não habitacional $z_{c,t}$ e no habitacional $z_{h,t}$ e os empréstimos b_t , para maximizar a sua utilidade:

$$U = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} (\beta^P G_c)^t z_t \left[\Gamma_c^P \ln(c_t^P - \epsilon^P c_{t-1}^P) + j_t \ln h_t^P - \frac{\tau_t}{1 + \eta^P} ((n_{c,t}^P)^{1+\xi^P} + (n_{h,t}^P)^{1+\xi^P})^{\frac{1+\eta^P}{1+\xi^P}} \right] \quad (1.1)$$

Onde β^P é o fator de desconto, G_c é a taxa de crescimento da tendência do consumo real⁹, $\Gamma_c = \frac{G_c - \epsilon}{G_c - \beta \epsilon G_c}$ é um fator de escala¹⁰, ϵ é o parâmetro dos hábitos de consumo, η^P é o inverso da elasticidade do esforço de trabalho em relação ao salário real e ξ^P representa o grau de substituição entre as horas trabalhadas nos dois setores. Os termos z_t , τ_t e j_t capturam os choques de preferência intertemporal, de oferta de trabalho e de preferência por moradia¹¹ com variância σ_z^2 , σ_τ^2 e σ_j^2 , respectivamente. Essa família maximiza sua utilidade sujeita à seguinte restrição orçamentária:

$$\begin{aligned} c_t^P + \frac{k_{c,t}}{A_{k,t}} + k_{h,t} + k_{b,t} + q_t h_t^P + p_{l,t} l_t - b_t^P &= \frac{w_{c,t}^P n_{c,t}^P}{X_{wc,t}^P} + \frac{w_{h,t}^P n_{h,t}^P}{X_{wh,t}^P} \\ + \left(R_{c,t} z_{c,t} + \frac{1 - \delta_{kc}}{A_{k,t}} \right) k_{c,t-1} + (R_{h,t} z_{h,t} + 1 - \delta_{kh}) k_{h,t-1} + p_{b,t} k_{b,t} - \frac{R_{t-1} b_{t-1}^P}{\pi_t} & \quad (1.2) \\ + (p_{l,t} + R_{l,t}) l_{t-1} + q_t (1 - \delta_h) h_{t-1}^P + Div_t^P - \phi_t - \frac{a(z_{c,t}) k_{c,t-1}}{A_{k,t}} - a(z_{h,t}) k_{h,t-1} \end{aligned}$$

Onde $w_{c,t}^P$ e $w_{h,t}^P$ são os salários reais no setor não habitacional e no habitacional, $R_{c,t}$ e $R_{h,t}$ são as taxas reais de aluguel do capital nos dois setores e $\delta_{k,c}$ e $\delta_{k,h}$ são as taxas de depreciação do capital nos dois setores. $X_{wc,t}^P$ e $X_{wh,t}^P$ são os *markups* entre os salários pagos pela firma atacadista e os recebidos pelas famílias pacientes, decorrentes da atuação dos sindicatos. Além disso, q_t são os preços dos imóveis, $p_{l,t}$ o preço das terras e $p_{b,t}$ o preço dos insumos intermediários.

$A_{k,t}$ captura o choque de investimento específico, R_t é o retorno nominal sem risco dos empréstimos e $\pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$, é a taxa de inflação monetária do setor não habitacional. Div_t^P são os lucros *lump-sum* das firmas de bens finais e dos sindicatos, ϕ_t são os custos de ajustamento convexos do capital e $a(z_{c,t})$ e $a(z_{h,t})$ denotam os custos convexos de definir a taxa de utilização do capital. As equações dessas quatro últimas variáveis podem ser encontradas na seção A.1 do Apêndice A.

1.3.1.2 Famílias Impacientes

As famílias impacientes descontam o futuro mais fortemente do que as pacientes, isto é, $\beta^I < \beta^P$. Além do que, não acumulam capital e não possuem firmas e terras. Seus dividendos vem apenas do sindicato. Elas escolhem consumo c_t^I , imóveis h_t^I , horas trabalhadas no setor

⁹A equação de G_c está na seção 1.3.6.

¹⁰O fator de escala Γ_c implica que a utilidade marginal do consumo é igual a $1/c$ no estado estacionário.

¹¹Esses choques compõem o modelo original de [Iacoviello & Neri \(2010\)](#) e seus impactos foram estudados por ele, mas não o serão no presente trabalho.

não habitacional $n_{c,t}^I$ e no habitacional $n_{h,t}^I$ e os empréstimos b_t^I , para maximizar a sua utilidade:

$$U = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} (\beta^I G_c)^t z_t \left[\Gamma_c^I \ln(c_t^I - \epsilon^I c_{t-1}^I) + j_t \ln h_t^I - \frac{\tau_t}{1 + \eta^I} ((n_{c,t}^I)^{1+\xi^I} + (n_{h,t}^I)^{1+\xi^I})^{\frac{1+\eta^I}{1+\xi^I}} \right] \quad (1.3)$$

E estão sujeitas à seguinte restrição:

$$c_t^I + q_t h_t^I - b_t^I = \frac{w_{c,t}^I n_{c,t}^I}{X_{wc,t}^I} + \frac{w_{h,t}^I n_{h,t}^I}{X_{wh,t}^I} + q_t (1 - \delta_h) h_{t-1}^I - \frac{R_{t-1} b_{t-1}^I}{\pi_t} + Div_t^I \quad (1.4)$$

Onde δ_h é a taxa de depreciação dos imóveis e os parâmetros com o sobrescrito I são definidos da mesma forma que os seus correspondentes com o sobrescrito P . A equação de Div_t^I também está no Apêndice A.1. Além disso, essas famílias têm uma restrição quanto a quantidade de empréstimos que podem tomar, a qual se limita ao valor presente esperado das moradias multiplicado pela razão entre o empréstimo e o valor da moradia, m :

$$b_t^I \leq m E_t \left(\frac{q_{t+1} h_t^I \pi_{t+1}}{R_t} \right) \quad (1.5)$$

Segundo [Iacoviello & Neri \(2010\)](#), as variações nos valores das moradias afetam a capacidade de empréstimo, através da restrição 1.5, e conseqüentemente, de gasto das famílias impacientes. Assim, o efeito será maior quanto maior for o m , já que esse reflete a razão entre o valor do empréstimo e o valor do imóvel.

1.3.2 Firmas

A oferta é composta por uma firma varejista, que produz bens finais sob competição monopolística, e duas firmas atacadistas, que produzem bens intermediários sob competição perfeita¹². O setor não habitacional utiliza trabalho e capital para produzir bens de consumo, Y_t . Enquanto o setor habitacional utiliza trabalho, capital, terra e um insumo intermediário para produzir casas, IH_t . As tecnologias de produção estão descritas abaixo:

$$Y_t = (A_{c,t} (n_{c,t}^P \alpha n_{c,t}^I)^{1-\alpha})^{1-\mu_c} (z_{c,t} k_{c,t-1})^{\mu_c} \quad (1.6)$$

$$IH_t = (A_{h,t} (n_{h,t}^P \alpha n_{h,t}^I)^{1-\alpha})^{1-\mu_h-\mu_b-\mu_l} (z_{h,t} k_{h,t-1})^{\mu_h} k_{b,t}^{\mu_b} l_{t-1}^{\mu_l} \quad (1.7)$$

¹²Essa diferenciação entre as firmas permite introduzir a rigidez de preços no modelo, que será explicada na próxima seção.

Onde α mede a parcela da renda do trabalho das famílias pacientes¹³. Os termos $A_{c,t}$ e $A_{h,t}$ capturam os choques de produtividade do setor de não-habitação e de habitação, respectivamente. As tecnologias desses dois setores são utilizadas no setor de bens finais para produzir bens de consumo, Y_t , e casas novas, IH_t :

$$\max \frac{Y_t}{X_t} + q_t IH_t - \left(\sum_{i=c,h} w_{i,t}^P n_{i,t}^P + \sum_{i=c,h} w_{i,t}^I n_{i,t}^I + \sum_{t=c,h} R_{i,t} z_{i,t} k_{i,t-1} + R_{l,t} l_{t-1} + p_{b,t} k_{b,t} \right) \quad (1.8)$$

Onde X_t é o *markup* dos bens finais sobre os bens de atacado.

1.3.3 Rigidez nominal e política monetária

Neste modelo, a rigidez de preços acontece só no setor não habitacional. Segundo [Iacoviello & Neri \(2010\)](#), há dois motivos para considerar os preços dos imóveis flexíveis: primeiro, o imóvel é relativamente caro por unidade base. Portanto, se os custos do menu têm componentes fixos importantes, há um grande incentivo para negociar o preço desse bem. Segundo, a maioria das casas são precificadas pela primeira vez quando são vendidas. Já a rigidez de salários acontece nos setores não habitacionais e habitacionais. As firmas varejistas compram bens de consumo, Y_t , das firmas atacadistas ao preço P_t^w no mercado competitivo, diferenciam esses bens sem custo e os vendem com um *markup* de $X_t = \frac{P_t}{P_t^w}$ acima do custo marginal. A cada período, uma fração $(1 - \theta_\pi)$ de varejistas definem os preços de maneira ótima, enquanto uma fração θ_π não consegue e acaba indexando os preços em relação à taxa de inflação passada com elasticidade igual a ι_π ([Iacoviello & Neri, 2010](#)). Essas suposições geram a seguinte curva de *Phillips* para o setor de consumo:

$$\ln \pi_t - \iota_\pi \ln \pi_{t-1} = \beta G_c (E_t \ln \pi_{t+1} - \iota_\pi \ln \pi_t) - \varepsilon_\pi \ln \frac{X_t}{X} + u_{p,t} \quad (1.9)$$

Onde $\varepsilon_\pi = \frac{(1-\theta_\pi)(1-\beta G_c \theta_\pi)}{\theta_\pi}$ e X é o *markup* de preço do estado-estacionário. $u_{p,t}$ são os choques de custo, que possuem média zero e variância σ_p^2 , e podem afetar a inflação independente das mudanças do *markup*.

A rigidez dos salários é modelada de maneira similar à dos preços. As famílias pacientes e impacientes fornecem seus trabalhos aos sindicatos e eles diferenciam esses serviços, definem os salários sujeitos à la [Calvo \(1983\)](#) e os oferecem aos atacadistas. Sob o preço de Calvo e com indexação em relação à inflação do período anterior, são produzidas quatro curvas de *Phillips* salariais a seguir:

¹³Consequentemente, α também mede o tamanho das famílias pacientes no modelo.

$$\ln w_{c,t}^P - \iota_{wc} \ln \pi_{t-1} = \beta^P G_c (E_t \ln w_{c,t+1}^P - \iota_{wc} \ln \pi_t) - \varepsilon_{wc}^P \ln \frac{X_{wc,t}}{X_{wc}} \quad (1.10)$$

$$\ln w_{c,t}^I - \iota_{wc} \ln \pi_{t-1} = \beta^I G_c (E_t \ln w_{c,t+1}^I - \iota_{wc} \ln \pi_t) - \varepsilon_{wc}^I \ln \frac{X_{wc,t}}{X_{wc}} \quad (1.11)$$

$$\ln w_{h,t}^P - \iota_{wh} \ln \pi_{t-1} = \beta^P G_c (E_t \ln w_{h,t+1}^P - \iota_{wh} \ln \pi_t) - \varepsilon_{wh}^P \ln \frac{X_{wh,t}}{X_{wh}} \quad (1.12)$$

$$\ln w_{h,t}^I - \iota_{wh} \ln \pi_{t-1} = \beta^I G_c (E_t \ln w_{h,t+1}^I - \iota_{wh} \ln \pi_t) - \varepsilon_{wh}^I \ln \frac{X_{wh,t}}{X_{wh}} \quad (1.13)$$

Onde $\varepsilon_{wc}^P = \frac{(1-\theta_{wc})(1-\beta^P G_c \theta_{wc})}{\theta_{wc}}$, $\varepsilon_{wc}^I = \frac{(1-\theta_{wc})(1-\beta^I G_c \theta_{wc})}{\theta_{wc}}$, $\varepsilon_{wh}^P = \frac{(1-\theta_{wh})(1-\beta^P G_c \theta_{wh})}{\theta_{wh}}$ e $\varepsilon_{wh}^I = \frac{(1-\theta_{wh})(1-\beta^I G_c \theta_{wh})}{\theta_{wh}}$.

O banco central escolhe a taxa de juros, R_t , de acordo com a regra de Taylor, a qual responde gradualmente a inflação e ao crescimento do produto, GDP :

$$R_t = R_{t-1}^{r_R} \pi_t^{(1-r_R)r_\pi} \left(\frac{GDP_t}{G_c GDP_{t-1}} \right)^{(1-r_R)r_Y} \frac{\bar{r} r^{(1-r_R)} u_{R,t}}{s_t} \quad (1.14)$$

Onde GDP_t é o Produto Interno Bruto (PIB) e é definido por $GDP_t = C_t + IK_t + \bar{q}IH_t$, IK_t é o investimento em negócios, \bar{q} é o preço dos imóveis no estado estacionário¹⁴, $\bar{r}r$ é o valor da taxa de juros real no estado estacionário, $u_{R,t}$ é o choque de política monetária, com média zero e variância σ_R^2 , e s_t é um processo estocástico que captura os desvios duradouros da inflação em relação ao seu estado estacionário, com média zero e variância σ_s^2 .

1.3.4 Processos dos choques e introdução da incerteza

Iacoviello & Neri (2010) permitem tendências heterogêneas de produtividade nos setores intermediários não habitacionais e habitacionais. Além disso, esses processos seguem um processo estocástico estacionário:

$$A_{c,t} = t(1 + \gamma_{AC}) + \rho_c A_{c,t-1} + \sigma_{ct} u_{c,t} \quad (1.15)$$

¹⁴São utilizados os preços do estado estacionário, para que as mudanças de curto prazo nos preços reais dos imóveis não afetem o crescimento do GDP .

$$A_{h,t} = t(1 + \gamma_{AH}) + \rho_h A_{h,t-1} + \sigma_{ht} u_{h,t} \quad (1.16)$$

Onde $\rho_c \in (-1, 1)$, $\rho_h \in (-1, 1)$, $u_{c,t} \stackrel{iid}{\sim} \mathcal{N}(0, 1)$ e $u_{h,t} \stackrel{iid}{\sim} \mathcal{N}(0, 1)$. As variáveis estão em log. Os termos γ_{AC} , γ_{AH} , γ_{AK} denotam as taxas de crescimento líquidas da tecnologia de cada setor. De acordo com [Leduc & Liu \(2016\)](#), os termos σ_{ct} e σ_{ht} representam os desvios-padrões variáveis no tempo das inovações nas produtividades dos setores não-habitacional e habitacional. Eles podem ser interpretados como choques de incerteza na produtividade e seguem um processo estocástico estacionário:

$$\sigma_{ct} = (1 - \rho_{\sigma_c})\sigma_c + \rho_{\sigma_c}\sigma_{c,t-1} + \sigma_{\sigma_c}\varepsilon_{\sigma_c,t} \quad (1.17)$$

$$\sigma_{ht} = (1 - \rho_{\sigma_h})\sigma_h + \rho_{\sigma_h}\sigma_{h,t-1} + \sigma_{\sigma_h}\varepsilon_{\sigma_h,t} \quad (1.18)$$

Onde, $\rho_{\sigma_c} \in (-1, 1)$ e $\rho_{\sigma_h} \in (-1, 1)$ medem a persistência dos choques de incerteza do setor habitacional e não habitacional, respectivamente, σ_c e σ_h medem a volatilidade média do choque tecnológico de cada setor e σ_{σ_c} e σ_{σ_h} medem o desvio-padrão do choque de incerteza na produtividade de cada setor. E $\varepsilon_{\sigma_{c,t}} \stackrel{iid}{\sim} \mathcal{N}(0, 1)$ e $\varepsilon_{\sigma_{h,t}} \stackrel{iid}{\sim} \mathcal{N}(0, 1)$. Por fim, para gerar um choque de incerteza agregada, isto é, da incerteza atingindo os dois setores intermediários da economia, iremos provocar de forma simultânea choques de incerteza no setor não-habitacional e habitacional.

1.3.5 Equilíbrio

O mercado de não habitação produz bens de consumo, C_t . Já o mercado de habitação produz imóveis (investimento residencial), IH_t . As condições de equilíbrio são:

$$C_t + \frac{IK_{c,t}}{A_{k,t}} + IK_{h,t} + k_{b,t} = Y_t - \phi_t \quad (1.19)$$

$$H_t - (1 - \delta_h)H_{t-1} = IH_t \quad (1.20)$$

Juntamente com a condição de equilíbrio do mercado de empréstimos. $C_t = c_t^P + c_t^I$ é o consumo agregado, $H_t = h_t^P + h_t^I$ é o estoque agregado de imóveis, $IK_{c,t} = k_{c,t+1} - (1 - \delta_{kc})k_{c,t}$

e $IK_{h,t} = k_{h,t+1} - (1 - \delta_{kh})k_{h,t}$ são os dois componentes do investimento em negócios. A quantidade total de terra é fixa e normalizada para um.

1.3.6 Crescimento equilibrado

As preferências e as funções de produção têm o formato de uma Cobb-Douglas e, por conta disso, existe uma trajetória de crescimento equilibrado, na qual as taxas de crescimento do consumo real, C_t , do investimento em negócios, IK_t , do investimento residencial, IH_t , e dos preços dos imóveis, q_t , são respectivamente:

$$G_C = G_{IK_h} = G_{q \times IH} = 1 + \gamma_{AC} + \frac{\mu_c}{1 - \mu_c} \gamma_{AK} \quad (1.21)$$

$$G_{IK_c} = 1 + \gamma_{AC} + \frac{1}{1 - \mu_c} \gamma_{AK} \quad (1.22)$$

$$G_{IH} = 1 + (\mu_h + \mu_b) \gamma_{AC} + \frac{\mu_c(\mu_h + \mu_b)}{1 - \mu_c} \gamma_{AK} + (1 - \mu_h - \mu_l - \mu_b) \gamma_{AH} \quad (1.23)$$

$$G_q = 1 + (1 - \mu_h - \mu_b) \gamma_{AC} + \frac{\mu_c(1 - \mu_h - \mu_b)}{1 - \mu_c} \gamma_{AK} - (1 - \mu_h - \mu_l - \mu_b) \gamma_{AH} \quad (1.24)$$

As taxas de crescimento das tendências de $IK_{h,t}$, $\frac{IK_{c,t}}{A_{k,t}}$ e $q_t IH_t$ são iguais a G_c , que é a taxa de crescimento da tendência do consumo real. O investimento em negócios cresce mais rápido que o consumo, desde que $\gamma_{AK} > 0$. A taxa de crescimento tendencial dos preços reais dos imóveis compensa as diferenças no crescimento da produtividade entre o setor não habitacional e o habitacional. Essas diferenças se devem às taxas heterogêneas do progresso tecnológico nos dois setores e à presença da terra na função de produção das novas moradias (Iacoviello & Neri (2010)).

1.3.7 Método de solução

Nós estamos interessados nas implicações de um choque na volatilidade das inovações da produtividade do setor habitacional, enquanto mantemos o nível desse choque constante. Para tanto utilizaremos a aproximação de terceira ordem como método de solução para este modelo. Segundo Born & Pfeifer (2014), a aproximação de terceira ordem é necessária para obter os efeitos puros do choque de volatilidade, pois mantém o nível do choque constante.

Isso acontece porque quando se utiliza a aproximação de primeira ordem apenas os choques de nível são considerados, de modo que não se consegue captar o efeito da volatilidade desses choques, isto é, do choque de incerteza. Já a aproximação de segunda ordem considera a interação dos choques de nível e de volatilidade. Por fim, a aproximação de terceira ordem permite que o choque na volatilidade aconteça, enquanto mantém o nível do choque constante.

1.3.8 Construção das funções de impulso-resposta

De acordo com [Fernández-Villaverde et al. \(2011\)](#), a aproximação de terceira ordem afasta as médias das distribuições ergódicas das variáveis endógenas do modelo dos seus valores do estado estacionário determinístico. Consequentemente, calcular as funções de impulso-resposta como desvios percentuais do estado estacionário determinístico do modelo não é informativo. Sendo assim, seguiremos as orientações dos autores desse trabalho e apresentaremos nossas funções de impulso-resposta como desvios percentuais em relação à média ergódica. Para isso, é necessário seguir alguns passos:

- Nós simulamos o modelo, começando do estado estacionário determinístico para 2096 períodos. Depois nós descartamos os primeiros 2000 períodos para evitar dependência com as condições iniciais.
- Com base nos 96 últimos períodos, calculamos a média da distribuição ergódica para cada variável em nosso modelo¹⁵.
- A partir das médias ergódicas, realizamos duas simulações diferentes de 20 períodos cada, uma com um choque de incerteza (ou seja, um aumento de um desvio padrão na incerteza no primeiro período) e outra sem o choque.
- As respostas ao impulso são então calculadas como as diferenças percentuais entre essas duas simulações em relação à média ergódica¹⁶.

1.3.9 Parâmetros do Modelo

O modelo tem 48 parâmetros. Os 6 parâmetros referentes aos processos dos choques de incerteza do setor habitacional e não-habitacional (a persistência dos choques, ρ_{σ_c} e ρ_{σ_h} , a volatilidade média do choque, σ_c e σ_h , e o desvio-padrão do choque, σ_{σ_c} e σ_{σ_h}) e a persistência do choque de produtividade do setor habitacional e não-habitacional, ρ_c e ρ_h , foram estimados pelo nosso trabalho e todos os outros foram retirados do trabalho de [Iacoviello & Neri \(2010\)](#), os quais calibraram uma parte e estimaram outra.

¹⁵Adicionar mais períodos não gerou impacto sobre a média.

¹⁶Quando formos analisar o impacto da incerteza agregada, isto é, da incerteza atingindo os dois setores intermediários da economia, geraremos o choque de um desvio-padrão para o processo de volatilidade do setor habitacional e do não habitacional simultaneamente

Iremos explorar alguns parâmetros nos resultados, como θ_π , o qual representa a rigidez de preço no setor não habitacional, assim se quisermos ver os resultados quando os preços são flexíveis é só igualá-lo à zero ($\theta_\pi = 0$). Outros parâmetros interessantes para examinar são os que representam a rigidez dos salários nos setores de não-habitação (θ_{wc}) e de habitação (θ_{wh}), os quais igualados à zero nos darão os resultados no contexto de flexibilidade de salários ($\theta_{wc} = \theta_{wh} = 0$). Além disso, como α representa a proporção de famílias pacientes, para avaliar o impacto da incerteza quando as famílias impacientes não podem utilizar o valor dos imóveis como garantia para os empréstimos é só considerar $\alpha = 1$, isto é, só haverá famílias pacientes no modelo. Quando formos analisar o impacto da incerteza num contexto de restrição de empréstimos, isto é, numa situação em que há famílias impacientes, $\alpha = 0.79$ e $1 - \alpha = 0.21$, chamaremos isso de efeito garantia.

Eles utilizaram dez variáveis observáveis para os Estados Unidos: consumo real¹⁷, investimento residencial real¹⁸, investimento em negócios real¹⁹, preços dos imóveis real²⁰, taxa de juros nominal²¹, inflação²², horas trabalhadas no setor habitacional²³, horas trabalhadas no setor não habitacional²⁴, inflação do salário no setor habitacional²⁵ e não-habitacional²⁶. Eles estimaram o modelo de 1995:T1 a 2006:T4 e mantiveram a tendência e removeram a informação de nível das séries que utilizaram na estimação. Além disso, o consumo e o investimento são divididos pela população e log-transformados. O consumo, o investimento e o preço dos imóveis são normalizados para zero em 1965:T1. Por fim, foi retirada a média da inflação, da taxa de juros nominal, das horas trabalhadas e da inflação de salário.

1.3.10 Parâmetros provenientes de **Iacoviello & Neri (2010)**

Nesta seção serão apresentados os parâmetros que utilizamos do trabalho de **Iacoviello & Neri (2010)**, no qual uma parte foi calibrada e outra foi estimada por ele. Portanto, as explicações foram retiradas desse trabalho.

Os autores calibraram os parâmetros de fator de desconto β^P e β^I ; a participação da ha-

¹⁷Despesas reais com consumo pessoal, dessazonalizado e dividido pela população civil não institucional (CNP16OV, fonte: Bureau of Labor Statistics (BLS)). Fonte: Bureau of Economic Analysis (BEA).

¹⁸ Investimento fixo privado residencial real, dessazonalizado e dividido por CNP16OV. Fonte: BEA.

¹⁹ Investimento fixo privado não residencial real, dessazonalizado e dividido por CNP16OV. Fonte: BEA.

²⁰Índice de preço dos imóveis deflacionado com o deflator de preço implícito para o setor de negócios não-agrícola. Fonte: Census Bureau.

²¹3-month Treasury Bill Rate (expressa em unidades trimestrais sem a média). Fonte: Board of Governors of the Federal Reserve System.

²²Diferenças logarítmicas trimestre a trimestre no deflator de preço implícito para o setor de negócios não-agrícola, sem a média. Fonte: BLS.

²³Todos os funcionários do setor de construção vezes a média semanal das horas dos trabalhadores no setor da construção dividido por CNP16OV. Sem a média. Fonte: BLS.

²⁴Folhas de pagamento não-agrícolas menos todos os funcionários do setor de construção vezes pelas horas médias semanais dos trabalhadores de produção, dividido por CNP16OV. Sem a média. Fonte: BLS.

²⁵Variações trimestrais do rendimento médio por hora dos trabalhadores do setor de produção/não-fiscalização na Indústria da Construção. Sem a média. Fonte: BLS.

²⁶Variações trimestrais do rendimento médio por hora dos trabalhadores do setor de produção/não-fiscalização das folhas de pagamento privadas não agrícolas, total privado. Sem a média. Fonte: BLS.

bitação na função de utilidade j ; os parâmetros de tecnologia, $\mu_c, \mu_h, \mu_l, \mu_b, \delta_h, \delta_{kc}, \delta_{kh}$; os *markups* de preço e de salário, X, X_{wc} e X_{wh} , a razão entre o valor do imóvel e o empréstimo, m , e a persistência do choque de inflação ρ_s .

