

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ECONOMIA**

Rebbeka Cristina Freire de Melo e Silva

**Análise do processo de ajustamento nominal em
uma economia com concorrência monopolística:
uma abordagem de jogos computacionais em
redes**

Florianópolis
2012

Rebbeka Cristina Freire de Melo e Silva

**Análise do processo de ajustamento nominal em
uma economia com concorrência monopolística:
uma abordagem de jogos computacionais em
redes**

Dissertação apresentada em cumprimento às exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Jaylson Jair da Silveira

Florianópolis
2012

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Rebbeka Cristina Freire de Melo e
Análise do processo de ajustamento nominal em uma
economia com concorrência monopolística: Uma abordagem de
jogos computacionais em redes. [dissertação] / Rebbeka
Cristina Freire de Melo e Silva ; orientador, Jaylson Jair
da Silveira - Florianópolis, SC, 2012.
104 p. ; 21cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Sócio-Econômico. Programa de Pós-Graduação em
Economia.

Inclui referências

1. Economia. 2. Ajuste nominal incompleto. 3. Modelo
baseado em agentes (ABMs). 4. Modelo de escolhas
ternárias. I. da Silveira, Jaylson Jair. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Economia. III. Título.

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Valdemiro e Jaqueline.*

*“O verdadeiro poder do gênio é a força de vontade
para fazer todos os erros necessários
para chegar à resposta”*

Michio Kaku
Autor de "Physics of the impossible"

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus acima de tudo, por ter me permitido chegar até aqui.

Depois de Deus, preciso agradecer as pessoas responsáveis por eu ter a coragem de ir fazer o mestrado, meu pai, pelo apoio verbal e financeiro, e minha prima Mirella Valença, por ter incentivado a decisão do meu pai.

Agradeço também a minha mãe e minha irmã, por todo o apoio financeiro, psicológico e por me darem toda a educação necessária, ensinando-me o valor da persistência para o sucesso.

A toda minha família, por me ajudar em todos os momentos de desespero e principalmente por acreditar no meu sonho. Agradeço especialmente ao meu Tio Odilon e minha avó Giselda.

A todos que acompanharam de perto essa caminhada em Florianópolis, à Helberte Almeida, Ricardo Orso, Vanessa Apolinário, Gustavo Tannus, Hudson Chaves, André Redivo, Luis Fernando, Gabriel Leão, Geovana Corrêa, Juliana Dorneles, Juliana Zoz e com um carinho especial a Henrique Cavaliere pelo companheirismo, afeto e por ter tornado essa experiência de sair de casa menos dolorosa. Assim, agradeço novamente a Deus por ter colocado em meu caminho uma verdadeira família.

A todo o corpo docente da pós graduação em Economia, da Universidade Federal de Santa Catarina, que me ajudaram a trilhar um caminho de aprendizado. Em especial ao meu orientador Jaylson Jair da Silveira pelas horas e horas dedicando a tornar viável este momento.

Agradeço a Evelise, pela agilidade em nos ajudar independente do nosso problema, mesmo brigando um pouquinho com a

gente.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio através da minha bolsa pesquisa.

Meus sinceros agradecimentos a todos.

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a premissa clássica da neutralidade da moeda, tanto no curto prazo quanto no longo prazo. Para tanto, implementou-se um modelo computacional baseado em agentes (ABM - *Agente Based Model*) para verificar o comportamento das variáveis macroeconômicas em um modelo de escolhas ternárias com motivações sociais. Os agentes inseridos neste modelo são caracterizados como produtores-trabalhadores, estes deparam-se com uma distribuição heterogênea quanto à formação das expectativas de preços a que ofertar seus produtos. Os principais resultados alcançados indicam que ao convergir ao equilíbrio, este modelo homogeneiza a distribuição de expectativas (sobrevivência de uma única estratégia) e, caso esta estratégia dominante seja de expectativas neutras, o ajustamento nominal é completo no longo prazo e a moeda é neutra. Entretanto, antes de retornar ao equilíbrio de longo prazo, logo após a incidência dos choques monetários, foi constatada variações no produto agregado, de modo que, no curto prazo, é verificada a existência de um ajustamento nominal incompleto e, conseqüentemente, a não neutralidade monetária.

Palavras-chave: ajuste nominal incompleto, Modelo Baseado em Agentes(ABMs), modelo de escolhas ternárias.