Todos os outros parâmetros foram estimados pelos autores. A estratégia de estimação seguiu a abordagem bayesiana. Eles estimaram a distribuição a posteriori utilizando o algoritmo de *Metropolis-Hastings*. Os valores e as definições podem ser encontrados na Tabela A.1 localizada no Apêndice A. Para mais detalhes olhar em [Iacoviello & Neri \(2010\)](#).

1.3.11 Parâmetros estimados pelo presente trabalho

Nesta seção será explicado todo o processo de estimação dos parâmetros associados a incerteza do nosso trabalho. Nós seguimos [Iacoviello & Neri \(2010\)](#) e também utilizamos a abordagem bayesiana. O princípio da análise bayesiana é combinar as informações prévias que o economista pode ter sobre a distribuição para esses parâmetros (a distribuição a priori) com as informações contidas nos dados (a função de verossimilhança) para obter uma distribuição atualizada, contabilizando essas duas fontes de informação, conhecida como distribuição a posteriori ([Dieppe et al. \(2016\)](#)).

Nós também utilizamos algoritmo de *Metropolis-Hastings* para a estimação da distribuição a posteriori, com 1 Cadeia de Markov com 3.500.000 retiradas e com descarte de 50% delas. A taxa de aceitação foi de 25%.

1.3.11.1 Prioris

A priori representa uma função de densidade de probabilidade de um parâmetro. Ela atribui probabilidades para o valor que o parâmetro pode assumir e a distribuição que ele pode seguir, representando as crenças que o pesquisador forma antes de observar os dados e geralmente é baseada em estudos anteriores.

Utilizamos a distribuição gamma inversa para os erros padrões dos choques e a beta para a persistência, seguindo o trabalho de [Iacoviello & Neri \(2010\)](#). Para a volatilidade média do choque de incerteza utilizamos a distribuição normal, seguindo o trabalho de [Justiniano & Primiceri \(2008\)](#). Com relação aos valores, para a média e erro-padrão das prioris de ρ_c e ρ_h seguimos [Iacoviello & Neri \(2010\)](#) e no que se refere aos parâmetros da incerteza, para a média das prioris seguimos o trabalho de [Leduc & Liu \(2016\)](#) e para o erro-padrão seguimos [Justiniano & Primiceri \(2008\)](#).

As cinco primeiras colunas da Tabela 1.2 apresentam os parâmetros, definições, distribuições, médias e os desvios-padrões da priori.

1.3.11.2 Posterioris

Após obtermos a função de verossimilhança e especificarmos as prioris dos parâmetros, é possível obtermos as posterioris. Para um vetor de parâmetro gerais θ e um conjunto de dados y ,

a regra de Bayes pode ser obtida a partir de definições básicas de probabilidades condicionais, observando que:

$$\pi(\theta|y) = \frac{\pi(\theta, y)}{\pi(y)} = \frac{\pi(\theta, y) \pi(\theta)}{\pi(y) \pi(\theta)} = \frac{\pi(y, \theta) \pi(\theta)}{\pi(\theta) \pi(y)} = \frac{\pi(y|\theta)\pi(\theta)}{\pi(y)} \quad (1.25)$$

Como é prática comum denotar a densidade de dados por $f(y|\theta)$ em vez de $\pi(y|\theta)$, a regra de Bayes é normalmente escrita como:

$$\pi(\theta|y) = \frac{f(y|\theta)\pi(\theta)}{f(y)} \quad (1.26)$$

A equação 1.26 diz que $\pi(\theta|y)$, a distribuição a posteriori do parâmetro condicional à informação contida em y , é igual ao produto da função de verossimilhança dos dados $f(y|\theta)$ com a distribuição a priori, $\pi(\theta)$, dividido pela densidade $f(y)$ dos dados.

Como utilizamos 1 cadeia de Markov, o teste de convergência dos parâmetros utilizado é o de [Geweke \(1992\)](#). Esse teste calcula a média das 10% primeiras sequências e a média das 50% últimas sequências e compara elas através do teste chi-quadrado para saber se as duas são oriundas de uma mesma distribuição. Isto é, a hipótese nula do teste é de que as duas médias correspondem à mesma distribuição.

A Tabela 1.1 apresenta o resultado do teste de [Geweke \(1992\)](#). Como os p-valores são maiores do que 0.05, não podemos rejeitar a hipótese nula de que as duas sequências são oriundas de uma mesma distribuição. Assim, podemos afirmar que os parâmetros convergiram.

Tabela 1.1: Teste de [Geweke \(1992\)](#)

Parâmetro	Média da posteriori	Desvio-padrão da posteriori	P-valor (15%)
ρ_c	0.941	0.013	0.426
σ_c	0.020	0.018	0.397
ρ_{σ_c}	0.766	0.196	0.484
σ_{σ_c}	0.338	0.257	0.717
ρ_h	0.996	0.002	0.081
σ_h	0.019	0.017	0.201
ρ_{σ_h}	0.763	0.197	0.858
σ_{σ_h}	0.383	0.391	0.109

Nota(s): Baseado em [Geweke \(1992\)](#). Esse teste compara a média das 10% primeiras sequências e a média das 50% últimas sequências. Os p-valores são do teste Chi-quadrado para igualdade das médias e é calculado com base na janela de 15% do erro-padrão do teste Newey-West.

As duas últimas colunas da Tabela 1.2 mostram as médias das posteriores dos parâmetros e o intervalo de credibilidade de 90%.

Tabela 1.2: Distribuição a priori e posteriori

Parâmetro	Definição	Priori			Posteriori	
		Distribuição	Média	Desvio-padrão	Média	IC (90%) HPD*
ρ_c	Persistência do choque de produtividade no setor não habitacional	Beta	0.8	0.09	0.9408	[0.9192 ; 0.9620]
σ_c	Volatilidade média do choque tecnológico do setor não habitacional	Normal	0.01	0.03	0.02	[0 ; 0.0469]
ρ_{σ_c}	Persistência do choque de incerteza tecnológica do setor não habitacional	Beta	0.76	0.2	0.7653	[0.4753 ; 1]
σ_{σ_c}	Desvio-padrão do choque de incerteza tecnológica do setor não habitacional	Gamma inversa	0.392	2	0.3394	[0.0941 ; 0.6213]
ρ_h	Persistência do choque de produtividade no setor habitacional	Beta	0.8	0.1	0.9961	[0.9930 ; 0.9992]
σ_h	Volatilidade média do choque tecnológico do setor habitacional	Normal	0.01	0.03	0.0184	[0 ; 0.0429]
ρ_{σ_h}	Persistência do choque de incerteza tecnológica do setor habitacional	Beta	0.76	0.2	0.7631	[0.4722 ; 1]
σ_{σ_h}	Desvio-padrão do choque de incerteza tecnológica do setor habitacional	Gamma inversa	0.392	2	0.3888	[0.0909 ; 0.7020]

Nota(s): Para as distribuições da priori, utilizamos a gamma inversa para os erros padrões dos choques e a beta para a persistência, seguindo o trabalho de [Iacoviello & Neri \(2010\)](#). Já para a volatilidade média do choque utilizamos a distribuição normal, seguindo o trabalho de [Justiniano & Primiceri \(2008\)](#). Com relação aos valores, para a média das prioris seguimos o trabalho de [Leduc & Liu \(2016\)](#) e para o erro-padrão seguimos [Justiniano & Primiceri \(2008\)](#). A distribuição a posteriori é obtida usando o algoritmo de Metropolis-Hastings. *HPD: Highest Posterior Density (Densidade Posterior Mais Alta).

1.4 Resultados

Com o intuito de avaliar como a incerteza do setor produtivo afeta a atividade real dos Estados Unidos, foi estimado um Modelo Dinâmico Estocástico de Equilíbrio Geral (DSGE), no qual a incerteza é representada pela volatilidade variável no tempo das inovações dos choques de produtividade (TFP). Na primeira seção analisaremos o impacto da incerteza do setor habitacional na economia. Já na segunda seção avaliaremos o impacto da incerteza em todo o setor produtivo dessa economia, isto é, consideraremos que ocorra um choque de incerteza de forma simultânea no setor habitacional e não habitacional.

1.4.1 Funções de impulso-resposta diante de um choque de incerteza no setor habitacional

A Figura 1.1 mostra as respostas ao impulso do consumo real, do investimento residencial real, do investimento em negócios real, do preço dos imóveis real, do PIB real e da taxa de juros real diante de um choque de 1% no desvio-padrão da incerteza do setor habitacional, sob diferentes condições de rigidezes de preços²⁷ e de salários e de existência de efeito garantia nos empréstimos. A definição dessas variáveis está seção A.1 do Apêndice A. Começaremos nossa análise sob um contexto de rigidez nominal e de efeito garantia e nos modelos seguintes serão

²⁷Rigidez de preços só no setor não habitacional

explicadas somente as diferenças entre os resultados desses e os do primeiro modelo.

Baseline. Nós encontramos que, sob um contexto de preços e salários rígidos e de efeito garantia (linha sólida preta), a incerteza na produtividade do setor de habitação tem um efeito negativo na economia, agindo através do canal de opções reais. A ideia da incerteza representar uma maior dispersão nos custos futuros da firma de habitação sugere que não sabemos quão grande serão os custos futuros nesse setor. Além disso, como o processo de produção de imóveis tem caráter de irreversibilidade, isto é, uma vez construídos, não podem ser desfeitos sem enfrentar custos altos, um investidor que possui informação imperfeita sobre os custos futuros nos projetos de longo prazo vai preferir esperar para arcar com tal investimento.

Diante disso, as horas trabalhadas das famílias pacientes e impacientes no setor habitacional irão reduzir. Além disso, o preço dos imóveis diminui por causa da redução no retorno do capital e das horas trabalhadas nesse setor. Então, o investimento residencial diminuirá. O investimento em negócios é representado pela combinação da formação do capital no setor habitacional e no não habitacional. Como os dois caem diante de um choque de incerteza, o investimento em negócios cairá também.

O consumo total de bens de consumo é o resultado da soma do consumo das famílias pacientes e impacientes. Como o preço dos imóveis caiu e o valor desse está associado a capacidade de empréstimos da família impaciente, o consumo de bens de consumo dessa família cairá. Já o da família paciente subirá por causa do aumento do seu salário. Como a queda do consumo da impaciente é maior do que o da paciente, o consumo total de bens de consumo cairá. A taxa de juros cairá como resposta à queda no PIB e na inflação no setor não habitacional. Por fim, o PIB real cairá como resultado da queda no consumo real, no investimento em negócios e no investimento residencial.

Rigidez nominal sem efeito garantia. Quando mantemos a rigidez nominal e retiramos o efeito garantia da nossa análise (linha tracejada vermelha), isto é, quando consideramos que essa economia seja composta apenas pela família paciente, a incerteza continua tendo efeito negativo na economia, mas o efeito no consumo é muito menor do que no caso de presença de efeito garantia. Como agora não há a família impaciente e o consumo da paciente depende do empréstimo que ela concede à impaciente, ele será impactado negativamente. Isso mostra que o efeito garantia é um elemento chave no modelo, que potencializa o efeito adverso da incerteza do setor habitacional no consumo real.

Flexibilidade de preços e efeito garantia. Quando flexibilizamos o preço do setor não habitacional e mantemos os salários rígidos e o efeito garantia (linha tracejada azul), observamos um aumento no preço dos imóveis e no investimento em negócios, enquanto as outras variáveis caem. Como falado anteriormente, o investimento em negócios é representado pela combinação da formação do capital no setor habitacional e no não habitacional. A família paciente é a detentora de capital, então quando há um aumento no consumo de bens de consumo e uma redução no consumo de moradia por parte dela, sobra dinheiro para ela investir. Como há uma maior incerteza no setor habitacional, o outro setor ficou mais atrativo. Além disso, com a flexibili-

dade dos preços nesse setor, a firma poderá escolher um preço de modo a otimizar sua decisão de maximização de lucro. Assim, ela investirá mais no setor não habitacional, aumentando a formação do capital nesse setor, cujo impacto é maior do que a queda na formação do capital no setor habitacional, o que aumentará o investimento em negócios. Por fim, o preço dos imóveis aumentará, pois o salário do setor de habitação aumenta.

Flexibilidade de salários e efeito garantia. Quando flexibilizamos os salários dos dois setores e mantemos o preço do setor não habitacional rígido e o efeito garantia (linha tracejada verde), constatamos um aumento no investimento residencial e no investimento em negócios, enquanto as outras variáveis caem. A flexibilidade dos salários permite que se escolha um nível de salário de modo a reduzir os custos e otimizar a decisão da firma quanto à maximização de lucro. Com a queda do salário nos dois setores é possível aumentar as horas trabalhadas neles. Como resultado o investimento residencial aumentará. Além disso, a formação do capital do setor não habitacional aumentará, o que fará o investimento em negócios aumentar também.

Flexibilidade nominal e efeito garantia. Quando flexibilizamos os preços e salários e mantemos o efeito garantia (linha tracejada rosa), a incerteza tem um efeito positivo na economia, exceto para a taxa de juros. A flexibilidade dessas variáveis permite que as firmas escolham os níveis de preços e salários que otimizem as suas decisões de maximização de lucro. Então elas reduzirão os salários da família impaciente nos dois setores, que acabará aumentando as horas trabalhadas neles, enquanto a família paciente tem seu salário aumentado nos dois setores, aumentando as horas trabalhadas no setor habitacional e reduzindo no setor não habitacional. O aumento das horas trabalhadas no setor habitacional e do retorno do capital nesse setor levará a um aumento no preço dos imóveis. Esses três efeitos irão gerar um aumento no investimento residencial.

O investimento em negócios aumentará por causa do aumento da formação de capital nos dois setores. O aumento no consumo total de bens de consumo é resultado do aumento no consumo desse bem para a família paciente, resultado do aumento do salário dela nos dois setores. Por fim, o PIB real aumentará como resultado do aumento no consumo real, no investimento em negócios e no investimento residencial.

Flexibilidade nominal sem efeito garantia. Quando flexibilizamos os preços e salários e desconsideramos o efeito garantia (linha tracejada azul clara), todas as variáveis caem diante de um choque de incerteza, exceto o consumo de bens de consumo. Isso acontece, pois só há a família paciente e como o salário dela no setor não habitacional aumenta, o consumo total de bens de consumo aumentará.

Essa última versão do modelo é comparável ao modelo de [Dorofenko et al. \(2014\)](#). Os resultados são qualitativamente semelhantes para o PIB, o investimento residencial e o consumo, com queda nas duas primeiras variáveis e aumento na terceira. A principal diferença consiste no fato de que enquanto no nosso modelo, os preços dos imóveis caem, em [Dorofenko et al. \(2014\)](#) o preço dos imóveis aumenta. Isso acontece, pois no modelo deles há um *markup* nos preços dos imóveis devido à possibilidade de falência dos bancos causada pela incerteza. Se-

gundo os autores, diante da incerteza, alguns construtores de imóveis não conseguirão pagar os seus empréstimos e irão à falência. Os bancos assumirão as operações dessas empresas, mas devem pagar uma taxa de agência. Essas taxas afetam a produção agregada de habitação e implicam um *markup* endógeno aos preços da habitação. Assim, uma vez que parte da produção habitacional é perdida para os custos de agência, o preço da habitação deve ser aumentado para cobrir os custos dos fatores.

Além disso, comparando nosso resultado *baseline* com o de Dorofeenko et al. (2014), o fato de no deles o consumo e o preço dos imóveis aumentarem, enquanto no nosso eles diminuem, mostra que o nosso modelo está mais condizente com os dados que foram observados durante a Crise Financeira de 2008, pois de acordo com o *Federal Reserve Bank of Saint Louis* (FRED), nessa época o consumo e o preço dos imóveis caíram.²⁸ Esse desdobramento demonstra a importância de considerar rigidez nominal e restrição de empréstimos para explicar a dinâmica do choque de incerteza no setor habitacional.

1.4.2 Funções de impulso-resposta diante de um choque de incerteza agregada

A Figura 1.2 mostra as respostas ao impulso do consumo real, do investimento residencial real, do investimento em negócios real, do preço dos imóveis real, do PIB real e da taxa de juros real diante de um choque de 1% no desvio-padrão da incerteza agregada, isto é, quando ocorre um choque de incerteza do setor habitacional e do não habitacional simultaneamente. Analisaremos os efeitos desse choque sob diferentes condições de rigidezes de preços²⁹ e de salários e de existência de efeito garantia nos empréstimos. A definição dessas variáveis está seção A.1 do Apêndice A. Começaremos nossa análise sob um contexto de rigidez nominal e de efeito garantia e nos modelos seguintes serão explicadas somente as diferenças entre os resultados desses e os do primeiro modelo.

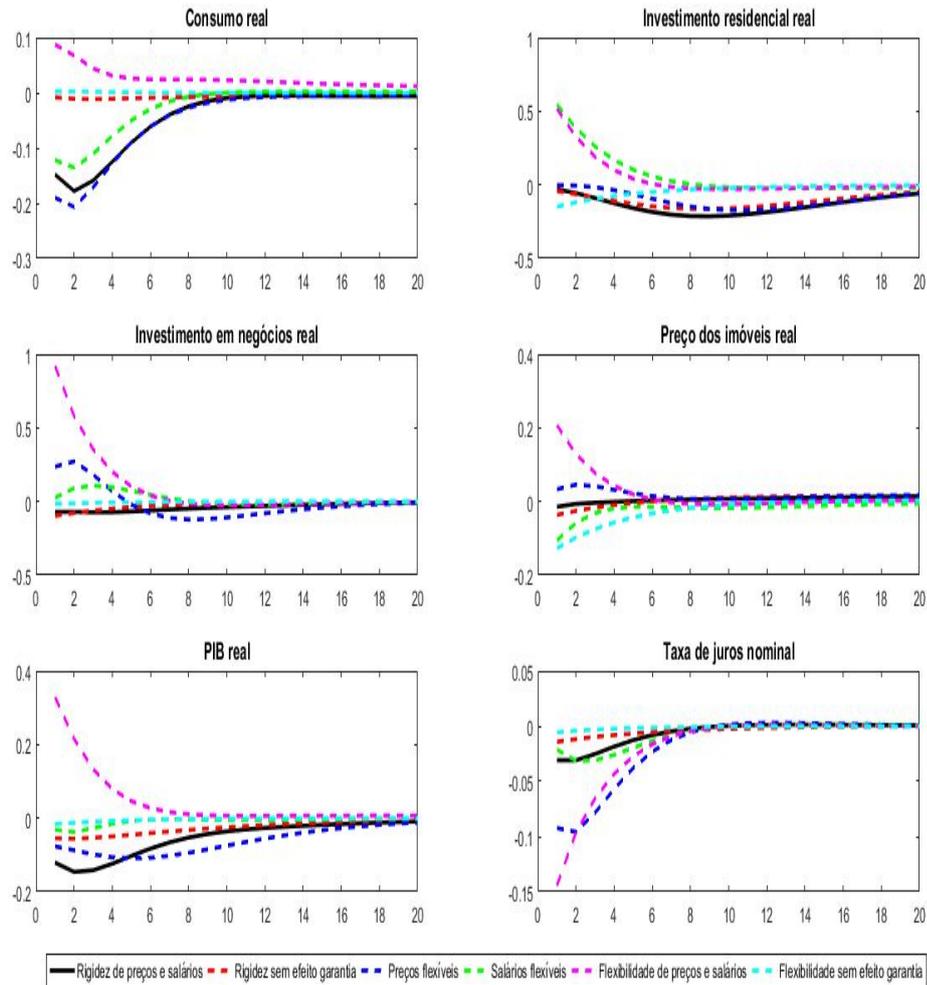
Baseline. Sob um contexto de preços e salários rígidos e de efeito garantia (linha sólida preta), a incerteza agregada tem um efeito negativo na economia, exceto para o investimento residencial e para o preço dos imóveis. Como o preço é flexível no setor habitacional, esse setor se torna mais atrativo, pois a firma poderá escolher um preço de modo a otimizar a sua decisão de maximização de lucro. Assim, ela aumentará as horas trabalhadas nesse setor, o que, juntamente com o aumento no retorno do capital nesse setor, levará a um aumento no preço dos imóveis. Consequentemente o investimento residencial aumentará também.

O investimento em negócios cairá, pois a queda na formação do capital do setor habitacional supera o aumento na formação do capital do setor não habitacional. Apesar de haver efeito garantia e o aumento no preço dos imóveis permitir um aumento no poder de compra da família impaciente, como o salário dela nos dois setores diminui, o consumo de bens de consumo acaba

²⁸Para mais informações olhar em <https://fred.stlouisfed.org>

²⁹Rigidez de preços só no setor não habitacional

Figura 1.1: Respostas ao impulso diante de um choque de incerteza no setor de habitação



Nota(s): As IRFS são calculadas como desvios percentuais em relação à média ergódica. Para mais detalhes olhar a seção 1.3.8. A linha preta sólida representa os resultados num contexto de rigidez de preços e salários e de efeito garantia. A linha tracejada vermelha mantém o cenário de rigidez, mas desconsidera o efeito garantia. A linha tracejada azul representa flexibilidade de preços com efeito garantia. Já a linha tracejada verde retrata flexibilidade de salários e efeito garantia. A linha tracejada rosa representa o contexto de flexibilidade de preços e salários e efeito garantia. Por fim, a linha tracejada azul clara mantém a flexibilidade, mas desconsidera o efeito garantia.

caindo. Já o da família paciente aumenta, mas não é suficiente para superar a queda do consumo da impaciente, então o consumo total de bens de consumo cairá. A taxa de juros cairá como resposta à queda no PIB e na inflação do setor não habitacional. O PIB cairá em consequência da queda do consumo total de bens de consumo e do investimento em negócios.

Rigidez nominal sem efeito garantia. Quando mantemos a rigidez nominal e retiramos o efeito garantia da nossa análise, isto é, quando consideramos que essa economia seja composta apenas pela família paciente (linha tracejada vermelha), a incerteza tem um efeito positivo na economia, exceto para o investimento em negócios. O aumento no salário da família paciente no setor habitacional permite que ela aumente o seu consumo de bens de consumo. O aumento do investimento residencial e do consumo de bens de consumo supera a queda no investimento em negócios, por conta disso o PIB aumentará também. A taxa de juros aumentará em consequência do aumento do PIB e da inflação no setor não habitacional. Isso mostra que o efeito garantia é um elemento chave no modelo, pois canaliza o efeito adverso da incerteza agregada na economia.

Flexibilidade de preços e efeito garantia. Quando flexibilizamos o preço do setor não habitacional e mantemos os salários rígidos e o efeito garantia (linha tracejada azul), a incerteza tem um efeito positivo na economia. Com a flexibilidade dos preços no setor não habitacional, a firma poderá escolher um preço de modo a otimizar sua decisão de maximização de lucro. Assim, ela aumentará o investimento em negócios em resposta ao aumento na formação do capital do setor não habitacional, que supera a queda na formação do capital do setor habitacional. O PIB aumentará em resposta ao aumento do consumo total de bens de consumo, do investimento em negócios e do investimento residencial. A taxa de juros aumentará em resposta ao aumento do PIB e da inflação no setor não habitacional.

Flexibilidade de salários e efeito garantia. Quando flexibilizamos os salários dos dois setores e mantemos o preço do setor não habitacional rígido e o efeito garantia (linha tracejada verde), observamos um efeito positivo na economia, exceto para o consumo de bens de consumo e para o preço dos imóveis. A flexibilidade dos salários permite que se escolha um nível de salário de modo a reduzir os custos e otimizar a sua decisão de maximização de lucro. Haverá uma queda no salário da família impaciente no setor habitacional, o que levará a uma queda no preço dos imóveis. O investimento em negócios aumentará, pois o aumento na formação de capital do setor não habitacional superará a queda na formação do capital do setor habitacional. Por fim, o PIB aumentará por causa do aumento no investimento residencial e de negócios.

Comparando esses resultados com o de [Bonciani & Van Roye \(2016\)](#)³⁰, cujo trabalho ana-

³⁰Os autores derivam um modelo DSGE de médio porte que incorpora três setores distintos: um setor não financeiro, um setor financeiro e um setor público que é representado pela autoridade monetária. O setor não financeiro consiste em famílias que maximizam sua utilidade descontada ao longo da vida escolhendo consumo e trabalho. Eles depositam suas economias nos bancos e possuem empresas de bens finais (ou seja, empresas de varejo). Os empresários possuem empresas que produzem um bem intermediário homogêneo misturando serviços de trabalho, fornecidos pelas famílias, e capital que compram de produtores de capital. Eles vendem o bem intermediário para varejistas, que o utilizam para produzir o bem de consumo final. Os empresários obtêm empréstimos dos bancos para consumo e sua capacidade de tomar empréstimos é limitada pelo valor de seu estoque de capital físico que

lisou o impacto da incerteza na TFP em nível agregado sob um contexto de preços rígidos e efeito garantia nos empréstimos das firmas, nossos resultados são iguais para o consumo, mas opostos para o investimento e o PIB. Isso acontece, pois no deles os preços de todos os setores são rígidos, enquanto no nosso somente o preço do setor não habitacional apresenta rigidez. Por conta disso, o setor habitacional se torna mais atrativo em relação ao não habitacional, permitindo que aumente o investimento nele. Já o investimento em negócios aumenta, pois há um aumento no capital do setor não habitacional que supera a queda no capital do outro setor.

Flexibilidade nominal e efeito garantia. Quando flexibilizamos os preços e os salários e mantemos o efeito garantia (linha tracejada rosa), constatamos um efeito positivo para a economia, exceto para a taxa de juros. O consumo total de bens de consumo aumentará, pois o aumento no consumo da família paciente, decorrente do aumento de seu salário nos dois setores, superará a queda no consumo da outra família. O investimento em negócios aumentará, pois haverá um aumento na formação do capital dos dois setores. E o PIB aumentará em decorrência do aumento do consumo total de bens de consumo, do investimento residencial e do investimento em negócios.

Flexibilidade nominal sem efeito garantia. Quando flexibilizamos os preços e salários e desconsideramos o efeito garantia (linha tracejada azul clara), observamos um efeito positivo na economia, exceto para o investimento residencial e para o preço dos imóveis. O preço dos imóveis cairá, pois o salário e o retorno do capital nesse setor caem. O investimento residencial cairá em resposta a queda do preço dos imóveis, das horas trabalhadas e do retorno do capital nesse setor. Apesar do salário da família paciente reduzir nos dois setores, ela aumentará as horas trabalhadas no setor não habitacional, o que aumentará a renda dela, permitindo que consuma mais bens de consumo, o que aumentará o consumo total e bens de consumo.

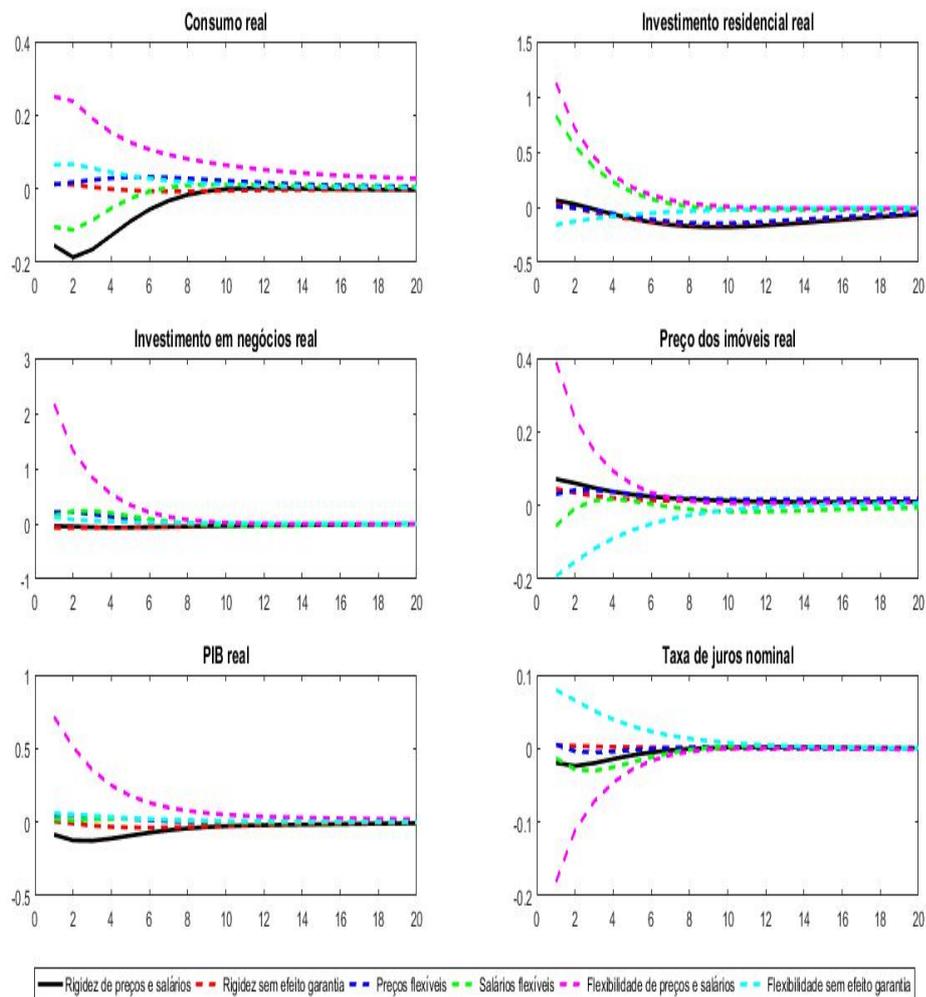
A taxa de juros aumentará em resposta ao aumento do PIB e da inflação no setor não habitacional. O investimento em negócios aumentará por causa do aumento na formação do capital do setor de não habitação. Por fim, o PIB aumentará, pois o aumento no investimento em negócios e no consumo de bens de consumo superam a queda no investimento residencial.

1.5 Conclusão

O presente trabalho analisou o impacto da incerteza proveniente do setor habitacional na atividade real da economia, comparando-os em diferentes contextos de rigidezes e flexibilidades nominal e de restrição de empréstimos e buscou investigar os canais de transmissão através dos quais a incerteza afeta a economia. Por fim, como exercício adicional, avaliou também o efeito da incerteza agregada no setor produtivo dessa economia, que acontece quando a incerteza afeta o setor habitacional e o não habitacional simultaneamente.

é usado como garantia. Além disso, assume-se que os empresários são proprietários das empresas produtoras de capital. O setor financeiro consiste em bancos comerciais que são de propriedade das famílias. Eles operam em um ambiente de concorrência monopolista e, portanto, têm um certo grau de poder de mercado (Bonciani & Van Roye, 2016).

Figura 1.2: Respostas ao impulso diante de um choque de incerteza agregada no setor produtivo



Nota(s): As IRFS são calculadas como desvios percentuais em relação à média ergódica. Para mais detalhes olhar a seção 1.3.8. A linha preta sólida representa os resultados num contexto de rigidez de preços e salários e de efeito garantia. A linha tracejada vermelha mantém o cenário de rigidez, mas desconsidera o efeito garantia. A linha tracejada azul representa flexibilidade de preços com efeito garantia. Já a linha tracejada verde retrata flexibilidade de salários e efeito garantia. A linha tracejada rosa representa o contexto de flexibilidade de preços e salários e efeito garantia. Por fim, a linha tracejada azul clara mantém a flexibilidade, mas desconsidera o efeito garantia.

Nosso resultado principal (*baseline*) aponta que, sob um contexto de rigidez nominal e de restrição de empréstimos, a incerteza na produtividade do setor de habitação tem um efeito negativo na economia, agindo através do canal de opções reais. Observamos também que a existência de restrição de empréstimos potencializa o efeito adverso da incerteza do setor habitacional no consumo, sendo essa característica um elemento chave no modelo.

Quando consideramos um contexto de flexibilidade nominal e de ausência de efeito garantia e comparamos com o trabalho de Dorofeenko et al. (2014), os resultados são iguais para o PIB, o investimento residencial e o consumo, com queda nas duas primeiras variáveis e aumento na terceira. A diferença é que no deles o preço dos imóveis aumenta, enquanto no nosso diminui, pois no modelo deles há um *markup* nos preços dos imóveis devido à possibilidade de falência dos bancos causada pela incerteza, enquanto no nosso não há.

Além disso, comparando nosso *baseline* com o resultado de Dorofeenko et al. (2014), o fato de no deles o consumo e o preço dos imóveis aumentarem, enquanto no nosso eles diminuem, mostra que o nosso modelo está mais condizente com os dados que foram observados durante a Crise Financeira de 2008, pois de acordo com o *Federal Reserve Bank of Saint Louis* (FRED), nessa época o consumo e o preço dos imóveis caíram.³¹ Esse desdobramento demonstra a importância de considerar rigidez nominal e restrição de empréstimos para explicar a dinâmica do choque de incerteza no setor habitacional.

Nós encontramos que a incerteza agregada no setor produtivo, sob um contexto de rigidez nominal e de restrição de empréstimos (*baseline*), terá um efeito negativo na economia, exceto para o preço dos imóveis e para o investimento residencial. Isso se dá pelo fato do preço do setor habitacional ser flexível³², o que torna esse setor mais atrativo em relação ao não habitacional. Constatamos também o papel-chave da restrição de empréstimos, pois na ausência dela a incerteza agregada tem um efeito positivo no consumo total de bens.

Ainda analisando a incerteza agregada, para um contexto de rigidez de preços e de efeito garantia, comparamos nossos resultados com os de Bonciani & Van Roye (2016), cujo trabalho analisou o impacto da incerteza na TFP em nível agregado sob um contexto de preços rígidos e efeito garantia nos empréstimos das firmas. Constatamos que os resultados são iguais para o consumo, havendo uma queda nele, mas opostos para o investimento e o PIB, pois enquanto no deles o investimento total e o PIB diminuem, no nosso o investimento residencial, investimento em negócios e o PIB aumentam. Isso acontece, pois no deles os preços de todos os setores são rígidos, enquanto no nosso somente o preço do setor não habitacional apresenta rigidez. Por conta disso, no nosso modelo, o setor habitacional se torna mais atrativo em relação ao não habitacional, permitindo que aumente o investimento no primeiro. Já o investimento em negócios, que é representado pela combinação da formação do capital no setor habitacional e no não habitacional, aumenta, pois há um aumento na formação do capital do setor não habitacional,

³¹Para mais informações olhar em <https://fred.stlouisfed.org>

³²No nosso modelo, só há rigidez nos preços do setor não-habitacional. Para mais explicações olhar a seção 1.3.3

que supera a queda na formação do capital do outro setor. Por fim, o PIB aumenta em resposta ao aumento dos dois investimentos.

Este artigo faz duas contribuições importantes. Primeiro, sob um perspectiva metodológica, ele fornece uma estimativa do impacto da incerteza do setor de habitação na economia sob um contexto de restrição de empréstimos e de rigidez nominal, o que não havia sido feito antes, e retrata a importância dessas características na dinâmica do choque de incerteza desse setor e na reprodução do que foi observado nos dados durante a Crise Financeira de 2008. Esses resultados podem ser usados para entender melhor os mecanismos por trás dos choques de incerteza e os seus canais de transmissão. Segundo, sob uma perspectiva política, o modelo serve de instrumento para os formuladores de políticas para que, diante de choques de incerteza no mercado habitacional, ajam de forma eficaz nos seus canais de transmissão, de forma a minimizar os efeitos adversos dela.

Efeitos Heterogêneos da Incerteza sobre a Dinâmica Econômica Estadual: Uma Análise para os Estados Unidos.

2.1 Introdução

Desde o início da Grande Recessão de 2008-2009, as pesquisas sobre a mensuração e os efeitos da incerteza cresceram de forma acentuada. De um lado, surgiram diferentes medidas de incerteza, muitas capturando diferentes tipos ou fontes de incerteza. [Bloom \(2009\)](#), por exemplo, utilizou a volatilidade do mercado de ações como medida de incerteza agregada. [Baker et al. \(2016\)](#) desenvolveu um índice de incerteza de política econômica, incluindo fiscal, monetária, comercial, de saúde, de segurança nacional e regulatória, com base na ocorrência de determinadas palavras-chaves nos jornais. [Husted et al. \(2020\)](#) construiu um índice de incerteza relacionado à política monetária com base em citações de termos relacionados em jornais.

Mais recentemente, [Ng \(2015\)](#) e [Nguyen Thanh et al. \(2020\)](#) construíram medidas de incerteza relacionadas ao mercado habitacional. Este último é de particular interesse porque os desenvolvimentos do mercado imobiliário podem ajudar a explicar recessões e expansões na economia, e problemas nesse mercado estão por trás da Grande Recessão de 2008-2009 ([Iacoviello, 2005](#)).

Por outro lado, o objetivo com a construção desses indicadores é conhecer os impactos de elevações na incerteza e a maior parte da evidência mostra efeitos recessivos com queda no emprego, no consumo e no produto ([Bloom, 2009](#); [Bachmann et al., 2013](#); [Baker et al., 2016](#)). No entanto, essa evidência geralmente se concentra no impacto nos dados agregados, com pouca ou nenhuma menção aos possíveis efeitos heterogêneos sobre as economias estaduais.¹ Além disso, desconsideram elevações da incerteza com origem nas economias estaduais, que não

¹[Mumtaz \(2018\)](#) e [Mumtaz et al. \(2018\)](#) são exceções.

necessariamente estão associadas a desenvolvimentos no nível agregado.

Este trabalho, portanto, se propõe a analisar os efeitos heterogêneos da incerteza sobre a dinâmica das economias estaduais. O diferencial consiste na construção de um indicador de incerteza associado aos desenvolvimentos do mercado imobiliário em cada um dos estados dos Estados Unidos. Com este objetivo, em primeiro lugar, construímos uma medida de incerteza do setor imobiliário estadual, através do cálculo da volatilidade condicional no erro de previsão das variáveis desse mercado (Nguyen Thanh et al., 2020).

Em segundo, avaliamos as funções de impulso-resposta estaduais em relação aos choques de incerteza estaduais do setor imobiliário, estimando um modelo de Vetores Autorregressivos em Painel (PVAR) Bayesiano com a utilização de priori hierárquica em que a identificação se dá por restrições de sinais (Mumtaz, 2018). E, por fim, avaliamos quais características estaduais explicam a heterogeneidade nas respostas a choques de incerteza, através de uma regressão transversal.

Nossos resultados apontam, em primeiro lugar, altos níveis de incerteza em todos os estados durante a crise financeira de 2008-2009, mas com magnitudes diferentes entre eles. Quando comparamos a mediana dessas medidas de incertezas estaduais com a incerteza imobiliária nacional de Nguyen Thanh et al. (2020) e a incerteza macroeconômica nacional de Jurado et al. (2015), observamos que as medidas de incerteza estaduais se mantêm mais altas após a crise de 2008, o que corrobora os resultados de Nguyen Thanh et al. (2020), que mostra que a incerteza no mercado imobiliário permaneceu mais elevada por mais tempo do que a incerteza econômica geral.

No que se refere ao PVAR, um aumento da incerteza do mercado imobiliário tem impactos adversos na renda pessoal per capita, no emprego e na taxa de desemprego em todos os estados, mas com efeitos heterogêneos entre eles. Esses resultados estão em linha com os apresentados por Mumtaz (2018), Mumtaz et al. (2018) e Jurado et al. (2015). Além disso, ao compararmos a mediana desses resultados com a da medida nacional de incerteza imobiliária de Nguyen Thanh et al. (2020), os resultados são qualitativamente semelhantes, mas o efeito da nossa medida apresenta menor magnitude e uma maior persistência. Fizemos também uma análise adicional do impacto da nossa medida em variáveis habitacionais e os resultados se mostraram igualmente adversos nos preços dos imóveis e no emprego na construção civil (Nguyen Thanh et al., 2020).

Em relação à regressão transversal entre o crescimento da renda pessoal, do emprego e da taxa de desemprego e as variáveis que representam a heterogeneidade dos estados, encontramos que estados com uma maior concentração dos setores financeiros são mais afetados pelos efeitos adversos dos choques de incerteza, enquanto estados com uma maior parcela do setor imobiliário são menos sensíveis. Esses resultados sugerem que o canal no qual a incerteza imobiliária afeta a atividade econômica se dá pelo mercado financeiro e não pelo mercado imobiliário em si.

Encontramos também que estados com maior concentração do setor de petróleo e gás sofrem mais com os impactos da incerteza. A ausência de mecanismos que compensem oscilações

nos preços das commodities, torna esses estados mais vulneráveis à medida que choques de incerteza afetem os preços das commodities.

Este artigo está relacionado a duas vertentes da literatura. A primeira consiste em artigos que buscam construir indicadores de incerteza baseados na volatilidade condicional no erro de previsão das séries e avaliar os seus efeitos sobre a economia (Jurado et al., 2015; Ludvigson et al., 2015; Nguyen Thanh et al., 2020). Segundo Jurado et al. (2015), a ideia de eliminar o componente previsível das séries ao construir as medidas é que, para eles, a incerteza está associada a perda da capacidade de previsão das variáveis. A segunda se refere aos trabalhos que analisam o impacto de choques agregados (e locais) sobre a atividade econômica estadual (Carlino & DeFina, 1998; Carlino et al., 1999; Mumtaz, 2018; Mumtaz et al., 2018). Os estados se diferenciam substancialmente em termos de concentração da indústria, do setor bancário e do grau de fricção financeira (Carlino et al., 1999). Associar essas diversidades estaduais com suas respostas diante dos choques de incerteza é importante para investigar os canais de transmissão através dos quais esses choques afetam a economia das unidades federativas.

Por fim, nosso artigo faz contribuições em dois aspectos. No aspecto metodológico, ao encontrarmos que a heterogeneidade nos setores econômicos influencia nas respostas dos estados em relação à incerteza, pode servir de insumo para a construção de modelos teóricos, os quais destacariam tais setores de modo a utilizá-los como canais de transmissão do choque de incerteza imobiliária para a atividade econômica estadual. Além disso, ao compararmos o impacto da nossa medida estadual com a medida nacional de Nguyen Thanh et al. (2020) nos estados, acrescentamos à literatura a análise do impacto de uma medida nacional de incerteza do setor imobiliário nos estados, o que não havia sido feito antes.

No aspecto político, termos identificado respostas heterogêneas entre os estados, pode servir de insumo para os formuladores de políticas públicas, pois diante de um nova crise no setor imobiliário, eles podem dar prioridade às unidades federativas e aos setores econômicos mais sensíveis a esse tipo de choque adverso, melhorando a eficácia de suas ações. Além disso, ao constataremos que o efeito da nossa medida tem uma magnitude menor e uma persistência maior do que a de Nguyen Thanh et al. (2020), isso sugere que uma política que siga a nossa medida deva ser mais suave no início e perene no final.

O restante do trabalho está dividido da seguinte forma. A seção 2.2 traz uma breve revisão da literatura. A seção 2.3 descreve os dados, os modelos econométricos utilizados e a estratégia de identificação adotada. A seção 2.4 mostra os resultados para a medida de incerteza estadual criada, as funções de impulso-resposta estaduais resultantes dos choques de incerteza e os resultados da regressão transversal. Além disso, apresenta estudos adicionais envolvendo a medida de incerteza e o PVAR. E, por fim, a seção 2.5 conclui o trabalho.

2.2 Revisão da Literatura

Sob o ponto de vista empírico, muitos trabalhos têm usado *proxies*, baseadas numa única série temporal, para medir o impacto da incerteza na atividade real da economia. Por exemplo, Bloom (2009) utiliza a volatilidade do mercado de ações como medida de incerteza agregada e mostra que essa medida está fortemente correlacionada com outras medidas de incerteza, como o desvio padrão da produtividade total dos fatores (TFP) e o *spread* transversal do crescimento do lucro em nível de firma. Além disso, através da estimação de um VAR, os resultados sugerem que a incerteza tem um impacto negativo na produção industrial e no emprego por cerca de seis meses.

Justificando que a conexão entre a incerteza e as condições financeiras havia sido negligenciada até então, Alessandri & Mumtaz (2019) estudam a relação entre as fricções financeiras e a incerteza econômica nos Estados Unidos através de um VAR não-linear. Os resultados mostram que a incerteza, representada pela volatilidade média dos choques estruturais da economia, sempre tem efeitos recessivos na produção industrial, mas seu impacto é seis vezes mais forte em períodos de crise financeira do que em períodos normais, sendo a fricção financeira seu canal de transmissão.

Em contraposição aos trabalhos anteriores, alguns autores buscam construir medidas de incerteza baseadas num conjunto de variáveis econômicas, ao invés de depender de uma única ou de um pequeno conjunto de séries temporais. Além disso, havia a discussão de que o que importa para a decisão econômica não é se o indicador é mais ou menos variável, mas sim se a economia se tornou mais ou menos previsível, de modo que é interessante remover o componente previsível das séries.

Levando isso em consideração, Jurado et al. (2015) constrói uma medida de incerteza macroeconômica para os Estados Unidos, calculada como a volatilidade do erros de previsão, condicionada a fatores decorrentes de um grande número de variáveis macroeconômicas e financeiras. Por fim, ao estimar um VAR, os autores encontram que um choque de incerteza macroeconômica reduz drasticamente a produção industrial e o emprego e que esses efeitos persistem muito além do horizonte de 60 meses. Além disso, comparando seus efeitos com os da medida de Bloom (2009), seus choques possuem uma magnitude maior e são mais persistentes, apesar de observarem que a medida deles implica em muito menos episódios de grande incerteza.²

O trabalho de Ludvigson et al. (2015) utiliza a mesma abordagem que Jurado et al. (2015) e constrói uma medida de incerteza específica para o mercado financeiro estadunidense. Através de um VAR, os resultados apontam que choques positivos de incerteza financeira causam uma queda acentuada e persistente na atividade real desse país. Ao comparar com a medida de Jurado et al. (2015), os autores sugerem que a incerteza financeira, e não a macroeconômica, causa o movimento do ciclo de negócios nos Estados Unidos.

²Os autores definem uma incerteza grande quando passa de 1.65 desvios-padrão acima da sua média

Nguyen Thanh et al. (2020) também segue a mesma metodologia de Jurado et al. (2015), mas produz uma medida de incerteza nacional específica para o mercado imobiliário dos Estados Unidos. Através de um VAR, os autores encontram que a incerteza desse mercado impacta negativamente o preço das moradias, o número de moradias iniciadas e o emprego nesse setor. Ao comparar com as medidas de Jurado et al. (2015) e de Ludvigson et al. (2015), a medida do mercado imobiliário apresenta causalidade de *Granger* e impacto de longo prazo no preço e no número de moradias iniciadas, enquanto as outras só afetam as moradias iniciadas.

Alguns trabalhos fazem uma análise mais minuciosa da incerteza ao investigar seu impacto em nível de estado. A ideia é explorar a heterogeneidade dessas unidades e testar se essas diferenças impactam na forma como elas respondem aos choques de incerteza. O trabalho de Mumtaz (2018) utiliza a metodologia criada por Jurado et al. (2015), para construir medidas de incerteza macroeconômica estaduais. Através de um modelo VAR em painel com priori hierárquica mostra que os choques de incerteza têm um impacto negativo tanto na renda pessoal per capita quanto no emprego e eleva a taxa de desemprego. Além disso, encontra que estados com uma maior parcela do setor de construção, de indústrias financeiras e uma maior razão entre impostos e despesas são afetados mais fortemente pelo choque, o que corrobora com o que foi encontrado por Mumtaz et al. (2018). Além disso, ao comparar com a medida agregada de Jurado et al. (2015), o autor mostra que a medida estadual tem um impacto maior na mediana das respostas das rendas dos estados.

Diante de tudo isso que foi exposto, percebe-se uma lacuna nos trabalhos anteriores no que se refere à construção de uma medida de incerteza estadual para o mercado imobiliário dos Estados Unidos e à análise de seu efeito na atividade real destas unidades federativas. Além disso, essa lacuna nos incentiva a investigar o papel das heterogeneidades dos estados na explicação das reações da atividade real deles diante de choques de incerteza no setor imobiliário.

2.3 Metodologia

A metodologia é dividida em três etapas. A primeira consiste em construir uma medida de incerteza para o mercado imobiliário para cada estado dos Estados Unidos, baseada na metodologia da medida nacional de incerteza desse setor, criada por Nguyen Thanh et al. (2020), o qual define a incerteza como a volatilidade condicional no erro de previsão das variáveis desse mercado.

A segunda é analisar os impactos destas medidas na renda pessoal per capita, no emprego e na taxa de desemprego de cada estado, através de um modelo de Vetores Autorregressivos em Painel (PVAR) Bayesiano, com a utilização de priori hierárquica em que a identificação se dá por restrições de sinais (Arias et al., 2018). A terceira é implementar uma regressão transversal entre a resposta acumulada das funções de impulso-resposta estaduais num horizonte de 40 trimestres, diante de um choque de incerteza, e um conjunto de características dos estados para avaliar se a heterogeneidade deles influencia em suas respostas (Mumtaz, 2018).

2.3.1 Dados

Para calcular a medida de incerteza estadual, que será explicada no tópico 2.3.2, foram utilizadas seis³ séries de tempo estaduais do mercado imobiliário, entre o segundo trimestre de 1995 e o último trimestre de 2017: Índice de preços dos imóveis⁴, *New Private Housing Units Authorized by Building Permits* (1 unidade)⁵ e *New Privately Owned Housing Units Authorized* (1 unidade, 2 unidades, 3 a 4 unidades e 5 ou mais unidades).⁶ Os dados são dessazonalizados e log diferenciados. O primeiro já está com periodicidade trimestral, mas os outros estão como mensal, então calculamos a média a cada três meses para obter o formato trimestral. Esses dados foram extraídos do *Federal Reserve Bank of Saint Louis* (FRED).⁷

Ainda sobre a medida de incerteza, utilizamos um conjunto de 246 variáveis macroeconômicas, entre o segundo trimestre de 1995 e o último trimestre de 2017, para construir os fatores, em relação aos quais a volatilidade dos erros de previsão das variáveis do setor imobiliário é condicionada. As séries são classificadas em 14 grupos: *National Income and Product Accounts* (NIPA); Produção industrial; Emprego e Desemprego; Habitação; Estoques, Pedidos e Vendas; Preços; Lucro e Produtividade; Taxa de juros; Dinheiro e Crédito; Balanços Familiares; Taxas de câmbio; De outros; Mercado de ações; e Balanços Patrimoniais Não Familiares. Os dados estão em nível, e dentre eles, alguns são estacionários em nível, enquanto outros precisaram ser transformados através de diferenciação ou log diferenciação para serem considerados estacionários. A base também foi extraída do FRED.⁸

Para fazer o PVAR bayesiano, nós utilizamos como variáveis a renda pessoal per capita⁹, o emprego¹⁰, a taxa de desemprego¹¹ e a medida de incerteza construída na primeira etapa. Os dados estão em nível estadual, dessazonalizados e em formato de log, e cobre o período entre o segundo trimestre de 1995 e o último trimestre de 2017. O primeiro já estava em periodicidade trimestral, mas o segundo e terceiro estavam com periodicidade mensal, então calculamos a

³Nguyen Thanh et al. (2020) utiliza quarenta séries do mercado imobiliário, mas desses, apenas seis possuem informações em nível estadual.

⁴O nome original da série é *All-Transactions House Price Index* e é estimada usando preços de venda e dados de avaliação.

⁵Essa série representa o número total de alvarás de construção para estruturas com 1 unidade, isto é, com um imóvel, que são construídas com subsídio público, de forma parcial ou integral.

⁶Essa série representa o número total de alvarás de construção para estruturas que não são construídas com subsídio público e nem são de propriedade do governo. A quantidade da unidade, por exemplo, 1 unidade, 2 unidades, de 3 a 4 unidades ou 5 ou mais unidades, se refere à quantidade de imóveis por estrutura.

⁷<https://fred.stlouisfed.org/>

⁸Para mais detalhes ver em McCracken & Ng (2020).

⁹De acordo com o FRED, a renda pessoal é a renda que as pessoas recebem em troca de seu fornecimento de trabalho, terra e capital utilizado na produção atual e os pagamentos líquidos de transferências correntes que recebem das empresas e do governo. A renda pessoal per capita é a renda pessoal dividida pela população do estado.