Abstract

The present study aims to evaluate the premise of classical neutrality of money, both in the short term and the long run. To this end, was implemented a Agente based Model(ABMs) to investigate the behavior of macroeconomics variables in a model of ternary choices with social motives. The agents included in this model are described as producers-workers, they are faced with a heterogeneous distribution and the formation of the expected prices that offer their products. The main results indicate that the convergence to equilibrium, this model homogenizes the distribution of expectations (survival of a single strategy) and, if this strategy is the dominant neutral expectations, the nominal adjustment is complete in the long run and the money is neutral. However, soon after the impact of monetary shocks, there are variations in real output, and even the level of prices showing variations in the proportion of monetary shocks, it is checked for an incomplete nominal adjustment and money is not neutral in the short term.

Keywords: incomplete nominal adjustment, Agente based Model(ABMs), model of ternary choices with social motives

Lista de Figuras

3.1	Reta de probabilidade	48
3.2	Evolução do índice de preços empíricos	51
3.3	Evolução do índice de preços simulados	51
3.4	Evolução e variância do nível geral de preços	53
3.5	Evolução do produto e combinação preço vs produto	54
3.6	Evolução da distribuição entre as estratégias das firmas	55
3.7	Tempo necessário para a convergência variando o parâmetro ϕ	58
3.8	Tempo necessário para convergência variando o parâmetro β	59
3.9	Tempo necessário para convergência variando o parâmetro J/α	60
3.10	Nível geral de preços e produto em função do parâmetro ϕ	62
3.11	Nível geral de preços e produto em função do parâmetro β	63

3.12	Nível geral de preços e produto em função do parâmetro J/α	64
3.13	Evolução do nível geral de preços após choques monetários de 5%, em uma economia com formação heterogênea de expectativas.	66
3.14	Evolução do produto após choques monetários de 5%, em uma economia com formação heterogênea de expectativas.	67
3.15	Distribuição dos <i>spins</i> após choques monetários de 5%, em uma economia com formação heterogênea de expectativas	67
3.16	Figura (3.15) ampliada	68
3.17	Evolução do nível geral de preços após diferentes proporções dos choques monetários.	69
3.18	Evolução do nível geral de preços após choques monetários de 5%, em uma economia com formação homogênea de expectativas	70
3.19	Evolução do produto após choques monetários de 5%, em uma economia com formação homogênea de expectativas	71
3.20	Distribuições dos <i>spins</i> após choques monetários de 5%, em uma economia com formação homogênea de expectativas	72
3.21	Evolução do Produto para diferentes proporções dos choques monetários	73

Sumário

Introdução	1
1 Ajuste Nominal Incompleto: uma breve revisão dos principais argumentos novo-keynesianos	5
2 Um Modelo de Escolha Ternária de Ajustamento Nominal	21
2.1 Estrutura do modelo de escolhas ternárias com externalidades de rede	22
2.1.1 Caracterização da tomada de decisão individual com campo de escolha ternário e utilidade aleatória	22
2.1.2 Caracterização da tomada de decisão individual com campo de escolha ternário, utilidade aleatória e externalidades de rede	27
2.2 Estrutura do modelo de escolha ternária de ajustamento nominal	32

2.2.1	O modelo de concorrência monopolística de referência	33
2.2.2	O jogo em rede de ajustamento nominal	39
3	Propriedades e resultados do modelo de escolha ternária de ajustamento nominal	45
3.1	Implementação Computacional	46
3.2	Calibragem do Modelo Computacional	49
3.3	Simulações computacionais e discussão de parâmetros	56
3.3.1	Análise de Convergência	56
3.3.2	Comportamento do nível geral de preços e produto no equilíbrio	61
3.3.3	A Questão da Neutralidade da Moeda	64
	Considerações Finais	77
	Referências Bibliográficas	81

Introdução

A dicotomia clássica prevê que variáveis nominais não têm influência sobre as variáveis reais da economia, caracterizando o que é chamado na literatura de ajuste nominal completo. Mais precisamente, um ajuste nominal deste tipo ocorre quando todo o choque monetário é absorvido sob a forma de uma variação de igual magnitude no nível geral de preços. Entretanto, esta afirmativa não é unanimemente aceita entre os macroeconomistas.

A despeito de tal abordagem apresentar forte respaldo teórico, há um vigoroso debate na comunidade acadêmica a partir de concepções teóricas distintas, envolvendo a possível neutralidade da moeda no longo prazo, bem como os efeitos da política monetária sobre o produto e o emprego na economia.

Economistas que defendem a completude do ajuste nominal argumentam que a política monetária surte efeito apenas no nível geral de preços, ao menos no longo prazo. Significando que choques causados por políticas monetárias teriam apenas efeitos temporários sobre a parte real.