¹⁰O nome original dessa medida de emprego é *all employees total non farm* e, de acordo com o FRED, representa o número de trabalhadores que exclui proprietários, empregados domésticos particulares, voluntários não remunerados, empregados agrícolas e autônomos não incorporados, isto é, não constituídos em sociedade legal. Essa medida constitui 80% dos trabalhadores que contribuem para o PIB dos Estados Unidos.

¹¹De acordo com o FRED, a taxa de desemprego representa o número de desempregados como porcentagem da força de trabalho.

média a cada três meses para obter o formato trimestral. Para obter a renda pessoal per capita, dividimos a renda pessoal pela população estadual.¹² Esses dados também foram extraídos do FRED. Optamos por escolher essas variáveis, pois queremos investigar os impactos da incerteza do setor imobiliário na economia como um todo, mas na seção 2.4.4 fizemos um exercício analisando o efeito dessa medida de incerteza em variáveis do próprio mercado também.

Para fazer a regressão transversal, os regressores são divididos em três grupos: Heterogeneidade na estrutura de produção, grau de fricção financeira e situação fiscal de cada estado. Para isso, é preciso entender qual a relação desses grupos com a incerteza e quais *proxies* utilizamos para representá-los.

De acordo com Mumtaz et al. (2018), o primeiro grupo representa a heterogeneidade da estrutura da produção de cada estado. Para tanto, é utilizada a proporção dos setores de manufatura, finanças, agricultura, construção, mineração, petróleo e gás e governo em relação ao PIB nominal estadual.¹³ Se os choques de incerteza afetarem o preço das commodities, como por exemplo o petróleo, a resposta dos preços delas pode afetar os estados com maior concentração de indústrias petróleo e gás. Ademais se os choques de incerteza têm um grande impacto nos mercados financeiros, é esperado que afetem os estados com maior concentração do setor financeiro e imobiliário (Mumtaz et al., 2018).

Além disso, de acordo com Carlino & DeFina (1998) e Carlino et al. (1999), a indústria manufatureira e a de construção podem ser mais sensíveis a mudanças na taxa de juros. Desse modo, se os choques de incerteza afetarem as taxas de juros, afetarão mais os estados com maior dependência desses setores (Mumtaz et al., 2018).

No que se refere ao segundo grupo, a incerteza impacta a economia através do seu efeito nos mercados financeiros. Como os mercados financeiros estão sujeitos ao risco moral, o investimento pode ser um canal de transmissão da incerteza através do impacto dessa no prêmio de financiamento externo. Desse modo, se os estados apresentarem graus de fricção financeira diferentes, o impacto do choque de incerteza neles pode variar (Mumtaz et al., 2018).

Para representar esse grupo, utilizamos algumas *proxies*, como por exemplo, a proporção de empréstimos de bancos pequenos¹⁴, o tamanho das empresas em termos de emprego¹⁵ e a estrutura dos mercados imobiliários.¹⁶ A proporção de empréstimos de bancos pequenos é definida como aquela abaixo do percentil 90 em termos de ativos. De acordo com Kashyap & Stein (1995), o tamanho dos bancos pode afetar a sua capacidade de financiar seus empréstimos. Já as firmas pequenas, em termos de emprego, são definidas como firmas com até 250 funcio-

¹²A população estadual só é informada com periodicidade anual, então precisamos fazer interpolação linear para obter o formato trimestral e assim utilizá-la para construir a renda pessoal per capita.

¹³Estes dados foram retirados do *U.S. Bureau of Economic Analysis* e foi feita uma média entre os dados anuais de 1963 até 2013.

¹⁴Estes dados foram retirados do *Call Reports, FFIEC* e foi feita a média entre os dados do primeiro trimestre de 2001 e o terceiro trimestre de 2015.

¹⁵Estes dados foram retirados do *Census Bureau, County Business Patterns* e foi feita a média entre os dados anuais de 1986 e 2013.

¹⁶Estes dados foram retirados do *Census Bureau* e foi feita uma média dos dados do primeiro trimestre de 2005 ao último trimestre de 2015.

nários. Empresas com esse porte podem ser mais vulneráveis aos problemas de assimetria de informação.

Para representar a estrutura dos mercados imobiliários, utilizamos a taxa de vacância das vendas dos imóveis¹⁷, a taxa de vacância dos aluguéis dos imóveis¹⁸ e a taxa de imóveis ocupados pelos proprietários¹⁹. A diferença de estrutura do mercado imobiliário entre os estados pode contribuir para o comportamento heterogêneo dos agentes em resposta aos choques de incerteza. Segundo [Mumtaz \(2018\)](#), uma alta taxa de vacância pode sinalizar a incapacidade ou relutância dos agentes em absorver choques negativos. Assim, espera-se que estados com maior proporção de empréstimos de bancos pequenos, com maior proporção de empresas pequenas e maior volatilidade no setor imobiliário sejam mais afetados pelos choques de incerteza.

O terceiro grupo²⁰, que retrata a situação fiscal de cada estado, é representado pela proporção da receita de cada estado em relação à nacional, a proporção das despesas com bem-estar, dos subsídios, do saldo orçamentário e da dívida em relação às despesas totais de cada estado. De acordo com [Mumtaz et al. \(2018\)](#), a intensidade dos choques de incerteza pode variar de acordo com a capacidade do governo em dar suporte aos cidadãos diante de uma queda na renda ou nas perspectivas de emprego.

2.3.2 Medida de incerteza para o mercado imobiliário

O primeiro passo para a construção da medida de incerteza do mercado imobiliário estadual é estimar os fatores, I_t , a partir de um conjunto de 246 séries temporais macroeconômicas, $X_t = (X_{1t}, \dots, X_{246t})'$. Nós assumimos que X_t tem uma estrutura de fatores aproximada da seguinte forma:

$$X_t = \Lambda_i' I_t + e_t^X \quad (2.1)$$

onde I_t é um vetor $r_I \times 1$ de fatores latentes comuns, Λ_i' é o vetor $r_1 \times 1$ dos coeficientes de correlação entre as variáveis observadas e os fatores latentes comuns e e_{it}^X é um vetor de erros idiossincráticos. Esses fatores são estimados pelo método dos componentes principais (PCA).

De acordo com [Dunteman \(1989\)](#), PCA é uma técnica estatística que transforma linearmente um conjunto original de variáveis em um conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas, as quais representam a maioria das informações no conjunto original. Seu objetivo é reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados original. [Sanguansat \(2012\)](#) aponta três vantagens para o seu uso: retém o máximo de informações úteis enquanto reduz o ruído, o

¹⁷Taxa de vacância da venda dos imóveis é a proporção de imóveis que estão disponíveis para a venda

¹⁸Taxa de vacância de aluguéis dos imóveis é a proporção de imóveis que estão disponíveis para aluguel

¹⁹Taxa de imóveis ocupados pelos proprietários é a proporção de imóveis ocupados pelos proprietários

²⁰Todos os dados desse grupo foram retirados do *Census Bureau* e foi feita a média dos dados anuais de 1992 a 2013.

tempo e a memória utilizados no processamento de dados são menores e, por fim, fornece uma maneira de entender e visualizar a estrutura de conjuntos de dados complexos.

O segundo passo é calcular os valores esperados das seis variáveis do mercado imobiliário de cada estado, y_{ijt} , condicionados aos fatores que estimamos no passo anterior, I_t , resultando em $E[y_{ijt+h}|I_t]$, que é o componente de previsão das séries. O subscrito j representa as variáveis do mercado imobiliário e i representa os estados. As previsões das variáveis habitacionais para períodos $h \geq 1$ podem ser obtidas através de um modelo de previsão de índice de difusão, isto é, um modelo de previsão de fatores aumentados:

$$y_{ijt+h} = \phi_j^y(L)y_{ijt} + \gamma_j^I(L)\hat{I}_t + \nu_{ijt+1}^y \quad (2.2)$$

onde $\phi_j^y(L)$ e $\gamma_j^I(L)$ são polinômios de ordem finita no operador de defasagem L de ordens p_y e p_I , respectivamente. Após isso, calcula-se o erro de previsão dessas variáveis um passo à frente e depois recursivamente para horizontes mais longos.

O terceiro passo é estimar a volatilidade condicional desses erros de previsão em relação aos fatores, através de um modelo de volatilidade estocástica paramétrica. Ele gera seis indicadores de incerteza do mercado imobiliário de cada estado, $U_{ijt}^y(h)$:

$$U_{ijt}^y(h) = \sqrt{E[(y_{ijt+h} - E[y_{ijt+h}|I_t])^2|I_t]} \quad (2.3)$$

Por fim, é feita uma média ponderada desses seis indicadores para chegar à medida de incerteza do mercado imobiliário para cada estado:

$$U_{it}(h) = \sum_{j=1}^{40} \omega_{ij} U_{ijt}^y(h) \quad (2.4)$$

onde $\omega_{ij} = \frac{1}{6}$. Segundo [Nguyen Thanh et al. \(2020\)](#), a vantagem de se utilizar esse método é que ele evita a dependência em uma única série temporal e remove o componente de previsibilidade das séries.

2.3.3 VAR em painel bayesiano com priori hierárquica

Para analisar o impacto da incerteza do mercado imobiliário de cada estado na atividade real deles utilizamos um modelo VAR painel (PVAR) bayesiano com priori hierárquica, representado por:

$$Y_{it} = \alpha_i + d_t + D_i \tau_{it} + \sum_{p=0}^P \beta_{ip} U_{it-p} + \sum_{p=1}^P \rho_{ip} Y_{it-p} + v_{it}, \quad (2.5)$$

onde, α_i e d_t são os efeitos fixos de estado e de tempo, τ_{it} tendência linear de tempo, Y_{it} é a medida de atividade real (renda real, emprego e taxa de desemprego) para cada estado, P é o número de defasagens, que foram de quatro trimestres, assim como em [Mumtaz \(2018\)](#), e U_{it} é a medida de incerteza do mercado imobiliário no estado i , que é variável no tempo t , e é calculada pelo método descrito na seção anterior. Essa medida é endógena e é descrita da seguinte forma:

$$U_{it} = c_i + \delta_i Z_{it} + e_{it} \quad (2.6)$$

Onde Z_{it} denota o conjunto de instrumentos considerados não correlacionados com v_{it} , que são as variáveis do setor habitacional utilizadas na construção da medida de incerteza, e:

$$Cov(e_{it}, v_{it}) = \Omega_i = \begin{Bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} \end{Bmatrix}$$

Será utilizada a priori hierárquica para os coeficientes de regressão $\tilde{\beta}_i = [\beta_{i0}, \dots, \beta_{iP}, \rho_{i1}, \dots, \rho_{iP}]$:

$$p(\tilde{\beta}_i | \tilde{\beta}) \tilde{N}(\tilde{\beta}, \lambda \Xi_i) \quad (2.7)$$

Onde $\tilde{\beta}$ indica a média ponderada transversal dos coeficientes e Ξ_i é uma matriz diagonal com elementos diagonais, refletindo a escala dos elementos individuais de $\tilde{\beta}_i$. O grau de *pooling* é determinado pelo parâmetro λ : Quando $\lambda \rightarrow 0$, os coeficientes se tornam homogêneos entre os estados. Por outro lado, valores maiores de λ implicam efeitos heterogêneos. $\tilde{\beta}$ é considerado desconhecido e sua distribuição à posteriori é aproximada pelo algoritmo da estimação. Isso nos permite estimar o impacto da incerteza para o estado médio, enquanto permite a heterogeneidade. A priori para a variância que controla o grau de *pooling* do modelo, λ , possui uma distribuição Gama Inversa com parâmetros $GI(s, v)$. Seguimos a recomendação de [Jarocinski \(2010\)](#), que diz que essa priori pode ser problemática, pois os resultados são muito sensíveis às escolhas de s e v . Por conta disso, ele sugere que os valores deles sejam pequenos. Assim, escolhemos $s = 0.001$ e $v = 0.001$.

Com relação aos parâmetros que representam uma medida de variação específica entre variáveis, um coeficiente de escala que controla a velocidade de convergência dos coeficientes com defasagens maiores que 1 e um parâmetro de variância para variáveis exógenas, seguimos a indicação de [Dieppe et al. \(2016\)](#) e consideramos iguais a 0.5, 1 e 100, respectivamente. Fizemos um total de 50.000 iterações, descartando as primeiras 25.000. E para estimação da

posteriori, utilizamos o algoritmo Gibbs *sampling* para obter as retiradas, o qual está descrito na seção C.1 do Apêndice C.

A identificação é feita através de restrições de sinais, as quais são restritivas apenas no impacto contemporâneo. As restrições impostas às variáveis demonstram que, após um choque positivo de incerteza no mercado imobiliário, isto é, uma elevação na incerteza desse mercado, a renda pessoal per capita e o nível de emprego sofrem um impacto negativo, enquanto a taxa de desemprego sofre um impacto positivo. Os sinais esperados seguem Mumtaz (2018), que encontra que um choque positivo na incerteza leva a uma redução na renda pessoal per capita e no emprego e a um aumento na taxa de desemprego²¹ e podem ser vistos na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Restrições de sinais - identificação do choque de incerteza

	Renda pessoal per capita	Emprego	Taxa de desemprego	Incerteza
Incerteza	-	-	+	+

Nota(s): Esta tabela apresenta as restrições de sinais impostas para a identificação do choque de incerteza estadual. O choque é representado na linha, enquanto as restrições às variáveis estão representadas nas colunas.

Por fim, vale salientar que, assim como Mumtaz (2018), empregamos uma medida de incerteza estadual e calculamos o seu impacto na renda pessoal per capita, no emprego e na taxa de desemprego de cada estado. No entanto, a diferença entre os trabalhos é que enquanto Mumtaz (2018) utiliza uma medida de incerteza macroeconômica estadual, o nosso trabalho utiliza uma medida de incerteza específica para o mercado imobiliário estadual, baseada na medida nacional de Nguyen Thanh et al. (2020), cuja metodologia foi explicada na seção anterior.

Para obter as funções de impulso resposta no caso de um VAR em painel bayesiano com identificação via restrição de sinais também utilizamos o algoritmo de Gibbs *sampling*, cuja explicação pode ser vista em Dieppe et al. (2016) e mostramos na seção C.2 do Apêndice C.

2.3.4 Regressão transversal

Uma vez feita a análise do impacto da incerteza do mercado imobiliário estadual na atividade real dos mesmos e constatado que houve diferença na magnitude dos resultados das funções de impulso-resposta, é importante investigar as possíveis explicações para essas diferenças. Para isso, estimamos um modelo de regressão transversal:

$$resposta_i = \alpha + D_j + BX_i + e_i \quad (2.8)$$

Onde $resposta_i$ denota o resultado acumulado da função de impulso-resposta, num horizonte de 40 trimestres²², da renda pessoal per capita, do emprego e da taxa de desemprego do estado

²¹ Resultado encontrado para a mediana dos resultados dos estados.

²² Seguimos Mumtaz (2018) nessa escolha de 40 trimestres. Para fazer o resultado acumulado, somamos 1 ao

i , diante de um choque de incerteza. α é o intercepto, D_j se refere ao conjunto de *dummies* para as regiões, definida pela *Bureau of Economic Analysis (BEA)* e os regressores X_i representam as *proxies* que tentam capturar o papel das diferentes características dos estados nas respostas dos mesmos diante de um choque de incerteza. Os regressores escolhidos foram citados e explicados na seção 2.3.1.

2.4 Resultados

2.4.1 Medida de incerteza para o mercado imobiliário

Com o intuito de criar medidas de incerteza para o mercado imobiliário dos estados dos Estados Unidos, que não dependam de uma única série de dados e que eliminem o componente previsível das séries, criamos uma medida representada pela volatilidade condicional do erro de previsão das variáveis do setor imobiliário em nível estadual, seguindo a metodologia de [Nguyen Thanh et al. \(2020\)](#). Estimamos essa medida de incerteza para um horizonte de previsão de quatro trimestres, seguindo [Mumtaz \(2018\)](#).

Nossos resultados apontam níveis de incerteza altos em todos os estados durante a crise financeira de 2008-2009, mas com magnitudes diferentes entre eles. Os estados de Maryland, Michigan, New Jersey e New Mexico apresentaram os maiores picos de incerteza, enquanto Arkansas, District of Columbia, Idaho, Illinois, entre outros, apresentaram uma magnitude menor. Isso pode ser observado nas figuras B.1 e B.2, no Apêndice B. Na seção 2.4.4, iremos analisar as incertezas por região.

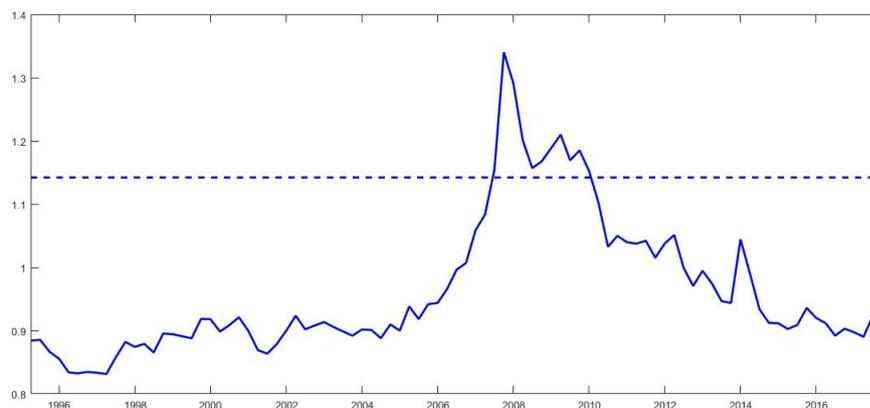
A Figura 2.1 apresenta a mediana das incertezas estaduais do setor imobiliário, calculada pelo nosso trabalho, entre o segundo trimestre de 1995 e o último trimestre de 2017. Assim como [Bloom \(2009\)](#), [Jurado et al. \(2015\)](#) e [Nguyen Thanh et al. \(2020\)](#), incluímos uma linha horizontal tracejada que indica 1.65 desvios padrões acima da média da série de incerteza para representar períodos de alta incerteza. Percebe-se que a incerteza atingiu seu pico na época da Grande Recessão de 2008, o que é coerente com o fato da crise ter tido origem no setor imobiliário. Observa-se também que, após esse período, a incerteza começa a cair lentamente, terminando o ano de 2017 mantendo-se num nível maior do que o do início da série.

2.4.2 Funções de impulso-resposta do choque de incerteza no mercado imobiliário

Para avaliar se a incerteza do mercado imobiliário estadual afeta a atividade real dessas unidades federativas, foi empregado um modelo de Vetores Autorregressivos em painel (PVAR) bayesiano com priori hierárquica e identificação por restrições de sinais.

resultado de cada um dos quarenta períodos, depois multiplicamos esses termos. Em seguida, subtraímos 1 dessa multiplicação e, por fim, multiplicamos por 100.

Figura 2.1: Mediana das incertezas imobiliárias estaduais



Nota(s): A linha sólida azul representa a mediana das incertezas estaduais, criada pelo nosso trabalho, entre o segundo trimestre de 1995 e o último trimestre de 2017. A linha horizontal tracejada indica 1.65 desvios padrões acima da média da série, representando períodos de alta incerteza.

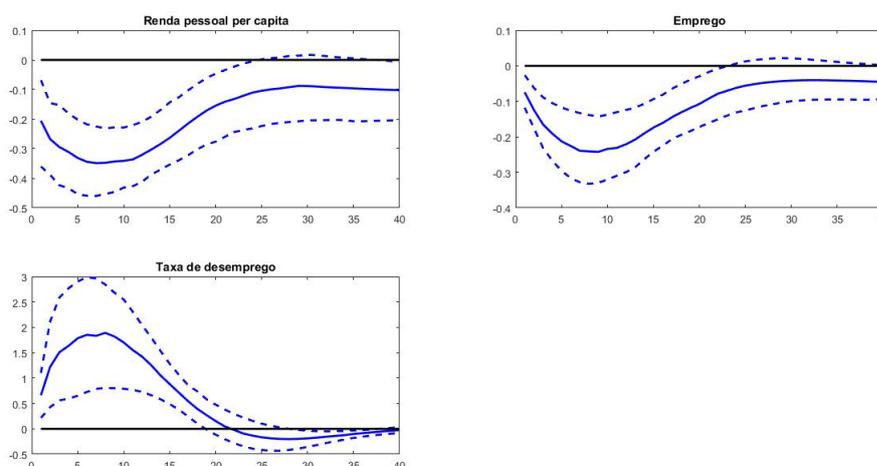
Nossos resultados mostram que, por construção, um choque positivo na incerteza imobiliária leva, com significância, a uma redução na renda pessoal per capita e no emprego e a um aumento na taxa de desemprego em todos os estados, mas o impacto no momento do choque é diferente entre os estados.

Em relação à renda per capita, os estados de North Dakota, Washington e Wyoming apresentaram uma queda maior, enquanto Kentucky, Maryland e Pennsylvania apresentaram uma magnitude menor. Em relação ao nível de emprego, Louisiana, North Dakota e Nevada apresentaram uma queda maior, enquanto Alabama, Iowa e Nebraska tiveram um efeito menor. Por fim, em relação à taxa de desemprego, Louisiana, Idaho e Wyoming tiveram um aumento maior, enquanto Alaska, California e Connecticut tiveram um aumento menor. Isso pode ser observado nas figuras B.3 a B.11, no Apêndice B. Podemos perceber a presença de heterogeneidade nas respostas dos estados diante de um choque de incerteza imobiliária. Por conta disso, faz-se necessária a investigação dos fatores associados a essas diferenças. Assim, as possíveis explicações para essas heterogeneidades vão ser exploradas na próxima seção. Na seção 2.4.4 mostraremos as IRFs regionais e faremos comparações entre elas e as medidas de incerteza.

A Figura 2.2 apresenta a mediana dos resultados estaduais das funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita, do emprego e da taxa de desemprego em decorrência de um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza imobiliária estadual. Em termos qualitativos, por construção, a renda pessoal per capita e o emprego respondem negativamente a um choque positivo de incerteza, enquanto a taxa de desemprego responde positivamente. Esses resultados estão em linha com os apresentados por [Mumtaz \(2018\)](#), [Mumtaz et al. \(2018\)](#) e [Jurado et al. \(2015\)](#). Vale destacar que a restrição de sinais foi feita apenas no impacto do choque, mas mesmo assim os sinais esperados se mantiveram por aproximadamente 8 trimestres, o que dá robustez a estratégia utilizada.

Em termos quantitativos, podemos observar que um choque de 1 desvio padrão na incerteza

Figura 2.2: Funções de impulso-resposta a um choque de incerteza no mercado imobiliário.



Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário. A linha sólida azul representa a mediana das respostas estaduais diante de um choque incerteza imobiliária estadual, criada pelo presente trabalho. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

imobiliária, num primeiro momento, leva a uma queda de aproximadamente 0,2% na renda pessoal per capita, próximo de 0,07% no emprego e um aumento em torno de 0,7% na taxa de desemprego. Em meados do oitavo trimestre, o efeito da incerteza atinge o seu ápice, atingindo -0,35%, -0,24% e 1,89%, respectivamente, se dissipando apenas próximo do trigésimo trimestre, mostrando ser um choque duradouro.

Autores como [Iacoviello & Neri \(2010\)](#) e [Iacoviello \(2005\)](#), falaram da importância do setor imobiliário para a atividade real dos Estados Unidos. Segundo eles, a utilização dos imóveis como garantia de empréstimos seria o canal de transmissão entre os choques nesse setor e os efeitos no resto da economia. Relacionando isso com a incerteza, através do canal de opções reais, elucidado por [Bernanke \(1983\)](#), podemos levantar uma hipótese interessante para explicar o efeito contracíclico da incerteza do mercado imobiliário na atividade real dos Estados Unidos.

Segundo esse canal, um ambiente com incerteza gera uma falta de segurança financeira e de previsibilidade quanto ao futuro. Associado a isso, a compra de imóveis tem um caráter de irreversibilidade, pois não é possível revertê-la sem arcar com custos altos, assim, as pessoas optariam por reduzir o seu consumo de imóveis diante de um choque de incerteza.

De acordo com a lei da demanda e supondo flexibilidade nos preços, com menos pessoas comprando imóveis, os preços desses caem e como o valor dos imóveis serve de garantia para empréstimos, um menor valor de empréstimos vai ser obtido. Com essa redução, as pessoas consumiriam ainda menos de outros bens. Em resposta a isso, as firmas reduziriam o número de funcionários e os salários dos que se mantivessem no emprego, visando reduzir os seus custos, o que causaria a redução da renda pessoal e aumento na taxa de desemprego ([Iacoviello & Neri \(2010\)](#), [Christou et al. \(2017\)](#)).

2.4.3 Heterogeneidade nas respostas dos estados a um choque de incerteza do mercado imobiliário

Em busca de entender por que alguns estados tiveram magnitudes diferentes em suas respostas aos choques de incerteza, fizemos uma regressão transversal entre as respostas acumuladas das funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita, do emprego e da taxa de desemprego para um horizonte de 40 trimestres e os regressores que representam a heterogeneidade na estrutura da produção, no grau de fricção financeira e na situação fiscal dos estados. Foram considerados os erros-padrões robustos nas regressões, resultado da correção quanto à heterocedasticidade dos erros.

A Tabela 2.2 apresenta os resultados dessa regressão transversal. As colunas (1), (2) e (3) mostram as funções de impulso-resposta acumuladas da renda pessoal per capita, do emprego e da taxa de desemprego como variáveis dependentes, respectivamente, e as relacionam com a proporção das indústrias em relação ao PIB nominal de cada estado.

Na coluna (1), o coeficiente negativo do setor de petróleo e gás indica que estados com uma maior concentração desse setor têm um impacto negativo no crescimento da renda pessoal per capita. Isso corrobora com a hipótese apresentada na seção 2.3.1, que diz que se os choques de incerteza afetarem o preço das commodities, como por exemplo o petróleo, a resposta dos preços delas pode afetar os estados com maior concentração desse tipo de indústria. Isso faz sentido para os Estados Unidos, pois são um país que não tem políticas para absorver as oscilações dos preços das commodities. Assim, se a incerteza aumentar o preço do petróleo, por exemplo, vai encarecer toda uma cadeia produtiva dependente desse insumo. A depender do quanto isso encarecer os custos, as firmas podem reduzir os salários de seus funcionários para compensar esse aumento, causando uma redução na renda pessoal per capita.