Por outro lado, há ainda economistas que defendem a não

completude do ajuste nominal decorrente de políticas monetárias, de forma que uma parte da variação permanente dos agregados macroeconômicos reais adviria de políticas monetárias anteriores. Estes argumentam ainda que a assimilação de ao menos parte de um choque monetário sob a forma de uma variação no produto real estaria associada a alguma "imperfeição de mercado". Partindo deste princípio, procuram identificar primeiramente que tipo de "imperfeição de mercado" está causando a incompletude no ajuste nominal, para, posteriormente, o foco do debate recair sobre em que proporção um choque de política monetária se distribui ao longo do tempo entre uma variação nos agregados nominais e uma variação nos agregados reais.

Neste contexto, a teoria novo-keynesiana dá fundamentação teórica ao ajuste nominal incompleto ao menos no curto prazo. Para esta escola de pensamento a não completude do ajuste nominal está diretamente relacionada a alguma imperfeição de mercado, seja do lado do mercado de trabalho, causada pela justaposição dos contratos salariais impostos aos diferentes setores da economia, ou do lado da produção, explorando o custo de modificar os preços, *menu costs*. Nesse sentido, pode ser observado que esta teoria "consiste em partir dos resultados macroeconômicos e inferir os fundamentos microeconômicos" (FERREIRA 2003, p. 55).

Dito isto, a presente dissertação tomará como referência o arcabouço da teoria novo-keynesiana, aliada ao uso da teoria dos jogos evolucionários sob a hipótese de racionalidade limitada dos agentes,¹ com o intuito de avaliar a hipótese da neutralidade da

¹No âmbito da racionalidade limitada, as decisões são satisfatórias, mas não ótimas. Pois os agentes são limitados, e não detêm todas as informações

moeda para além do curto prazo. O modelo implementado será de propensão individual com escolhas sociais, usando o conceito de expectativas interativas.

Assim, imerso neste contexto teórico e metodológico, a presente dissertação, além desta introdução, apresenta mais três capítulos. O primeiro capítulo tem por objetivo apresentar o debate em que se insere o tema de ajustamento nominal, contemplando tanto a corrente teórica que aceita a premissa de ajustamento nominal incompleto quanto as que a refutam. O segundo capítulo apresenta a estrutura geral do modelo de escolhas ternárias, o modelo de concorrência monopolística de referência (BALL & ROMER 1989), bem como o modelo de escolha ternária de ajustamento nominal proposto. O terceiro capítulo analisa as propriedades dinâmicas do modelo desenvolvido no capítulo anterior. Por fim, será apresentada ainda uma conclusão.

relevantes a tomada de decisões. Para um aprofundamento sobre este tópico ler SBICCA & FERNANDES (2005)

Capítulo 1

Ajuste Nominal

Incompleto: uma breve revisão dos principais argumentos novo-keynesianos

Existe um grande debate acadêmico a cerca da validade da teoria da neutralidade da moeda em confronto a teoria dos ajustes nominais incompletos. Enquanto esta última assume que parte da variação da demanda agregada advinda de uma política de cunho monetário é absorvida na economia em parte sob a forma de uma

variação no produto, a primeira sustenta que variações na demanda agregada têm impacto apenas sobre os preços, não manifestando efeito sobre as variáveis reais da economia.

Tomando partido neste embate e tentando dar fundamentação teórica ao ajuste nominal incompleto, formaram-se várias linhas de pesquisa com abordagens distintas, cada uma com foco em uma possível “imperfeição de mercado” que viesse a justificar a não neutralidade da moeda.

TAYLOR (1999) argumenta que o advento das expectativas racionais proporciona o embasamento necessário para o estudo de preços e salários rígidos. Assim, sob essa perspectiva, propõe uma revisão bibliográfica, tanto teórica quanto empírica, baseado no comportamento destas variáveis. Faz isto com o intuito de testar a hipótese de que variações nos preços explicariam mudanças persistentes no produto real.

Sob o enfoque dos salários, **TAYLOR (1999)** argumenta que o processo de ajustamento ocorre por meio da interação dos trabalhadores com as firmas. Observa que, dada a natureza dos contratos e os diferentes vencimentos entre firmas, não há sincronização entre os ajustes salariais da economia como um todo e, dessa forma, a mudança salarial agregada acontece em tempo discreto, em média, no período de um ano.

Sob o enfoque dos preços, mesmo com essa disparidade na formação salarial, enfatiza que a premissa de rigidez é falha quando aplicada ao conjunto de mercados da economia. Argumenta que os preços não mudam todos num mesmo instante, de forma que entre os preços, também, não há uma sincronização. Segundo **TAYLOR (1999)**, este comportamento deve-se ao fato que a mudança de pre-

ços em um mercado está diretamente relacionada à concorrência, concluindo assim que há uma certa heterogeneidade na mudança dos preços a depender do setor da economia.