O coeficiente negativo do setor de finanças sugere que estados com uma maior concentração desse setor têm um impacto negativo no crescimento da renda pessoal per capita. Esse resultado corrobora com a hipótese elucidada na seção 2.3.1, que afirma que quando os contratos financeiros estão sujeitos a problemas de agência ou de risco moral, um aumento na incerteza aumenta o prêmio sobre o financiamento externo, levando a um aumento no custo de capital e a uma queda no investimento das empresas, o que reduz a renda pessoal per capita consequentemente.

O coeficiente positivo do mercado imobiliário sugere que estados com uma maior concentração desse setor sofrerão menos em relação às suas rendas pessoais diante de uma incerteza. Esse resultado combinado ao coeficiente negativo para o setor de finanças, sugere que o canal no qual a incerteza imobiliária afeta a economia se dá pelo mercado financeiro e não pelo mercado imobiliário em si. Isso está coerente com o caso dos Estados Unidos, no qual a sua crise financeira de 2008 foi consequência do papel do mercado financeiro no setor imobiliário.

Na coluna (2), o coeficiente negativo do setor de finanças sugere que estados com uma maior concentração desse setor têm um impacto negativo no crescimento do nível de emprego. Esse comportamento corrobora com a hipótese destacada na seção 2.3.1 e complementa o que foi

comentado sobre o papel desse setor da renda pessoal per capita, pois caso a incerteza gere uma queda no investimento das empresas pode reduzir a renda pessoal per capita, bem como reduzir o emprego também, de forma a reduzir os custos das empresas e minimizar os impactos adversos da incerteza.

O coeficiente positivo no setor imobiliário sugere que estados com uma maior concentração desse setor sofrem menos com a incerteza. A explicação para esse resultado pode ser a mesma utilizada para explicar a renda pessoal, a qual afirma que esse resultado combinado ao coeficiente negativo pro setor de finanças, sugere que o canal no qual a incerteza imobiliária afeta a atividade econômica se dá pelo mercado financeiro e não pelo mercado imobiliário em si.

Já na coluna (3), o coeficiente positivo no setor de finanças sugere que estados com uma maior concentração desse setor têm um impacto de elevação na taxa de desemprego e o coeficiente negativo no setor imobiliário sugere que estados com uma maior concentração desse setor enfrentam uma redução da taxa de desemprego. Percebe-se que esses coeficientes apresentaram sinal contrário ao do nível de emprego, o que é esperado, já que um é o oposto do outro. Os resultados encontrados para o setor de finanças corroboram com os descobertos por [Mumtaz \(2018\)](#) e [Mumtaz et al. \(2018\)](#).

As colunas (4), (5) e (6) mostram as funções de impulso-resposta acumuladas da renda pessoal per capita, do emprego e da taxa de desemprego como variáveis dependentes, respectivamente, e as relacionam com os regressores que representam a fricção financeira dos estados. No entanto não foi possível encontrar resultados significantes.

As colunas (7), (8) e (9) mostram as funções de impulso-resposta acumuladas da renda pessoal per capita, do emprego e da taxa de desemprego como variáveis dependentes, respectivamente, e as relacionam com os regressores que representam a situação fiscal dos estados. No entanto não foi possível encontrar resultados significantes.

2.4.4 Resultados adicionais

Nesta seção mostramos algumas análises adicionais utilizando nossa medida de incerteza. Na Figura 2.3 fizemos uma comparação, entre o segundo trimestre de 1995 e o último trimestre de 2017, da incerteza nacional, representada pela mediana de todos os estados e mostrada anteriormente na Figura 2.1 (linha preta sólida), e as incertezas regionais (linhas tracejadas), representadas pela mediana dos estados que compõem cada região. Ela está dividida em dois painéis: painel (a), composto pelas regiões de New England, Middle Atlantic, East North Central, West North Central, South Atlantic, e o painel (b), composto pelas regiões de East South Central, West South Central, Mountain e Pacific.

Nota-se que a incerteza de todas as regiões é maior durante a crise de 2008. No entanto, percebem-se algumas heterogeneidades entre elas. Por exemplo, as regiões de New England, East South Central e East South Central apresentam os maiores picos de incerteza, enquanto Middle Atlantic e West South Central apresentam os menores. Além disso, New England,

South Atlantic e East South Central, apresentaram picos de incerteza em outros períodos além desse. É interessante notar também que Mountain mantém um nível de incerteza maior do que a mediana das regiões durante toda a série temporal.

A Figura 2.4 apresenta a mediana das incertezas estaduais do setor imobiliário, criada pelo nosso trabalho e mostrada anteriormente no gráfico 2.1, a qual chamaremos Incerteza Imobiliária estadual (IIE), a medida de incerteza nacional para esse mesmo setor criada por [Nguyen Thanh et al. \(2020\)](#), a qual chamaremos de Incerteza Imobiliária Nacional (IIN) e a medida de incerteza macroeconômica nacional, criada por [Jurado et al. \(2015\)](#), referida como EMN. Incluímos uma linha horizontal tracejada que indica 1.65 desvios-padrões acima da média de cada série para representar períodos de alta incerteza. Todas se referem a um horizonte de previsão de quatro trimestres e as séries vão do segundo trimestre de 1995 ao segundo trimestre de 2017.

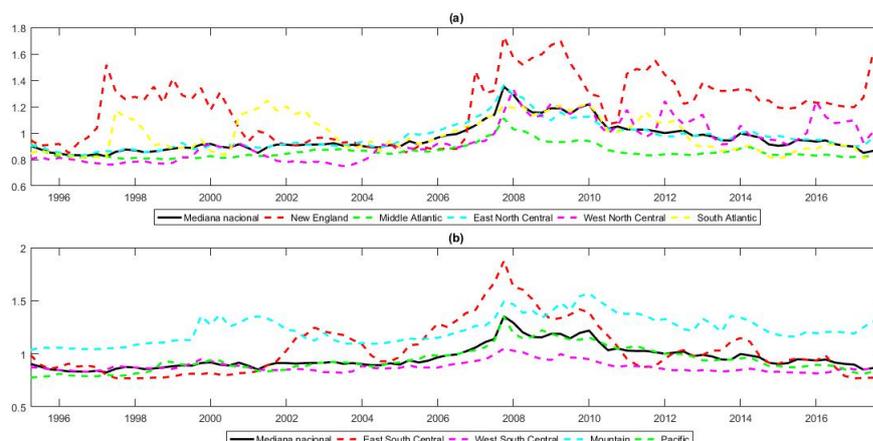
Tabela 2.2: Resultados da regressão transversal

Regressores	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Agricultura	-0.134 (0.149)	0.055 (0.132)	-0.354 (0.905)						
Petróleo e gás	-0.340*** (0.082)	-0.175 (0.167)	3.244 (2.062)						
Manufatura	0.029 (0.067)	-0.004 (0.061)	0.588 (0.436)						
Finanças	-0.356*** (0.083)	-0.244** (0.077)	1.586* (0.543)						
Mineração	0.023 (0.083)	-0.001 (0.119)	-0.381 (1.356)						
Construção civil	-0.190 (0.355)	-1.013 (0.392)	6.382 (2.71)						
Setor imobiliário	0.501** (0.157)	0.571** (0.159)	-3.08** (0.993)						
Setor público	-0.102 (0.083)	-0.169 (0.088)	1.292 (0.650)						
Firmas pequenas				-0.045 (10.529)	11.056 (9.003)	-80.984 (73122)			
Taxa de imóveis ocupados pelo proprietário				10.480 (7.901)	4.256 (6.842)	-2.532 (52.403)			
Taxa de vacância de venda de imóvel				275.61 (105.13)	140.59 (116.98)	-1718.85 (1161.87)			
Taxa de vacância de aluguel de imóveis				-100.70 (46.583)	-54.916 (45.197)	350.12 (412.79)			
Bancos pequenos				-6.248 (3.464)	-3.287 (3.239)	18.699 (28.665)			
Receita							3.359 (5.440)	3.430 (3.958)	-47.978 (33.189)
Gastos com bem-estar							10.567 (12.175)	9.904 (9.873)	-20.963 (82.391)
Gastos com subsídios							-79.734 (45.235)	-90.496 (53.795)	754.822 (510.76)
Saldo orçamentário							0.425 (4.592)	1.571 (4.015)	-7.457 (33.971)
Dívida							-0.332 (2.106)	-1.138 (1.444)	7.441 (8.261)
Observações	51	51	51	51	51	51	51	51	51
R^2	0.98	0.96	0.92	0.97	0.93	0.85	0.96	0.93	0.84

Nota(s): Resultados da regressão transversal. As colunas (1), (2) e (3) mostram as funções de impulso-resposta acumuladas da renda pessoal per capita, do emprego e da taxa de desemprego como variáveis dependentes, respectivamente, e as relacionam com os regressores que representam os setores econômicos dos estados. As colunas (4), (5) e (6) mostram as funções de impulso-resposta acumuladas da renda pessoal per capita, do emprego e da taxa de desemprego como variáveis dependentes, respectivamente, e as relacionam com os regressores que representam a fricção financeira dos estados. As colunas (7), (8) e (9) mostram as funções de impulso-resposta acumuladas da renda pessoal per capita, do emprego e da taxa de desemprego como variáveis dependentes, respectivamente, e as relacionam com os regressores que representam a situação fiscal dos estados. Todos os modelos incluem *dummies* regionais. Os erros padrões robustos estão entre parênteses. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$ e *** $p < 0.01$.

Percebe-se que todas as medidas de incerteza apresentam um elevado nível durante o período da Crise de 2008-2009, das quais a IIE apresenta o maior pico. Observa-se também que após esse período, a EMN cai consideravelmente, enquanto a IIN permanece elevada, caindo

Figura 2.3: Mediana das incertezas imobiliárias regionais



Nota(s): A linha sólida preta representa a incerteza nacional, obtida pela mediana das incertezas estaduais e as linhas tracejadas representam as incertezas regionais, calculadas através da mediana dos estados que compõem cada região. As séries compreendem o período entre o segundo trimestre de 1995 e o último trimestre de 2017.

levemente, mas sem voltar ao patamar original. A IIE também cai, mas numa velocidade menor que a IMN, terminando a série num patamar maior do que o do início dela.

Essa observação corrobora com o que foi constatado pelo trabalho de [Nguyen Thanh et al. \(2020\)](#), que afirma que a incerteza no mercado imobiliário durou consideravelmente mais tempo do que a incerteza econômica geral. Fazendo algumas estatísticas descritivas para as medidas IIE, IIN e IMN, observa-se que ela possuem médias parecidas, de 0.96, 0.98 e 0.91, respectivamente. O desvio-padrão foi de 0.11, 0.02 e 0.05, respectivamente. A IIE possui desvio-padrão maior, provavelmente porque ela representa a mediana das incertezas dos 51 estados.

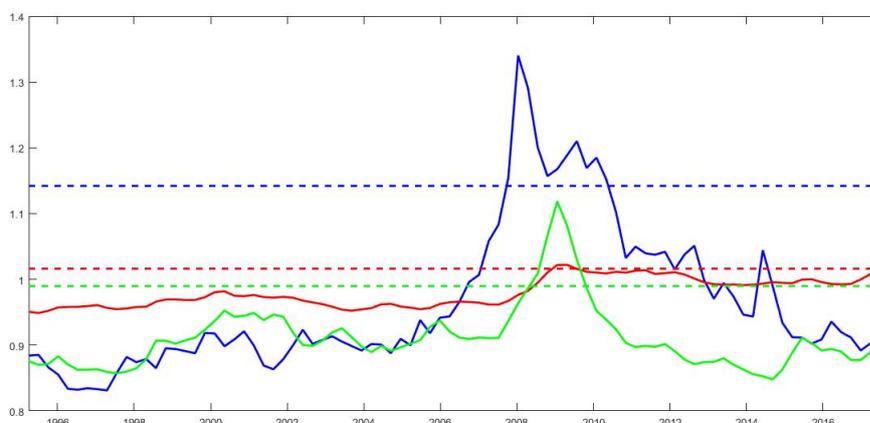
A Figura 2.5 apresenta uma comparação entre as funções de impulso-resposta nacionais da renda pessoal per capita, do emprego e da taxa de desemprego, representadas pela mediana das respostas de todos os estados, que foi mostrada anteriormente na Figura 2.2 (linha preta sólida), e as respostas para essas variáveis em nível regional, representada pela mediana das respostas dos estados que compõem cada região (linhas tracejadas).

Em relação à renda pessoal per capita, os painéis (a) e (b) mostram que, por construção, a incerteza do mercado imobiliário teve um impacto negativo em todas as regiões, das quais West North Central, Mountain e West South Central apresentaram uma maior magnitude em relação às outras regiões, enquanto Middle Atlantic, East North Central e East South Central responderam menos aos choques de incerteza.

Em relação ao emprego, os painéis (c) e (d) apresentam que a incerteza do mercado imobiliário teve um impacto negativo em todas as regiões, das quais South Atlantic e Mountain responderam mais fortemente ao choque de incerteza, enquanto a região de Middle Atlantic e Pacific responderam menos.

Em relação à taxa de desemprego, os painéis (e) e (f) mostram que a incerteza do mercado imobiliário teve um impacto positivo em todas as regiões, as quais tiveram impacto muito pare-

Figura 2.4: Comparação entre as medidas de incerteza imobiliária estadual (IIE), nacional (IIN) e a macroeconômica nacional (IMN).



Nota(s): A linha sólida azul representa a mediana das incertezas imobiliárias estaduais, criada pelo nosso trabalho, enquanto a linha sólida vermelha representa a incerteza imobiliária nacional, criada por [Nguyen Thanh et al. \(2020\)](#). E a linha verde apresenta a incerteza macroeconômica nacional, criada por [Jurado et al. \(2015\)](#). O período de análise vai do segundo trimestre de 1995 ao segundo trimestre de 2016. As linhas horizontais tracejadas indicam 1.65 desvios padrões acima da média de cada série, representando períodos de alta incerteza.

cido, exceto por Mountain, South Atlantic, que tiveram um leve impacto maior, enquanto Middle Atlantic e Pacific, responderam menos aos choques num primeiro momento, mas depois se aproximaram da mediana regional.

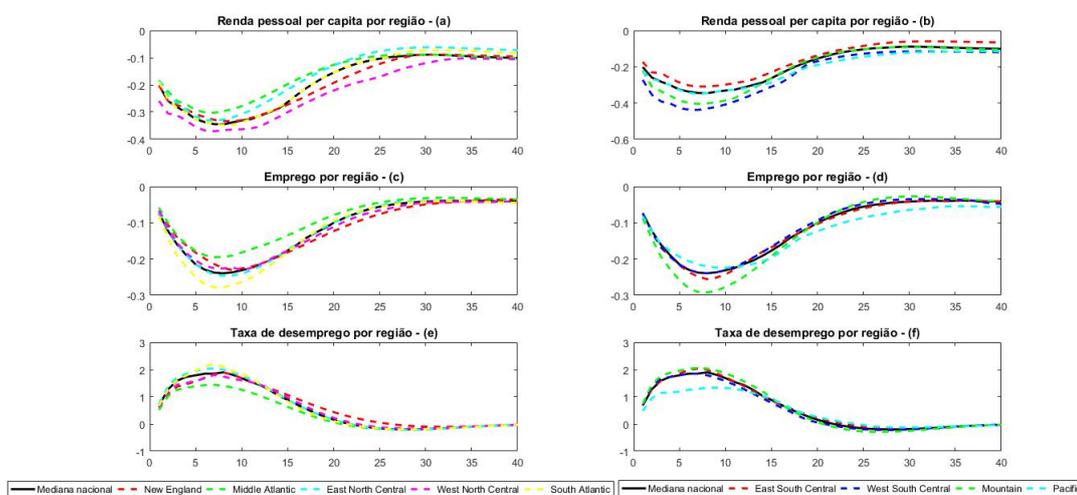
Fazendo uma comparação com a Figura 2.3, é interessante notar que Mountain apresentou um dos maiores picos de incerteza e acabou tendo um impacto adverso maior na renda pessoal, no emprego e na taxa de desemprego. South Atlantic também, mas seu impacto adverso foi no emprego e na taxa de desemprego. No entanto, as regiões de New England e East South Central tiveram os maiores picos de incerteza, mas seus impactos não se destacaram em relação à mediana regional. Por outro lado, Middle Atlantic teve o menor pico de incerteza e acabou tendo os menores efeitos nessas três variáveis.

É importante mencionar que essa análise desagregada, seja por região, feita nessa seção, ou por estado, feita na seção 2.4.3, é fundamental para entendermos um pouco mais sobre as dinâmicas desses locais, sobre quais sofrem mais ou menos com os impactos adversos da incerteza, para que as políticas públicas sejam feitas de forma mais assertiva e eficiente.

A Figura 2.6 apresenta a mediana dos resultados das funções de impulso-resposta estaduais para a renda pessoal per capita, para o emprego e para a taxa de desemprego, em decorrência de um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza criada pelo presente trabalho (IIE), mostrada anteriormente na Figura 2.2, e na medida de incerteza imobiliária nacional, criada por [Nguyen Thanh et al. \(2020\)](#) (IIN).

As funções de impulso-resposta das três variáveis são qualitativamente semelhantes e significantes para as duas medidas de incerteza e, por construção, a renda pessoal per capita e o emprego respondem negativamente a um choque positivo de incerteza, enquanto a taxa de de-

Figura 2.5: Funções de impulso-resposta regionais diante de um choque de incerteza do mercado imobiliário



Nota(s): As linhas sólidas pretas representa as funções de impulso resposta nacionais para a renda pessoal per capita, para o emprego e a taxa de desemprego diante de um choque de 1 desvio-padrão na incerteza, obtida através da mediana das IRFS estaduais. As linhas tracejadas representam as funções de impulso resposta regionais, calculadas como a mediana das IRFS dos estados que compõem cada região.

semprego responde positivamente. Esses resultados estão em linha com os apresentados por Mumtaz (2018), Mumtaz et al. (2018) e Jurado et al. (2015) e as possíveis explicações para esses comportamentos foram feitas na seção 2.4.2.

Em termos quantitativos, podemos observar que um choque de 1 desvio padrão nas duas medidas leva, num primeiro momento, a uma resposta semelhante entre as duas medidas. No entanto, em meados do oitavo trimestre a IIN apresenta uma magnitude maior em relação a IIE. Apesar disso, a IIE é mais persistente, demorando mais do que a IIN à se aproximar do estado estacionário.

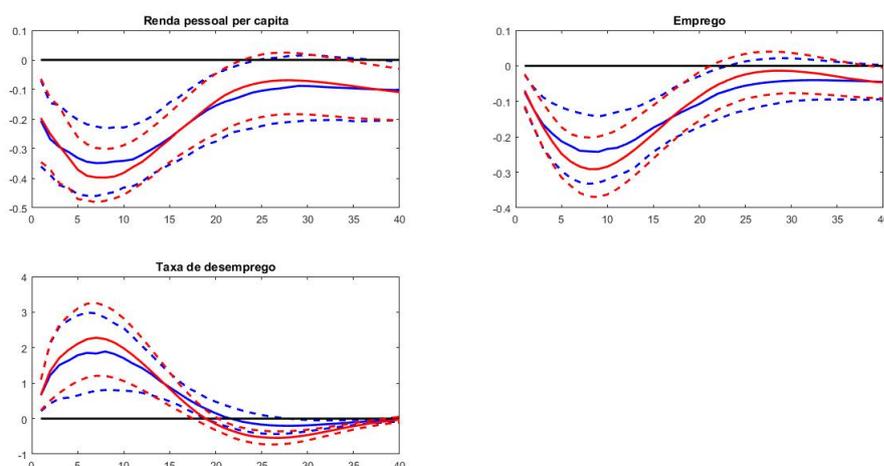
É importante salientar que apesar dos resultados das medianas estaduais das IRFS serem parecidas para as duas medidas, podemos fazer algumas comparações interessantes entre elas em termos de política pública. Por exemplo, como a IIE tem um menor impacto no início e tem mais persistência, uma política pública que seguisse essa medida, deveria ser mais suave no início e perene no final. Por outro lado, como a IIN em um impacto maior no início, mas tem uma menor persistência, a política deveria agir de forma contrária, isto é, mais intensa no início e mais suave no final.

Buscamos analisar também o impacto da medida de incerteza do setor imobiliário em variáveis habitacionais. Para isso, refizemos a nossa medida, excluindo o índice de preço dos imóveis para poder utilizá-lo no PVAR. Em seguida estimamos o PVAR bayesiano com priori hierárquica, com identificação via restrição de sinais e com defasagem de 4 trimestres.

As variáveis independentes utilizadas foram a renda pessoal per capita, o emprego total, a taxa de desemprego total, que são as mesmas variáveis utilizadas no PVAR da seção 2.4.2²³, e

²³Na seção 2.4.2 me refere a elas como emprego e taxa de desemprego, mas para diferenciar do emprego na construção civil, nesta seção me referi a elas como emprego total e taxa de desemprego total.

Figura 2.6: Funções de impulso-resposta diante de um choque de incerteza no mercado imobiliário - comparação entre IIE e IIN



Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário. A linha sólida azul representa a mediana das respostas estaduais diante de um choque incerteza imobiliária estadual, criada pelo presente trabalho. A linha sólida vermelha representa a mediana das respostas estaduais diante de um choque incerteza imobiliária nacional, criada por [Nguyen Thanh et al. \(2020\)](#). As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

incluímos também o índice de preços dos imóveis, citada na seção 2.3.1, e o emprego do setor de construção²⁴. Não conseguimos encontrar uma variável de emprego específica para o setor de construção de imóveis em nível estadual, então utilizamos o emprego no setor de construção civil estadual para representá-la, pois o setor de habitação está dentro dele.

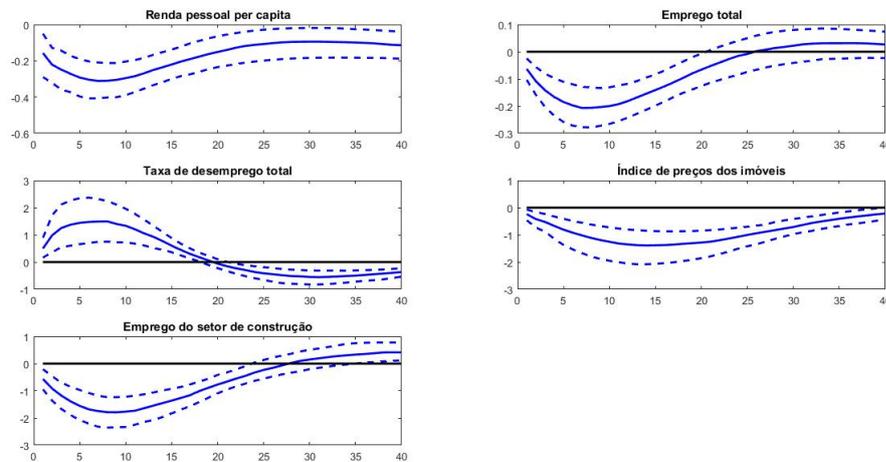
Os sinais esperados das três primeiras variáveis já foram apresentados na Tabela 2.1. Quanto às últimas duas variáveis, espera-se que um choque positivo de incerteza no mercado imobiliário gere uma redução nos preços dos imóveis e uma redução no nível de emprego do setor de construção. Esses sinais esperados seguem o trabalho de [Nguyen Thanh et al. \(2020\)](#), que encontra que um choque positivo na incerteza imobiliária leva a uma redução no preço dos imóveis e no emprego no setor de construção.

A Figura 2.7 apresenta a mediana dos resultados estaduais das funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita, do emprego total, da taxa de desemprego total, do emprego no setor de construção e do preço dos imóveis, em decorrência de um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza imobiliária estadual. Observa-se que, por construção e com significância, a renda pessoal per capita, o emprego total, o emprego no setor de construção e o preço dos imóveis respondem negativamente a um choque positivo de incerteza, enquanto a taxa de desemprego responde positivamente.

A explicação para esse comportamento complementa o que foi dito na seção 2.4.2. Através

²⁴O nome original dessa medida de emprego é *all employees, construction* e, de acordo com o FRED, representa os funcionários da construção no setor de construção, que incluem: Supervisores de trabalho, artesãos qualificados, mecânicos, aprendizes, ajudantes, trabalhadores etc. de construção ou em oficinas ou estaleiros em trabalhos (como pré-corte e pré-montagem) normalmente executados por membros das profissões de construção.

Figura 2.7: Funções de impulso-resposta diante de um choque de incerteza no mercado imobiliário



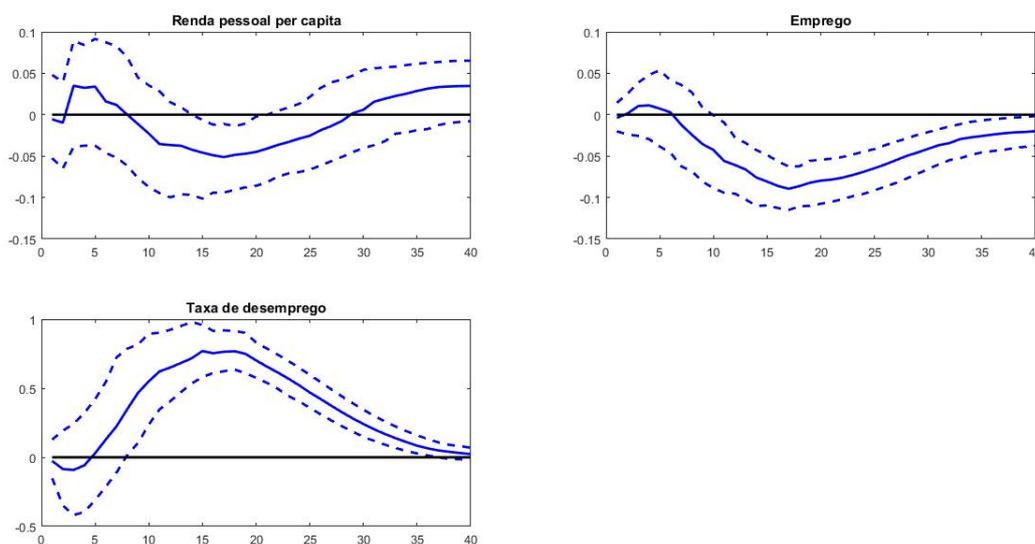
Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

do canal de opções reais e do caráter de irreversibilidade que a compra do imóvel tem, diante de um choque de incerteza no setor imobiliário, as pessoas optariam por reduzir o seu consumo de imóveis.

De acordo com a lei da demanda e supondo flexibilidade nos preços e a possibilidade de se usar o imóvel como garantia para os empréstimos, com menos pessoas comprando imóveis, os preços desses caem e um menor valor de empréstimos vai ser obtido. Com essa redução, as pessoas consumiriam ainda menos de outros bens também. Em resposta a isso, as firmas reduziriam a contratação de funcionários nesse setor e reduziria o salários dos funcionários que permaneceriam empregados, visando reduzir os seus custos, o que diminuiria a renda pessoal e aumentariam a taxa de desemprego, conseqüentemente. Dada a importância desse setor na economia dos Estados Unidos e a sua integração em outros setores, há um efeito em cadeia, afetando negativamente o emprego e a renda das pessoas.

Por fim, a última análise que fizemos foi estimar o PVAR bayesiano com priori hierárquica, com identificação recursiva e defasagem de quatro trimestres. Seguimos o trabalho de [Mumtaz \(2018\)](#) e ordenamos da seguinte forma: medida de incerteza imobiliária, renda pessoal per capita, emprego e taxa de desemprego. A figura 2.8 apresenta a mediana dos resultados estaduais das funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita, do emprego e da taxa de desemprego em decorrência de um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza. Percebemos que as curvas se comportam de forma semelhante às das IRFs com restrições de sinais (figura 2.2), apesar de nos primeiros trimestres após o choque apresentarem divergências de sinal e de significância. Isso fortalece os resultados que encontramos, servindo de teste robustez para o nosso trabalho.

Figura 2.8: Funções de impulso-resposta diante de um choque de incerteza no mercado imobiliário - identificação recursiva



Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário, feito com identificação recursiva. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

2.5 Conclusão

Este artigo investigou os efeitos de um choque de incerteza oriundo do setor imobiliário estadual sobre a atividade real das unidades federativas dos Estados Unidos. Para isso foi construída uma medida de incerteza estadual para esse setor, definida como a volatilidade condicional no erro de previsão das variáveis desse mercado. Em seguida, essa medida foi inserida num modelo de Vetores autorregressivos em painel utilizando métodos bayesianos, com priori hierárquica, onde o choque foi identificado por restrições de sinais. Por fim, este artigo investigou o papel das heterogeneidades dos estados nas respostas aos choques de incerteza do setor imobiliário, através de um modelo de regressão transversal entre as funções de impulso-resposta acumuladas da renda pessoal per capita, do emprego e do desemprego, para um horizonte de 40 trimestres, e os regressores que representam a heterogeneidade na estrutura da produção, no grau de fricção financeira e na situação fiscal dos estados.

Nossos resultados apontam, em primeiro lugar, altos níveis de incerteza em todos os estados durante a crise financeira de 2008-2009, mas com magnitudes diferentes entre eles. Quando comparamos a mediana dessas medidas de incertezas estaduais com a incerteza imobiliária nacional de [Nguyen Thanh et al. \(2020\)](#) e a incerteza macroeconômica nacional de [Jurado et al. \(2015\)](#), observamos que as medidas de incerteza estaduais se mantêm mais altas após a crise de 2008, o que corrobora os resultados de [Nguyen Thanh et al. \(2020\)](#), que mostra que a incerteza no mercado imobiliário permaneceu mais elevada por mais tempo do que a incerteza econômica geral.

No que se refere ao PVAR, um aumento da incerteza do mercado imobiliário tem impactos adversos na renda pessoal per capita, no emprego e na taxa de desemprego em todos os estados, mas com efeitos heterogêneos entre eles (Jurado et al., 2015; Mumtaz, 2018; Mumtaz et al., 2018). Comparada com os efeitos da medida nacional de incerteza imobiliária de Nguyen Thanh et al. (2020), os resultados são qualitativamente semelhantes, mas os efeitos da nossa medida apresentam maior persistência. Considerando os impactos da nossa medida em variáveis habitacionais, os resultados se mostraram igualmente adversos nos preços dos imóveis e no emprego na construção, corroborando o que foi encontrado por Nguyen Thanh et al. (2020).

Os resultados da regressão transversal entre o crescimento da renda pessoal, do emprego e da taxa de desemprego e as variáveis que representam a heterogeneidade dos estados, mostraram que estados com uma maior concentração dos setores financeiros são mais afetados pelos efeitos adversos dos choques de incerteza, enquanto estados com uma maior parcela do setor imobiliário são menos sensíveis. Esses resultados sugerem que o canal no qual a incerteza imobiliária afeta a atividade econômica se dá pelo mercado financeiro e não pelo mercado imobiliário em si.

Encontramos também que estados com maior concentração do setor de petróleo e gás sofrem mais com os impactos da incerteza. A ausência de mecanismos que compensem oscilações nos preços das commodities, torna esses estados mais vulneráveis à medida que choques de incerteza afetem os preços das commodities.

Este artigo faz contribuições em dois aspectos. No aspecto metodológico, ao encontrarmos que a heterogeneidade nos setores econômicos influencia nas respostas dos estados em relação a incerteza, pode servir de insumo para a construção de modelos teóricos, os quais destacariam tais setores de modo a utilizá-los como canais de transmissão do choque de incerteza imobiliária para a atividade econômica estadual. Além disso, ao compararmos o impacto da nossa medida estadual com a medida nacional de Nguyen Thanh et al. (2020) nos estados, acrescentamos à literatura a análise do impacto de uma medida nacional de incerteza do setor imobiliário nos estados, o que não havia sido feito antes.

No aspecto político, termos identificado respostas heterogêneas entre os estados, pode servir de insumo para os formuladores de políticas públicas, pois diante de um nova crise no setor imobiliário, eles podem dar prioridade às unidades federativas e aos setores econômicos mais sensíveis a esse tipo de choque adverso, melhorando a eficácia de suas ações. Além disso, ao constataremos que o efeito da nossa medida tem uma magnitude menor e uma persistência maior do que a de Nguyen Thanh et al. (2020), isso sugere que uma política que siga a nossa medida deva ser mais suave no início e perene no final.

Referências

- Aastveit, K. A., Natvik, G. J., & Sola, S. (2017). Economic uncertainty and the influence of monetary policy. *Journal of International Money and Finance*, 76, 50–67.
- Ahir, H., Bloom, N., & Furceri, D. (2022). The world uncertainty index. Technical report, National bureau of economic research.
- Alessandri, P. & Mumtaz, H. (2019). Financial regimes and uncertainty shocks. *Journal of Monetary Economics*, 101, 31–46.
- Arias, J. E., Rubio-Ramírez, J. F., & Waggoner, D. F. (2018). Inference Based on SVARs Identified with Sign and Zero Restrictions: Theory and Applications. *Econometrica*, 86(2), 685–720.
- Bachmann, R. & Bayer, C. (2013). 'wait-and-see' business cycles? *Journal of Monetary Economics*, 60(6), 704–719.
- Bachmann, R., Elstner, S., & Sims, E. R. (2013). Uncertainty and economic activity: Evidence from business survey data. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 5(2), 217–49.
- Baker, S. R., Bloom, N., & Davis, S. J. (2016). Measuring economic policy uncertainty. *The quarterly journal of economics*, 131(4), 1593–1636.
- Basu, S. & Bundick, B. (2017). Uncertainty shocks in a model of effective demand. *Econometrica*, 85(3), 937–958.
- Bernanke, B. S. (1983). Irreversibility, uncertainty, and cyclical investment. *The quarterly journal of economics*, 98(1), 85–106.
- Billio, M., Casarin, R., Ravazzolo, F., & Van Dijk, H. K. (2016). Interconnections between eurozone and us booms and busts using a bayesian panel markov-switching var model. *Journal of Applied Econometrics*, 31(7), 1352–1370.

-
- Bloom, N. (2009). The impact of uncertainty shocks. *econometrica*, 77(3), 623–685.
- Bloom, N. (2014). Fluctuations in uncertainty. *Journal of Economic Perspectives*, 28(2), 153–76.
- Bloom, N. (2017). Observations on uncertainty. *Australian Economic Review*, 50(1), 79–84.
- Bloom, N., Floetotto, M., Jaimovich, N., Saporta-Eksten, I., & Terry, S. J. (2018). Really uncertain business cycles. *Econometrica*, 86(3), 1031–1065.
- Boncianni, D. & Van Roye, B. (2016). Uncertainty shocks, banking frictions and economic activity. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 73, 200–219.
- Born, B. & Pfeifer, J. (2014). Policy risk and the business cycle. *Journal of Monetary Economics*, 68, 68–85.
- Calvo, G. A. (1983). Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of monetary Economics*, 12(3), 383–398.
- Carlino, G. & DeFina, R. (1998). The differential regional effects of monetary policy. *Review of economics and statistics*, 80(4), 572–587.
- Carlino, G., DeFina, R., et al. (1999). Do states respond differently to changes in monetary policy. *Business Review*, 2, 17–27.
- Carrière-Swallow, Y. & Céspedes, L. F. (2013). The impact of uncertainty shocks in emerging economies. *Journal of International Economics*, 90(2), 316–325.
- Carroll, C. D. & Kimball, M. S. (2008). *Precautionary saving and precautionary wealth*, *The New Palgrave Dictionary of Economics*, Eds. Steven N. Durlauf and Lawrence E. Blume. Palgrave Macmillan.
- Christou, C., Cunado, J., Gupta, R., & Hassapis, C. (2017). Economic policy uncertainty and stock market returns in pacific-rim countries: Evidence based on a bayesian panel var model. *Journal of Multinational Financial Management*, 40, 92–102.
- Christou, C., Gupta, R., & Hassapis, C. (2017). Does economic policy uncertainty forecast real housing returns in a panel of oecd countries? a bayesian approach. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 65, 50–60.
- Christou, C., Gupta, R., & Nyakabawo, W. (2019). Time-varying impact of uncertainty shocks on the us housing market. *Economics Letters*, 180, 15–20.
- Chugh, S. K. (2016). Firm risk and leverage-based business cycles. *Review of Economic Dynamics*, 20, 111–131.

-
- Chung, E.-C. & Haurin, D. R. (2002). Housing choices and uncertainty: the impact of stochastic events. *Journal of Urban Economics*, 52(2), 193–216.
- Davis, M. A. & Heathcote, J. (2005). Housing and the business cycle. *International Economic Review*, 46(3), 751–784.
- Davis, M. A. & Van Nieuwerburgh, S. (2015). Housing, finance, and the macroeconomy. In *Handbook of regional and urban economics*, volume 5 (pp. 753–811). Elsevier.
- Dieppe, A., van Roye, B., & Legrand, R. (2016). The BEAR toolbox. Working Paper Series 1934, European Central Bank.
- Dorofeenko, V., Lee, G. S., & Salyer, K. D. (2014). Risk shocks and housing supply: A quantitative analysis. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 45, 194–219.
- Dunteman, G. H. (1989). *Principal components analysis*. Number 69. Sage.
- Fasani, S. & Rossi, L. (2018). Are uncertainty shocks aggregate demand shocks? *Economics Letters*, 167, 142–146.
- Fernández-Villaverde, J., Guerrón-Quintana, P., Rubio-Ramírez, J. F., & Uribe, M. (2011). Risk matters: The real effects of volatility shocks. *American Economic Review*, 101(6), 2530–61.
- Fernández-Villaverde, J. & Rubio-Ramírez, J. (2010). Macroeconomics and volatility: Data, models, and estimation. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Fernández-Villaverde, J. & Rubio-Ramírez, J. F. (2007). Estimating macroeconomic models: A likelihood approach. *The Review of Economic Studies*, 74(4), 1059–1087.
- Fu, Y. (1995). Uncertainty, liquidity, and housing choices. *Regional Science and Urban Economics*, 25(2), 223–236.
- Garriga, C., Manuelli, R., & Peralta-Alva, A. (2019). A macroeconomic model of price swings in the housing market. *American Economic Review*, 109(6), 2036–72.
- Geweke, J. (1992). Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculations of posterior moments. *Bayesian statistics*, 4, 641–649.
- Gupta, R. & Sun, X. (2020). Housing market spillovers in south africa: evidence from an estimated small open economy dsge model. *Empirical Economics*, 58(5), 2309–2332.
- Haurin, D. R. (1991). Income variability, homeownership, and housing demand. *Journal of Housing Economics*, 1(1), 60–74.
- Husted, L., Rogers, J., & Sun, B. (2020). Monetary policy uncertainty. *Journal of Monetary Economics*, 115, 20–36.

-
- Iacoviello, M. (2005). House prices, borrowing constraints, and monetary policy in the business cycle. *American economic review*, 95(3), 739–764.
- Iacoviello, M. & Neri, S. (2010). Housing market spillovers: Evidence from an estimated dsge model. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2, 125–164.
- Jarocinski, M. (2010). Responses to monetary policy shocks in the east and the west of Europe: a comparison. *Journal of Applied Econometrics*, 25(5), 833–868.
- Jurado, K., Ludvigson, S. C., & Ng, S. (2015). Measuring uncertainty. *American Economic Review*, 105(3), 1177–1216.
- Justiniano, A. & Primiceri, G. E. (2008). The time-varying volatility of macroeconomic fluctuations. *American Economic Review*, 98(3), 604–41.
- Kashyap, A. K. & Stein, J. C. (1995). The impact of monetary policy on bank balance sheets. In *Carnegie-rochester conference series on public policy*, volume 42, (pp. 151–195). Elsevier.
- Knight, F. H., Risk, U., & Profit, H. (1921). *Schaffner & marx*. New York.
- Leamer, E. E. (2007). Housing is the business cycle.
- Leduc, S. & Liu, Z. (2016). Uncertainty shocks are aggregate demand shocks. *Journal of Monetary Economics*, 82, 20–35.
- Ludvigson, S. C., Ma, S., & Ng, S. (2015). Uncertainty and business cycles: exogenous impulse or endogenous response? Technical report, National Bureau of Economic Research.
- McCracken, M. & Ng, S. (2020). Fred-qd: A quarterly database for macroeconomic research. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Miles, W. (2009). Irreversibility, uncertainty and housing investment. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 38(2), 173–182.
- Mumtaz, H. (2018). Does uncertainty affect real activity? evidence from state-level data. *Economics Letters*, 167, 127–130.
- Mumtaz, H., Sunder-Plassmann, L., & Theophilopoulou, A. (2018). The state level impact of uncertainty shocks. *Journal of Money, Credit and Banking*, 50, 1879–1899.
- Mumtaz, H. & Surico, P. (2018). Policy uncertainty and aggregate fluctuations. *Journal of Applied Econometrics*, 33(3), 319–331.
- Ng, E. C. (2015). Housing market dynamics in china: Findings from an estimated dsge model. *Journal of Housing Economics*, 29, 26–40.

Nguyen Thanh, B., Strobel, J., & Lee, G. (2020). A new measure of real estate uncertainty shocks. *Real Estate Economics*, 48(3), 744–771.

Robst, J., Deitz, R., & McGoldrick, K. (1999). Income variability, uncertainty and housing tenure choice. *Regional Science and Urban Economics*, 29(2), 219–229.

Sanguansat, P. (2012). *Principal component analysis*. BoD–Books on Demand.

Strobel, J., Nguyen Thanh, B., & Lee, G. (2020). Effects of macroeconomic uncertainty and labor demand shocks on the housing market. *Real Estate Economics*, 48(2), 345–372.

Apêndice A - Informações adicionais

A.1 Equações restantes do modelo

No equilíbrio, os dividendos pagos às famílias pacientes e impacientes, são respectivamente iguais a:

$$Div_t^P = \frac{X_t - 1}{X_t} Y_t + \frac{X_{wc,t}^P - 1}{X_{wc,t}^P} w_{c,t}^P n_{c,t}^P + \frac{X_{wh,t}^P - 1}{X_{wh,t}^P} w_{h,t}^P n_{h,t}^P \quad (\text{A.1})$$

$$Div_t^I = \frac{X_{wc,t}^I - 1}{X_{wc,t}^I} w_{c,t}^I n_{c,t}^I + \frac{X_{wh,t}^I - 1}{X_{wh,t}^I} w_{h,t}^I n_{h,t}^I \quad (\text{A.2})$$

Além disso, as formas funcionais para o custo de ajustamento do capital, para a taxa de utilização do capital no setor não habitacional e no habitacional, são respectivamente iguais a:

$$\phi_t = \frac{\phi_{kc}}{2G_{IK_c}} \left(\frac{k_{c,t}}{k_{c,t-1}} - G_{IK_c} \right)^2 \frac{k_{c,t-1}}{(1 + \gamma_{AK})^t} + \frac{\phi_{kh}}{2G_{IK_h}} \left(\frac{k_{h,t}}{k_{h,t-1}} - G_{IK_h} \right)^2 k_{h,t-1} \quad (\text{A.3})$$

$$a(z_{c,t}) = R_c \left(\frac{\varpi z_{c,t}^2}{2} + (1 - \varpi) z_{c,t} + \left(\frac{\varpi}{2} - 1 \right) \right) \quad (\text{A.4})$$

$$a(z_{h,t}) = R_h \left(\frac{\varpi z_{h,t}^2}{2} + (1 - \varpi)z_{h,t} + \left(\frac{\varpi}{2} - 1 \right) \right) \quad (\text{A.5})$$

Equações das variáveis baseadas nos dados:

$$C_t^{\text{Dados}} = c_t^P + c_t^I - C_{ss} + G_Y \quad (\text{A.6})$$

$$IH_t^{\text{Dados}} = IH_t - IH_{ss} + G_{IH} \quad (\text{A.7})$$

$$IK_t^{\text{Dados}} = k_{c,t+1} - (1 - \delta_{kc})k_{c,t} - G_{IK} + k_{h,t+1} - (1 - \delta_{kh})k_{h,t} - G_Y - Ik_{ss} + G_{IK} \quad (\text{A.8})$$

$$q_t^{\text{Dados}} = q_t - q_{ss} + G_q \quad (\text{A.9})$$

$$R_t^{\text{Dados}} = R_t - \log \frac{1}{\beta^P} \quad (\text{A.10})$$

$$n_{c,t}^{\text{Dados}} = \alpha n_{c,t}^P + (1 - \alpha)n_{c,t}^I - nc_{ss} \quad (\text{A.11})$$

$$n_{h,t}^{\text{Dados}} = \alpha n_{h,t}^P + (1 - \alpha)n_{h,t}^I - nh_{ss} \quad (\text{A.12})$$

$$GDP_t^{\text{Dados}} = \left[\left(\frac{e^{c_{ss}}}{e^{c_{ss}} + e^{q_{ss} + IH_{ss}} + e^{IN_{ss}}} \right) (C_t^{\text{dados}} - G_Y) \right] + \left[\left(\frac{e^{IN_{ss}}}{e^{c_{ss}} + e^{q_{ss} + IH_{ss}} + e^{IN_{ss}}} \right) (IN_t^{\text{dados}} - G_{IK}) \right] + \left(\frac{e^{q_{ss} + IH_{ss}}}{e^{c_{ss}} + e^{q_{ss} + IH_{ss}} + e^{IN_{ss}}} \right) (IH_t^{\text{dados}} - G_{IH}) \quad (\text{A.13})$$

Como dito na seção 1.3.9, o consumo e o investimento estão em log. As variáveis que possuem subscritos "ss" se referem aos seus valores no estado estacionário. As outras variáveis já foram explicadas na seção 1.3. Além disso, $G_{IK} = G_{IK_c} + G_{IK_h}$ e $G_Y = G_C + G_{IK} + G_{q \times IH}$.

A.2 Parâmetros do modelo: Definições, valores e fonte.

Tabela A.1: Parâmetros do modelo

Parâmetro	Descrição	Valor	Fonte
β^P	Fator de desconto da família paciente	0.9925	Iacoviello & Neri (2010)
β^I	Fator de desconto da família impaciente	0.97	Iacoviello & Neri (2010)
j	Peso da moradia na função utilidade	0.12	Iacoviello & Neri (2010)
μ_c	Parcela do capital na função de produção do setor não habitacional	0.35	Iacoviello & Neri (2010)
μ_h	Parcela do capital na função de produção do setor de habitação	0.10	Iacoviello & Neri (2010)
μ_l	Parcela da terra na função de produção do setor de habitação	0.10	Iacoviello & Neri (2010)
μ_b	Parcela dos bens intermediários na função de produção do setor de habitação	0.10	Iacoviello & Neri (2010)
δ_h	Taxa de depreciação da moradia no setor de habitação	0.01	Iacoviello & Neri (2010)
δ_{kc}	Taxa de depreciação do capital no setor de não habitacional	0.025	Iacoviello & Neri (2010)
δ_{kh}	Taxa de depreciação do capital no setor de habitação	0.03	Iacoviello & Neri (2010)
X	Markup entre o preço do bem final e o preço dos bens de atacado	1.15	Iacoviello & Neri (2010)
X_{wc}	Markup entre o salário pago pela firma não-habitacional e o recebido pelas famílias	1.15	Iacoviello & Neri (2010)
X_{wh}	Markup entre o salário pago pela firma de habitação e o recebido pelas famílias	1.15	Iacoviello & Neri (2010)
m	Razão empréstimo-valor do imóvel	0.85	Iacoviello & Neri (2010)
ρ_s	Persistência do choque objetivo da inflação	0.975	Iacoviello & Neri (2010)
ε^P	Hábitos de consumo para as famílias pacientes	0.32	Iacoviello & Neri (2010)
ε^I	Hábitos de consumo para as famílias impacientes	0.58	Iacoviello & Neri (2010)
η^P	Desutilidade do trabalho pra a família paciente	0.52	Iacoviello & Neri (2010)
η^I	Desutilidade do trabalho pra a família impaciente	0.51	Iacoviello & Neri (2010)
ξ^P	Elasticidade de substituição das horas trabalhadas entre os setores para as famílias pacientes	0.66	Iacoviello & Neri (2010)
ξ^I	Elasticidade de substituição das horas trabalhadas entre os setores para as famílias impacientes	0.97	Iacoviello & Neri (2010)
$\phi_{k,c}$	Custo de ajustamento do capital no setor não habitacional	14.25	Iacoviello & Neri (2010)
$\phi_{k,h}$	Custo de ajustamento do capital no setor de habitação	10.90	Iacoviello & Neri (2010)
α	Parcela do rendimento do trabalho para as famílias pacientes	0.79	Iacoviello & Neri (2010)

Continua na próxima página

Tabela A.1 – *Continuação da página anterior*

Parâmetro	Descrição	Valor	Fonte
r_R	Resposta da taxa de juros às variações dela mesma no período anterior	0.59	Iacoviello & Neri (2010)
r_π	Resposta da taxa de juros às variações da inflação	1.44	Iacoviello & Neri (2010)
r_Y	Resposta da taxa de juros às variações do produto	0.52	Iacoviello & Neri (2010)
θ_π	Rigidez dos preços no setor de bens finais	0.83	Iacoviello & Neri (2010)
ι_π	Indexação dos preços no setor de bens finais	0.69	Iacoviello & Neri (2010)
$\theta_{w,c}$	Rigidez dos salários no setor não habitacional	0.79	Iacoviello & Neri (2010)
$\iota_{w,c}$	Indexação dos salários no setor não habitacional	0.08	Iacoviello & Neri (2010)
$\theta_{w,h}$	Rigidez do salário no setor de habitação	0.91	Iacoviello & Neri (2010)
$\iota_{w,h}$	Indexação dos salários no setor de habitação	0.40	Iacoviello & Neri (2010)
ζ	Capacidade de utilização do capital	0.69	Iacoviello & Neri (2010)
$100\gamma_{AC}$	Taxa de crescimento líquida da tecnologia do setor não habitacional	0.32	Iacoviello & Neri (2010)
$100\gamma_{AH}$	Taxa de crescimento líquida do setor de habitação	0.08	Iacoviello & Neri (2010)
$100\gamma_{AK}$	Taxa de crescimento líquida do choque de tecnologia no investimento	0.27	Iacoviello & Neri (2010)
ρ_c	Persistência do choque de produtividade no setor não habitacional	0.9408	Seção 1.3.11
σ_c	Volatilidade média do choque tecnológico do setor não habitacional	0.02	Seção 1.3.11
ρ_{σ_c}	Persistência do choque de incerteza tecnológica do setor não habitacional	0.7653	Seção 1.3.11
σ_{σ_c}	Desvio-padrão do choque de incerteza tecnológica do setor não habitacional	0.3394	Seção 1.3.11
ρ_h	Persistência do choque de produtividade no setor habitacional	0.9961	Seção 1.3.11
σ_h	Volatilidade média do choque tecnológico do setor habitacional	0.0184	Seção 1.3.11
ρ_{σ_h}	Persistência do choque de incerteza tecnológica do setor habitacional	0.7631	Seção 1.3.11
σ_{σ_h}	Desvio-padrão do choque de incerteza tecnológica do setor habitacional	0.38888	Seção 1.3.11

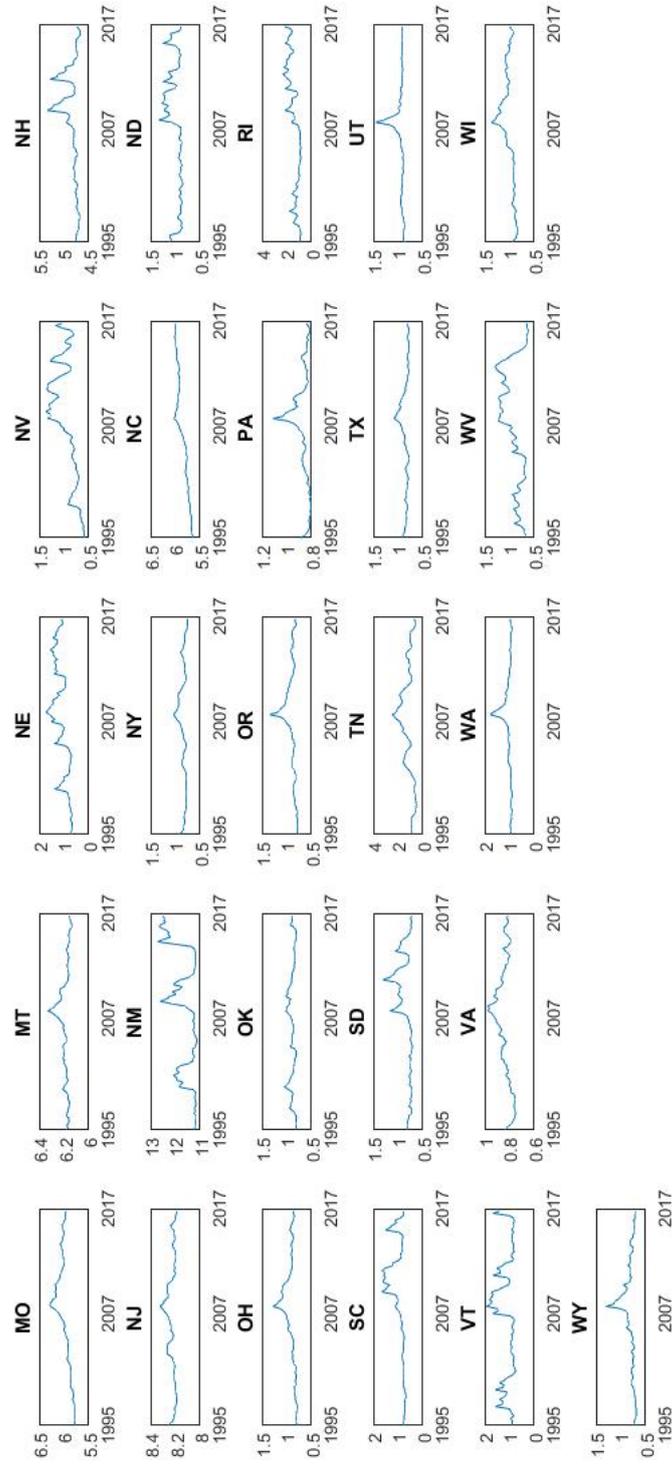
Fonte: Iacoviello & Neri (2010) e elaboração própria pelo presente artigo.

APÊNDICE B

Apêndice B - Figuras estaduais

B.1 Figuras das incertezas estaduais

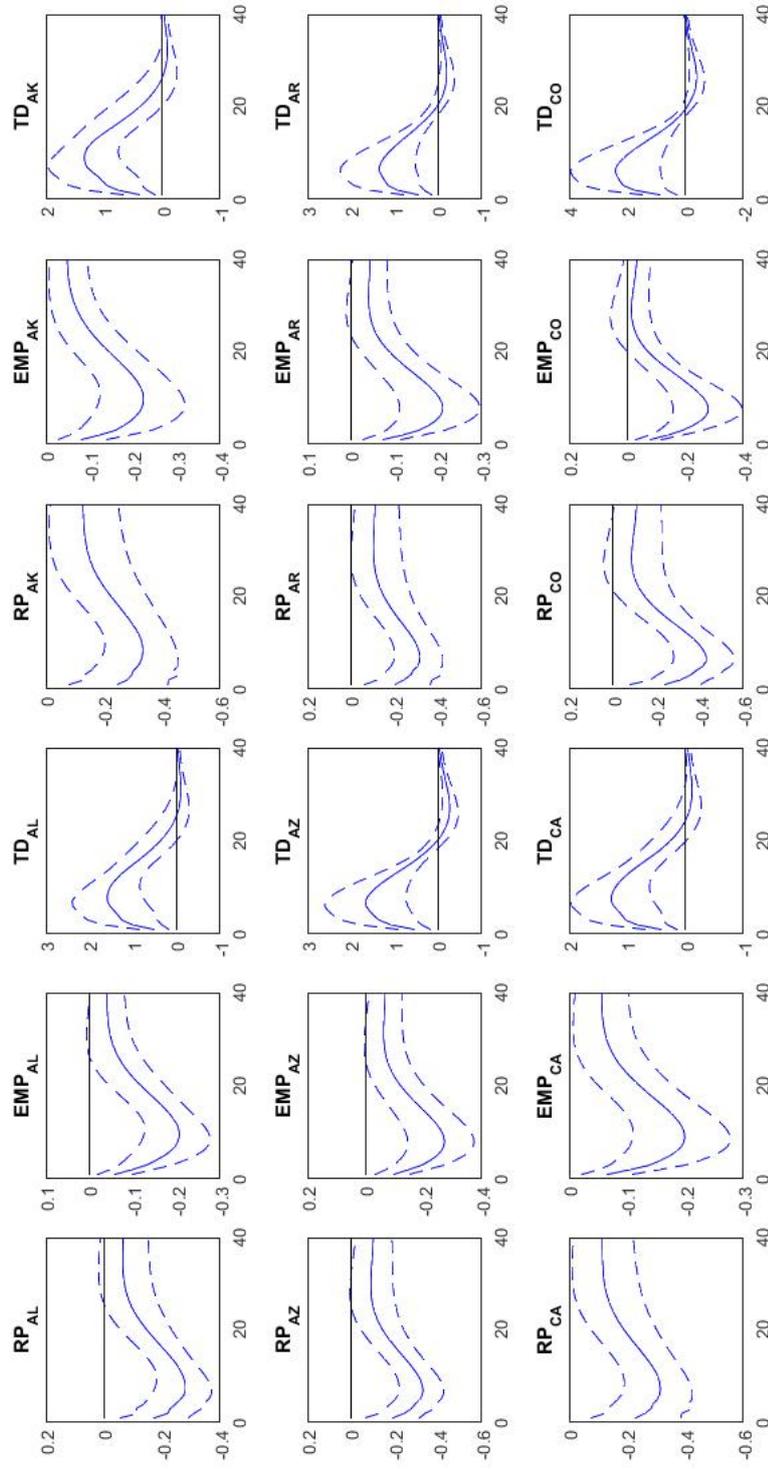
Figura B.2: Incertezas estaduais



Nota(s): Incerteza do setor imobiliário dos estados de Missouri(MO), Montana (MT), Nebraska (NE), Nevada (NV), New Hampshire (NH), New Jersey (NJ), New Mexico (NM), New York (NY), Carolina do Norte (NC), North Dakota (ND), Ohio (OH), Oklahoma (OK), Oregon (OR), Pennsylvania (PA), Rhode Island (RI), Carolina do Sul (SC), South Dakota (SD), Tennessee (TN), Texas (TX), Utah (UT), Vermont (VT), Virginia (VA), Washington (WA), West Virginia (WV), Wisconsin (WI) e Wyoming (WY).

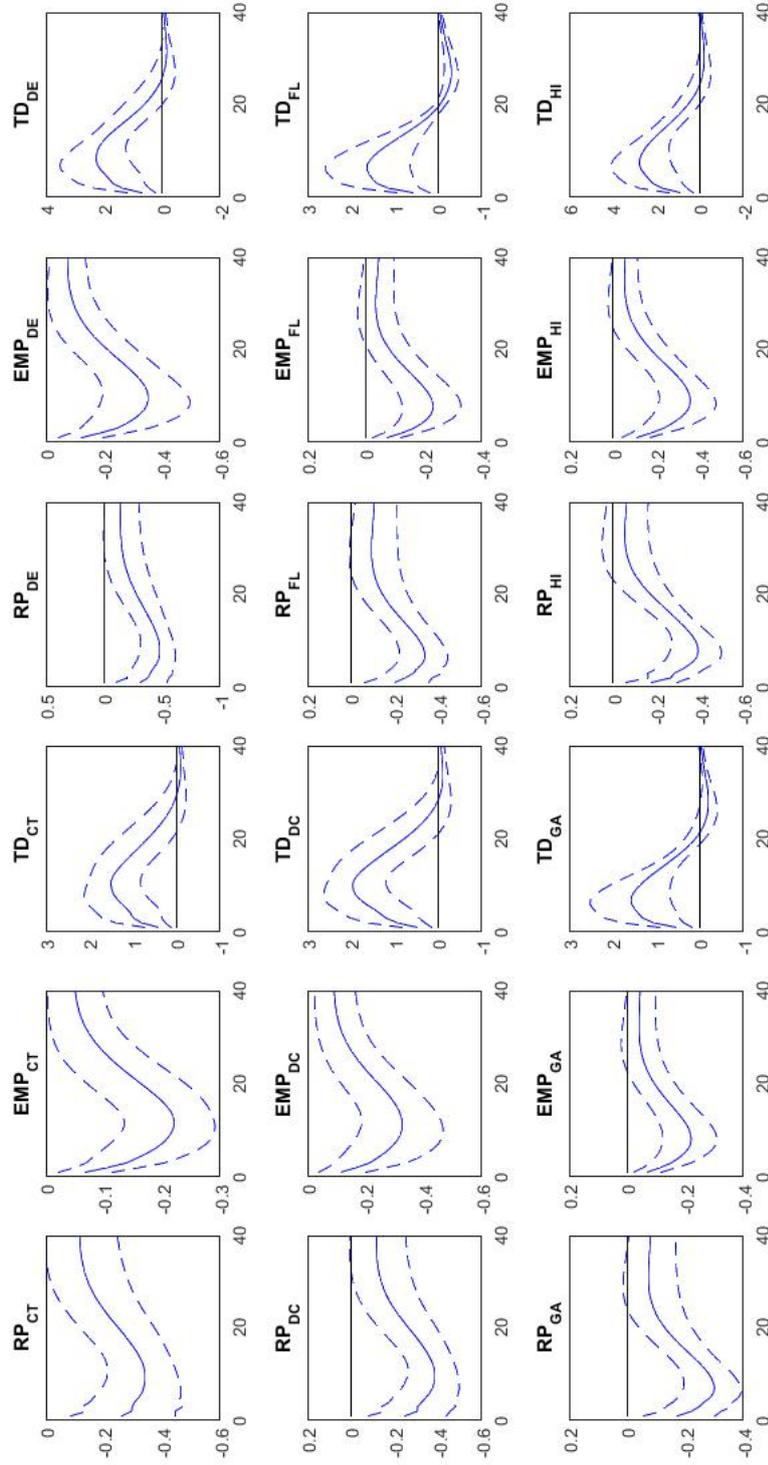
B.2 Funções de impulso-resposta estaduais

Figura B.3: Funções de impulso-resposta estaduais



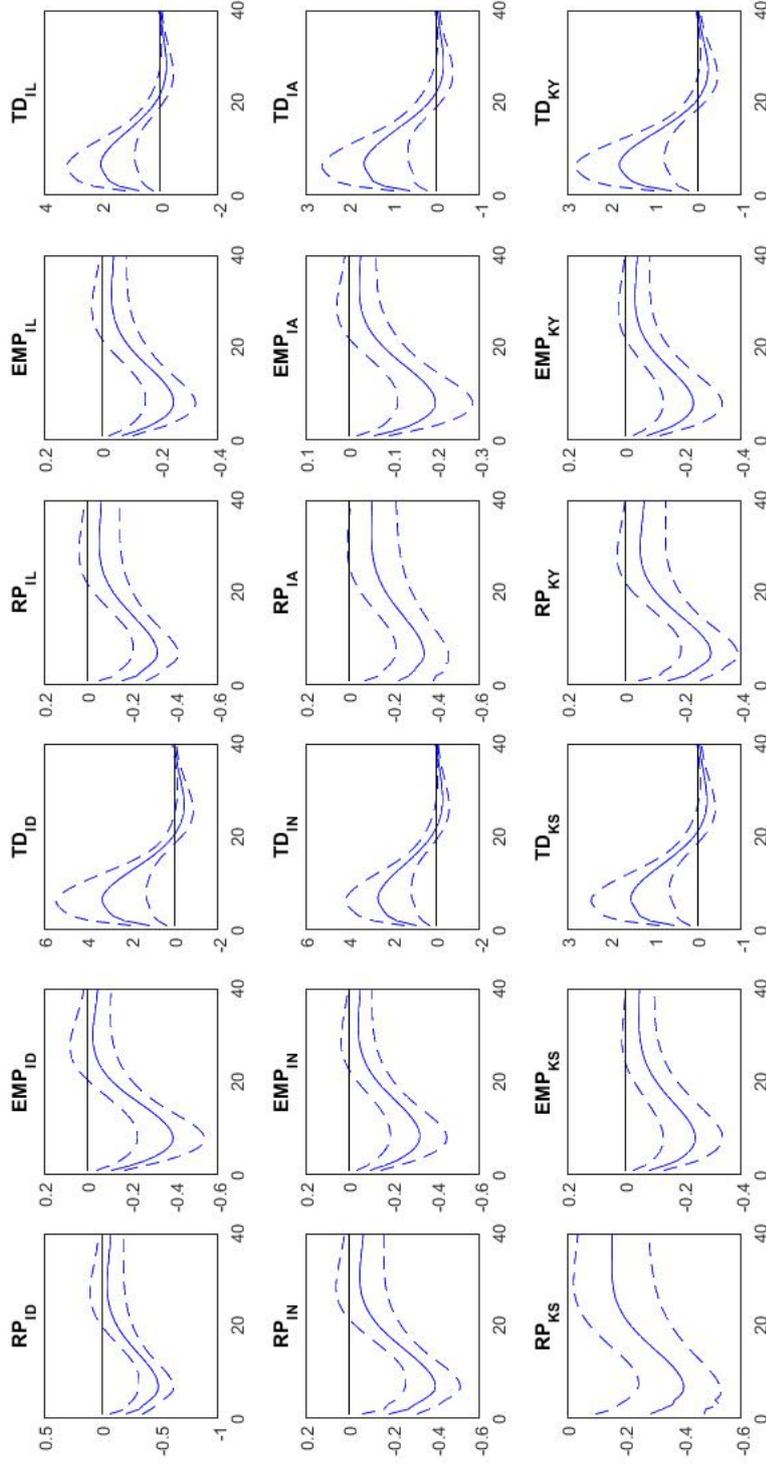
Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário. A linha sólida azul representa as Funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita (RP), do emprego (EMP) e da taxa de desemprego (TD) de Alabama (AL), Alaska (AK), Arizona (AZ), Arkansas (AR), Califórnia (CA) e Colorado (CO), diante de um choque incerteza imobiliária estadual. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

Figura B.4: Funções de impulso-resposta estaduais



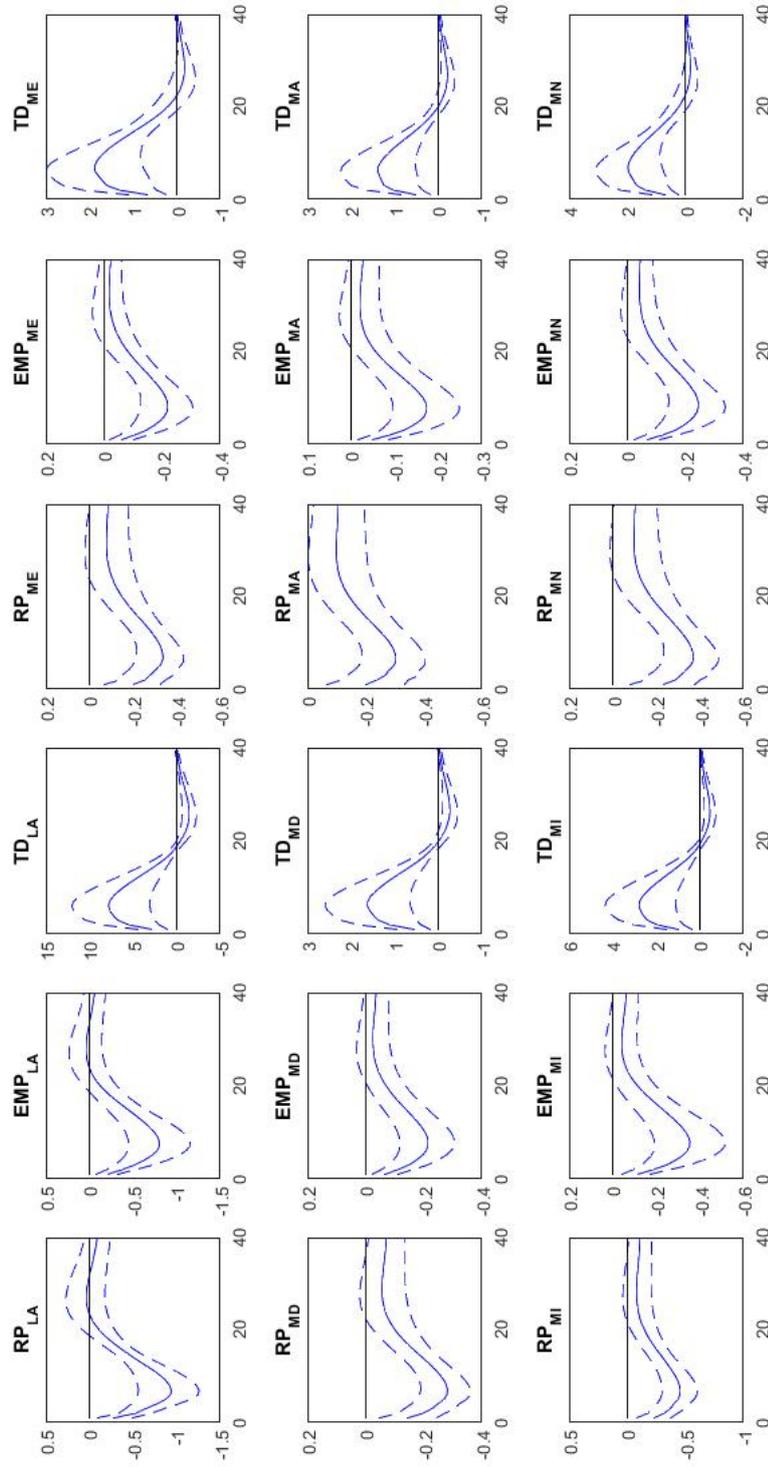
Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário. A linha sólida azul representa as Funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita (RP), do emprego (EMP) e da taxa de desemprego (TD) de Connecticut (CT), Delaware (DE), Flórida (FL), Geórgia (GA) e Hawaii (HI), diante de um choque incerteza imobiliária estadual. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

Figura B.5: Funções de impulso-resposta estaduais



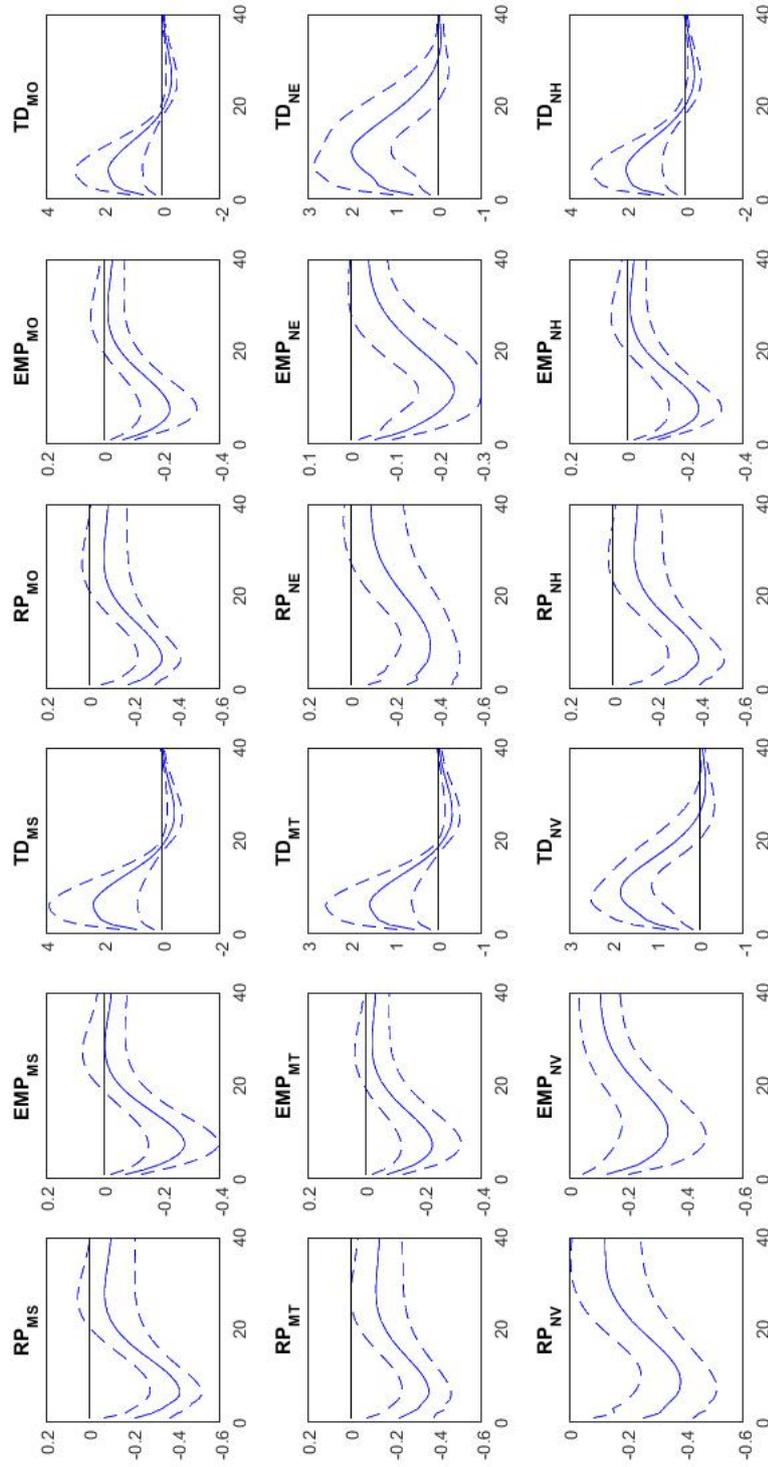
Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário. A linha sólida azul representa as Funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita (RP), do emprego (EMP) e da taxa de desemprego (TD) de Idaho (ID), Illinois (IL), Indiana (IN), Iowa (IA), Kansas (KS) e Kentucky (KY), diante de um choque incerteza imobiliária estadual. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

Figura B.6: Funções de impulso-resposta estaduais



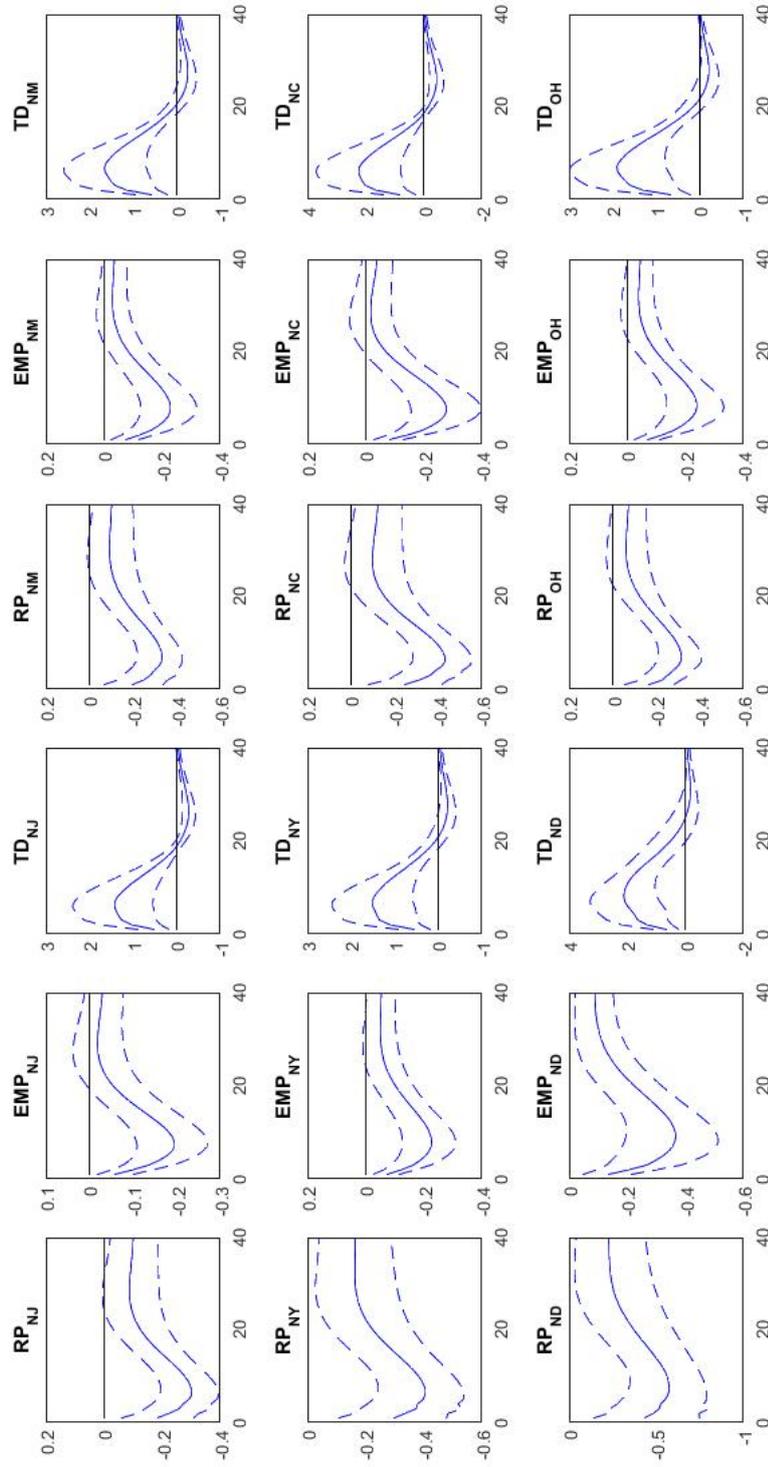
Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário. A linha sólida azul representa as Funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita (RP), do emprego (EMP) e da taxa de desemprego (TD) de Louisiana (LA), Maine (ME), Massachusetts (MA), Maryland (MD), Michigan (MI) e Minnesota (MN), diante de um choque incerteza imobiliária estadual. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

Figura B.7: Funções de impulso-resposta estaduais



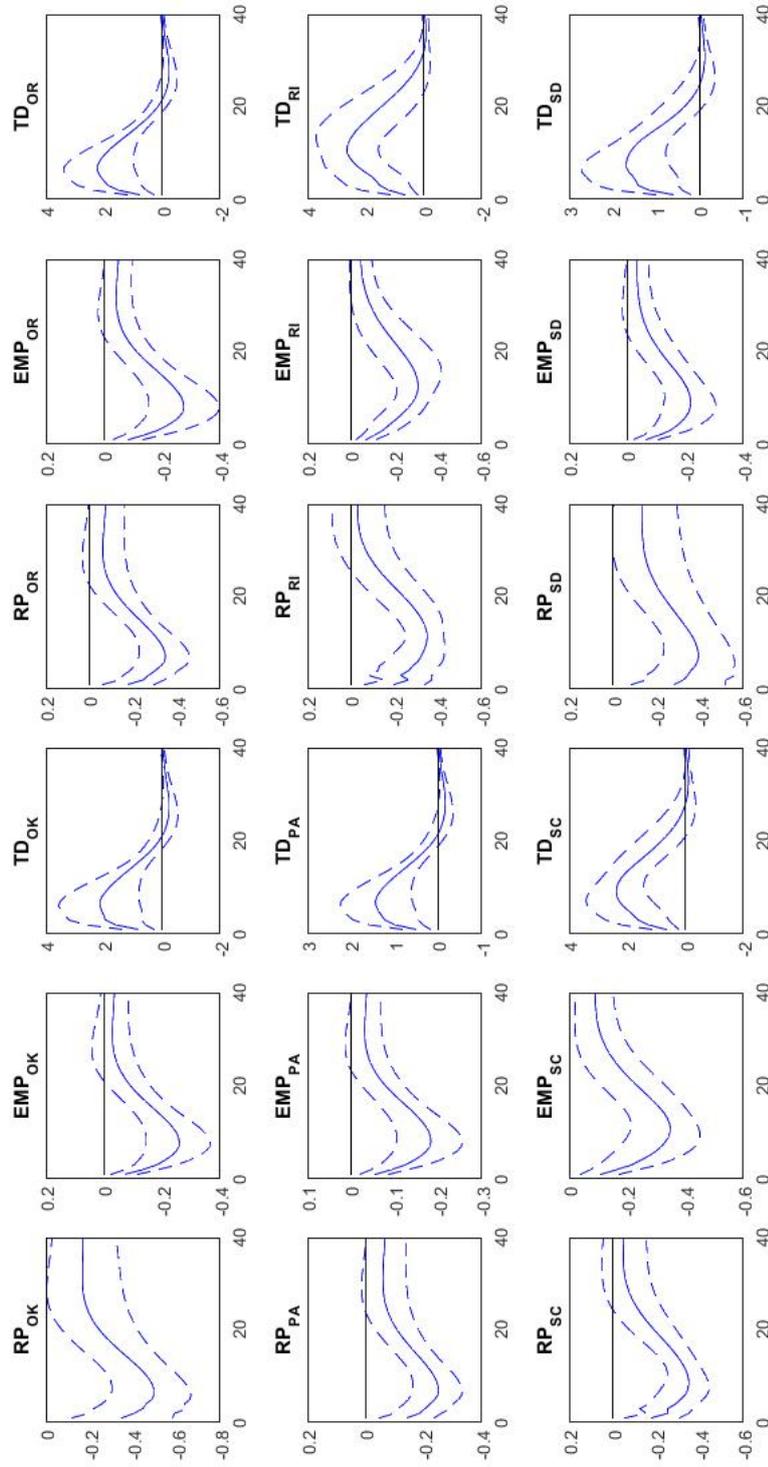
Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário. A linha sólida azul representa as Funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita (RP), do emprego (EMP) e da taxa de desemprego (TD) de Mississippi (MS), Missouri (MO), Montana (MT), Nebraska (NE), Nevada (NV) e New Hampshire (NH), diante de um choque incerteza imobiliária estadual. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

Figura B.8: Funções de impulso-resposta estaduais



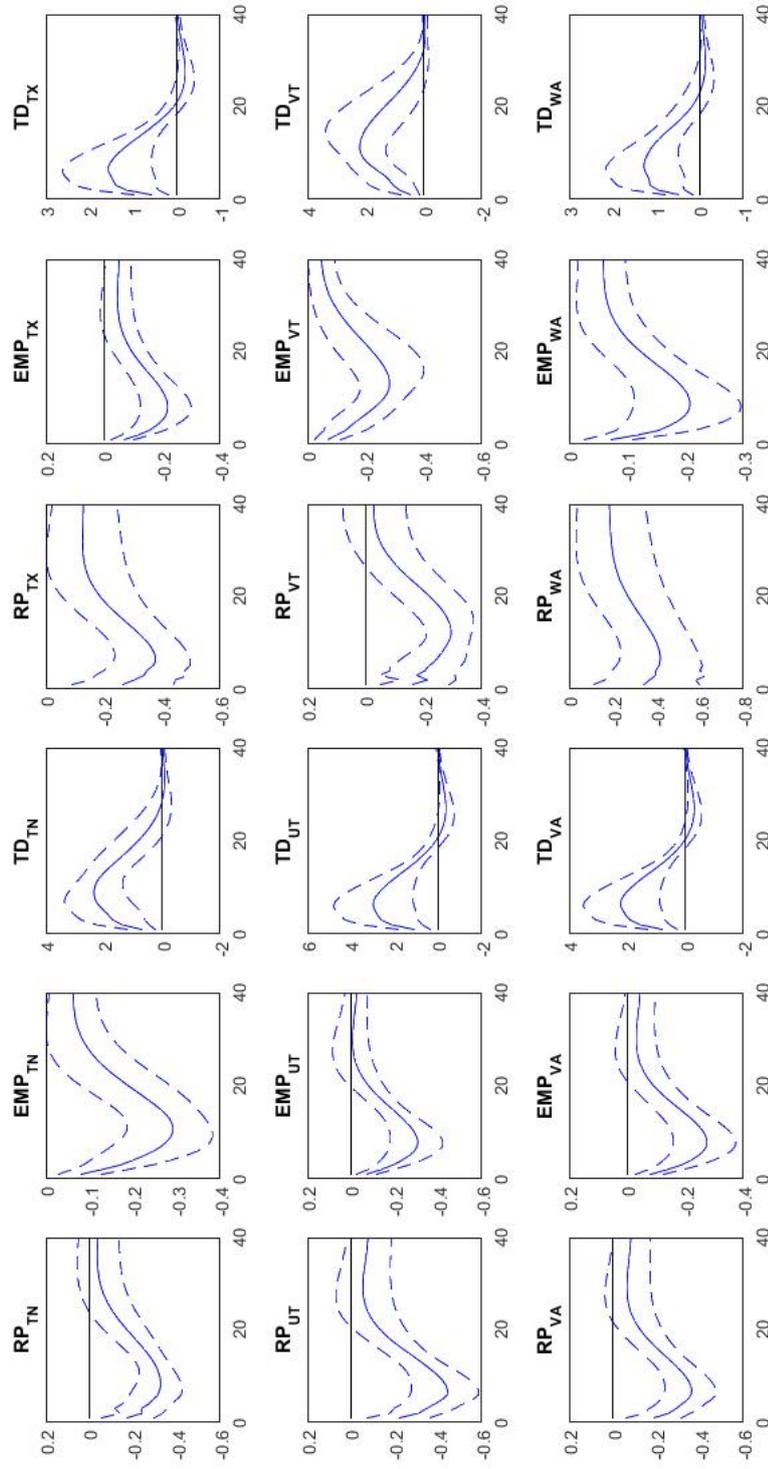
Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário. A linha sólida azul representa as Funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita (RP), do emprego (EMP) e da taxa de desemprego (TD) de New Jersey (NJ), New Mexico (NM), New York (NY), Carolina do Norte (NC), North Dakota (ND) e Ohio (OH), diante de um choque incerteza imobiliária estadual. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

Figura B.9: Funções de impulso-resposta estaduais



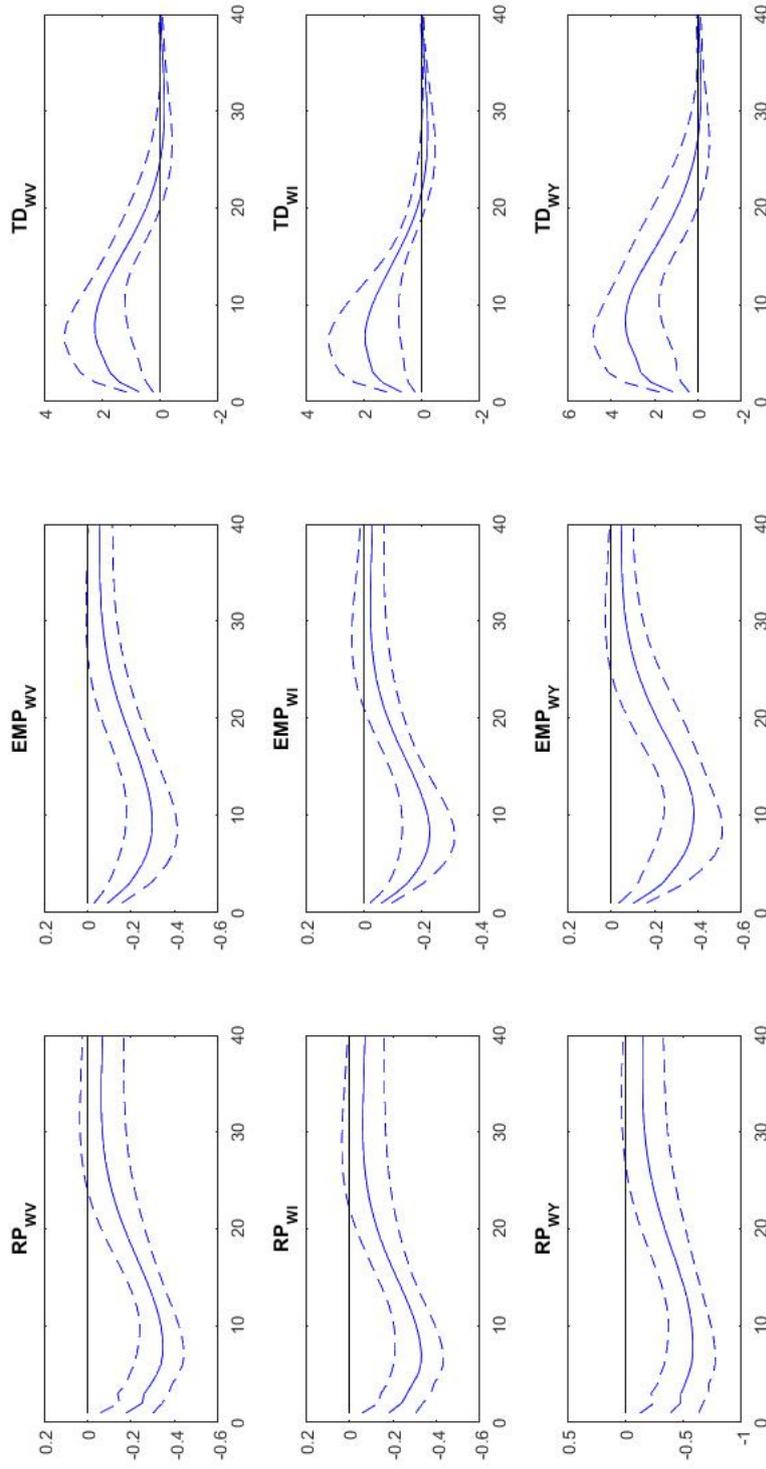
Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário. A linha sólida azul representa as Funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita (RP), do emprego (EMP) e da taxa de desemprego (TD) de Oklahoma (OK), Oregon (OR), Pennsylvania (PA), Rhode Island (RI), Carolina do Sul (SC) e South Dakota (SD), diante de um choque de incerteza imobiliária estadual. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

Figura B.10: Funções de impulso-resposta estaduais



Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário. A linha sólida azul representa as Funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita (RP), do emprego (EMP) e da taxa de desemprego (TD) de Tennessee (TN), Texas (TX), Utah (UT), Vermont (VT), Virginia (VA) e Washington (WA), diante de um choque incerteza imobiliária estadual. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

Figura B.11: Funções de impulso-resposta estaduais



Nota(s): Funções de impulso-resposta em relação a um choque de 1 desvio-padrão na medida de incerteza do mercado imobiliário. A linha sólida azul representa as Funções de impulso-resposta da renda pessoal per capita (RP), do emprego (EMP) e da taxa de desemprego (TD) de West Virginia (WV), Wisconsin (WI) e Wyoming (WY), diante de um choque incerteza imobiliária estadual. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança calculado em 68%. As respostas foram multiplicadas por 100 para representar a variação percentual.

Apêndice C - Apêndice Metodológico

C.1 Algoritmo Gibbs *sampling* para obtenção da posteriori

A explicação dessa seção foi retirada do trabalho de Mumtaz (2018). O algoritmo Gibbs *sampling* envolve a amostragem da seguinte distribuição a posteriori condicional (F denota todos os parâmetros restantes):

1. $G(\tilde{\beta}_i|F)$. Dadas as retiradas de Ω_i e dos resíduos e_{it} , o modelo pode ser escrito como condicional em e_{it} . Note que a distribuição de $v_{it}|e_{it}$ é normal com média $\frac{\sigma_{12}}{\sigma_{11}}e_{it}$ e variância $\sigma_{22} - \frac{\sigma_{12}^2}{\sigma_{11}}$. Seja $Y_{it}(c) = Y_{it} - (\alpha_i + d_t + D_i\tau_{it})$ e $X_{it}(c) = [U_{it}, \dots, U_{it-p}, Y_{it-1}, \dots, Y_{it-p}]$. O modelo condicional em e_{it} é

$$Y_{it}^*(c) = X_{it}^*(c)\tilde{\beta}' + \epsilon_{it}, \epsilon_{it} \sim N(0, 1) \quad (C.1)$$

Onde $Y_{it}^*(c) = \frac{Y_{it}(c) - \frac{\sigma_{12}}{\sigma_{11}}\epsilon_{it}}{(\sigma_{22} - \frac{\sigma_{12}^2}{\sigma_{11}})^{\frac{1}{2}}}$, $X_{it}^* = \frac{X_{it}(c)}{(\sigma_{22} - \frac{\sigma_{12}^2}{\sigma_{11}})^{\frac{1}{2}}}$. A posterior condicional de $\tilde{\beta}_i$ nessa regressão linear com uma variância unitária é normal $N(M, V)$:

$$V = ((\lambda\Xi_i)^{-1} + X_{it}^*(c)'X_{it}^*(c))^{-1} \quad (C.2)$$

$$M = ((\lambda\Xi_i)^{-1}\tilde{\beta} + X_{it}^*(c)'Y_{it}^*(c)) \quad (C.3)$$

2. $G(\tau_i|F)$. Nós fizemos retiradas de τ_i separadamente, pois a priori desses coeficientes não é hierárquica. A retiradas são as mesmas do passo 1. Note que agora $Y_{it}(c) = Y_{it} - (d_t + \sum_{p=0}^P\beta_{ip} \ln U_{it-p} + \sum_{p=1}^P\rho_{ip}Y_{it-p})$, $X_{it}(c) = [1, \tau_{it}]$.
3. $G(d_t|F)$. Os efeitos de tempo são comuns entre os estados e os dados empilhados são usados nesse passo. Essa é a única diferença em relação aos passos 1 e 2. Deixe $\tilde{Y}_{it}(c) =$

$Y_{it} - (\alpha_i + D_i\tau_{it} + \sum_{p=0}^P \beta_{ip} \ln U_{it-p} + \sum_{p=1}^P \rho_{ip} Y_{it-p})$ representar a variável dependente empilhada em um vetor $51 \times T$ e \tilde{d}_{it} representar as *dummies* empilhadas em um vetor $51 \times T$ pela matriz T . Deixe m_{it} representar a média condicional $\frac{\sigma_{12}}{\sigma_{11}} \epsilon_{it}$ num vetor empilhado e v_i a variância condicional $(\sigma_{22} - \frac{\sigma_{12}^2}{\sigma_{11}})$ para cada estado. Nós criamos $y_{it}^* = \frac{\tilde{Y}_{it(c)} - m_{it}}{v_i}$, $d_{it}^* = \frac{\tilde{d}_{it}}{v_i}$. Então, os efeitos de tempo podem ser extraídos a partir de uma regressão agrupada (*pooled*) $y_{it}^* = d_{it}^* + k_{it}$, onde $k_{it} \sim N(0, 1)$

4. $G(\delta_i|F)$. A forma reduzida do modelo é:

$$U_{it} = \delta_i Z_{it} + \epsilon_{it} \quad (\text{C.4})$$

$$Y_{it}^* = \delta_i Z_{it} + \epsilon_{it} + \frac{1}{\beta_{i0}} v_{it} \quad (\text{C.5})$$

Onde $Y_{it}^* = \frac{Y_{it} - (\alpha_i + d_t + D_i\tau_{it} + \sum_{p=0}^P \beta_{ip} U_{it-p} + \sum_{p=1}^P \rho_{ip} Y_{it-p})}{\beta_{i0}}$ e $\text{cov} \begin{bmatrix} \epsilon_{it} \\ \epsilon_{it} + \frac{1}{\beta_{i0}} v_{it} \end{bmatrix} = A\Omega_i A'$

Onde $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & \frac{1}{\beta_{i0}} \end{bmatrix}$. Isso pode ser visto como um sistema SUR. Pré-multiplicando o lado direito e esquerdo por $((A\Omega_i A')^{\frac{1}{2}})^{-1}$ transforma o modelo em uma regressão empilhada com variância unitária e a retirada para δ_i é padrão.

5. $G(\Omega_i|F)$. Essa posteriori condicional é IW:

$$IW([\epsilon_{it}, v_{it}]' [\epsilon_{it}, v_{it}] + I, T + 3) \quad (\text{C.6})$$

6. $G(\lambda|F)$. A distribuição da posteriori condicional é Gama inversa com parâmetro escalar $\sum_{i=1}^{51} (\tilde{\beta}_i - \tilde{\beta}) \Xi_i^{-1} (\tilde{\beta}_i - \tilde{\beta})' + s_0$ e os graus de liberdade $(51 \times \bar{K}) + v_0$, onde \bar{K} denota o número de regressores.

7. $G(\bar{\beta}, F)$. Pelo teorema de Bayes $G(\bar{\beta} \setminus \tilde{\beta}, \lambda) \propto p(\tilde{\beta} \setminus \bar{\beta}, \lambda) p(\bar{\beta})$. A densidade é normal já que $(\tilde{\beta} \setminus \bar{\beta}, \lambda)$ é normal e o produto da prioris normais para cada i . Com uma priori plana para $\bar{\beta}$, sua densidade é dada por $N(\bar{M}, \bar{V})$:

$$\bar{V} = \left(\frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^{51} \Xi_i^{-1} \right)^{-1} \quad (\text{C.7})$$

$$\bar{M} = \bar{V} \left(\frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^{51} \Xi_i^{-1} \tilde{\beta}_i \right) \quad (\text{C.8})$$

C.2 Algoritmo *Gibbs sampling* para obtenção das funções impulso resposta

Considere um modelo de SVAR convencional:

$$D_0 y_t = D_1 y_{t-1} + D_2 y_{t-2} + \dots + D_p y_{t-p} + F x_t + \eta_t, t = 1, 2, \dots, T. \quad (\text{C.9})$$

Suponha $\eta_t \sim \mathcal{N}(0, I)$, isto é, os choques estruturais são mutuamente ortogonais e tem variância unitária. O objetivo é encontrar uma matriz estrutural $S = d_0^{-1}$, tal que as funções de impulso resposta estruturais $\tilde{\psi}_{p1}, \tilde{\psi}_{p2}, \tilde{\psi}_{pn} \dots$ produzidos por C.9 satisfaçam as restrições especificadas pelo pesquisador.

Para verificar se as restrições são satisfeitas, é conveniente empilhar as matrizes das funções de impulso resposta de todos os períodos sujeitas a uma restrição em uma única matriz denotada por $f(D, D_1, \dots, D_P)$. Por exemplo, se as restrições forem implementadas para os períodos p_1, p_2, \dots, p_n , então $f(D, D_1, \dots, D_P)$ é:

$$f(D, D_1, \dots, D_P) = \begin{bmatrix} \tilde{\psi}_{p1} \\ \tilde{\psi}_{p2} \\ \vdots \\ \tilde{\psi}_{pn} \end{bmatrix} \quad (\text{C.10})$$

A verificação das restrições pode então ser realizada por meio de matrizes de seleção. Por exemplo, com restrições de sinal, a matriz para restrições de sinal em relação ao choque estrutural j , para $j = 1, 2, \dots, n$, será a matriz S_j com número de colunas igual ao número de linhas de $f(D, D_1, \dots, D_P)$, e um número de linhas igual ao número de restrições de sinais no choque j . Cada linha de S_j representa uma restrição e é composta apenas de zeros, exceto para a entrada que representa a restrição que é um (para restrição de sinal positivo) ou menos um (para restrição de sinal negativo). Então, as restrições do choque j será satisfeita se:

$$S_j \times f_j(D, D_1, \dots, D_P) > 0 \quad (\text{C.11})$$

Onde $f_j(D, D_1, \dots, D_P)$ representa a coluna j da matriz $f(D, D_1, \dots, D_P)$. A restrição de sinais será satisfeita se C.11 for satisfeita para todos os choques $j = 1, 2, \dots, n$.

Diante disso, o seguinte algoritmo de *Gibbs sampling* deve ser seguido:

1. Faça retiradas dos coeficientes $D_0, D_1, D_2, \dots, D_p$ e F a partir de uma distribuição a posteriori sem restrição.
2. Calcule as funções de impulso resposta $\tilde{\psi}_0, \tilde{\psi}_1, \tilde{\psi}_2, \dots$ a partir dos coeficientes.
3. Confirme se as restrições são satisfeitas usando C.11. Se sim, mantenha as retiradas, se não descarte-as.
4. Repita os passos 1-3 até um número desejado de iterações que satisfaçam as restrições sejam obtidas.

A dificuldade desse algoritmo é que a estrutura tradicional dele não permite fazer retiradas diretamente da distribuição posterior dos coeficientes do SVAR $D_0, D_1, D_2, \dots, D_p$ e F . Em vez disso, faz retiradas a partir da distribuição posterior do modelo VAR de forma reduzida do VAR:

$$y_t = A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + C x_t + \epsilon_t \quad (\text{C.12})$$

Onde $\epsilon_t \sim \mathcal{N}(0, \Sigma)$. Isto é, a metodologia desse algoritmo apenas fornece retiradas de A_1, A_2, \dots, A_p, C e Σ .

Verifique se as restrições são satisfeitas, conforme descrito no algoritmo e preserve as retiradas somente se os requisitos forem atendidos. O problema é que tal identificação não produziria uma retirada posterior a partir de uma distribuição correta para os coeficientes do SVAR $D_0, D_1, D_2, \dots, D_p$ e F . Arias et al. (2018) mostram no entanto que é possível usar retiradas a partir das distribuições posteriores do modelo de forma reduzida para obter as retiradas da distribuição posterior correta do modelo SVAR. O único requisito é a implementação de uma etapa adicional de ortogonalização.

Para isso, desenhe um conjunto de coeficientes da forma reduzida do VAR A_1, A_2, \dots, A_p, C e a matriz de covariância Σ a partir das distribuições posteriores. Para isso, recupere C.12.

A partir dele, pode-se obter as funções de resposta ao impulso $\psi_0, \psi_1, \psi_2, \dots$. Então, defina uma matriz estrutural preliminar $h(\Sigma)$, onde $h(\cdot)$ é qualquer função continuamente diferenciável de matrizes definidas positivas simétricas tal que $h(\Sigma) \times h(\Sigma)' = \Sigma$. Na prática, o fator Choleski usual é usado para $h(\cdot)$. A partir desta matriz estrutural preliminar, obtenha um primeiro conjunto de funções de impulso resposta estruturais $\tilde{\psi}_0, \tilde{\psi}_1, \tilde{\psi}_2, \dots$:

$$\bar{\psi}_i = \psi_i h(\Sigma) \quad (\text{C.13})$$

Essas funções preliminares de impulso resposta, no entanto, não são extraídas da distribuição correta. Para extrair da distribuição posterior correta, é necessário um passo adicional de ortogonalização. Para isso, deve-se desenhar uma matriz aleatória Q a partir de uma distribuição uniforme e definir:

$$D = h(\Sigma)Q \quad (\text{C.14})$$

A estratégia é então desenhar uma matriz Q , que seria ortogonal, de modo a preservar a propriedade do SVAR:

$$D \Gamma D' = D I D' = D D' = h(\Sigma)Q Q' h(\Sigma)' = h(\Sigma)I h(\Sigma)' = h(\Sigma)h(\Sigma)' = \Sigma \quad (\text{C.15})$$

Para obter uma matriz ortogonal Q a partir da distribuição uniforme, o procedimento é o seguinte. Primeiro, desenhe uma matriz aleatória X $n \times x$, para a qual cada entrada é extraída de uma distribuição normal padrão independente. Então, use uma decomposição QR de X , tal que $X = QR$, com Q , uma matriz ortogonal, e R uma matriz triangular superior. É então possível obter as funções de impulso resposta estrutural definitiva como:

$$\tilde{\psi}_i = \psi_i D = \psi_i h(\sum) Q = \bar{\psi}_i Q \quad (\text{C.16})$$

Com isso, a matriz estrutural empilhada pode ser escrita como:

$$f(D, D_1, \dots, D_p) = \begin{bmatrix} \tilde{\psi}_{p1} \\ \tilde{\psi}_{p2} \\ \vdots \\ \tilde{\psi}_{pn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{\psi}_{p1} \\ \bar{\psi}_{p2} \\ \vdots \\ \bar{\psi}_{pn} \end{bmatrix} Q = \bar{f}(D, D_1, \dots, D_p) \times Q \quad (\text{C.17})$$

com

$$\bar{f}(D, D_1, \dots, D_p) = \begin{bmatrix} \bar{\psi}_{p1} \\ \bar{\psi}_{p2} \\ \vdots \\ \bar{\psi}_{pn} \end{bmatrix} \quad (\text{C.18})$$

Se as restrições forem respeitadas, então C.11 vale para todos os choques estruturais $j = 1, 2, \dots, n$. Se não for o caso, reinicie todo o processo novamente.