Com base em sua revisão das teorias e estudos empíricos, [TAYLOR \(1999\)](#) chega a algumas conclusões: (1) a incidência de salários rígidos é mais frequente que a de preços rígidos, o que não indica qual dos dois é mais importante. Enfatiza ainda que, para que os salários e preços sejam perfeitamente flexíveis, é necessária informação completa, e na ausência desta, tais variáveis são temporariamente rígidas; (2) há heterogeneidade na formação de salários e de preços, além disso, estes mudam a depender do setor; (3) nem os preços e nem os salários são sincronizados, exceto para casos em que a economia é sindicalizada, e, deste modo, os empregados possuem algum poder de barganha; e, finalmente, (4) a frequência na mudança de preços e salários depende da taxa de juros.

Corroborando os resultados obtidos teoricamente pelos novos-keynesianos, [TAYLOR \(1999\)](#) afirma ainda que os choques monetários têm impacto sobre a inflação no longo prazo, porém no curto prazo apresenta, também, um efeito sobre o produto real.

Reforçando as conclusões de [TAYLOR \(1999\)](#), estudos empíricos realizados por [BILS & KLENOW \(2004\)](#), utilizando-se dos dados do *Bureau of Labor Statistics* dos EUA, inferem que a mudança nos preços ocorre num intervalo de 4,4 meses considerando as promoções e 5,5 meses desconsiderando-as. Concluem que mudanças na política monetária alteram temporariamente as variáveis reais da economia, pois as alterações nos preços estão longe de serem totalmente flexíveis e não são sincronizadas entre as empresas.

Inserido nesta linha de pesquisa, alguns economistas enfati-

zam que a não neutralidade da moeda tem por base ajustes infrequentes dos salários. Portanto, a flexibilidade ou não dos preços e por extensão, o ajuste nominal incompleto, seria uma consequência da política salarial adotada pelas firmas.

Neste contexto, [FISCHER \(1977\)](#), com o intuito de testar a eficiência da política monetária sobre o produto, dá início a sua explanação com a discussão sobre a diferença de curto e longo prazo da curva de Phillips. Este debate dá origem à concepção da taxa natural de desemprego por Friedman(1968) e Phelps(1967), para estes enquanto no curto prazo a curva de Phillips apresenta um *trade-off* entre desemprego e inflação, no longo prazo a taxa de desemprego converge para a taxa natural independentemente do comportamento da taxa de inflação. De modo que a curva de Phillips no longo prazo é vertical.

Com base neste arcabouço teórico e usando a hipótese de expectativas racionais, [FISCHER \(1977\)](#) parte do modelo proposto por [LUCAS \(1973\)](#). Então, usando um modelo de dois períodos de contratos de trabalho indexados, [FISCHER \(1977\)](#) insere um elemento de rigidez no comportamento do salário nominal, de modo que o salário de todos os contratos é determinado num tempo t e é válido por dois períodos. Neste modelo metade das firmas tem seu contrato de trabalho com vencimento para um período, enquanto a outra metade para dois. Assim, as autoridades monetárias tomam as decisões econômicas entre a vigência dos contratos, o que pode levar a superestimar ou subestimar as expectativas e, deste modo, o produto pode ser afetado.

[FISCHER \(1977\)](#) conclui, assim, que políticas monetárias afetam o produto mesmo na presença de expectativas racionais,

ênfatizando que o fato dos choques e mudanças nas autoridades monetárias serem mais frequentes do que a renegociação dos contratos salariais, garantem que as políticas de curto prazo afetem o produto real, enquanto que no longo prazo esta relação não é encontrada. Argumenta ainda que, num equilíbrio configurado pelo pleno emprego, políticas monetárias só apresentariam efeitos sobre o produto na presença de distúrbios aleatórios.

Nesta mesma linha de pesquisa, TAYLOR (1980), na intenção de encontrar a causa do desemprego persistente nos Estados Unidos no período pós-guerra, observa que a característica dos modelos de flutuações macroeconômicas foca em algum tipo de rigidez, seja ela na inflexibilidade dos preços e salários ou em alguma restrição informacional.

Neste contexto, propõe um modelo de expectativas racionais supondo duas hipóteses principais: (1) Os contratos de trabalho são sobrepostos, de forma que, as decisões de salários da economia não serão feitas conjuntamente; (2) As decisões salariais são tomadas com base no nível de salário que se encontra em vigor no conjunto de firmas, o que transfere os efeitos dos choques de um contrato para outro, nas palavras do próprio autor, como um *contrato multiplicador*.

Sob este enfoque, os contratos salariais funcionam como um recurso para a rigidez de preços. Portanto, o autor conclui que variações na demanda agregada nominal, assim como o tempo de permanência dos choques monetários, depende do tipo de política que será adotada.

Enquanto que a linha de argumentação destes autores encontra-se baseada na hipótese de que o ajuste de preços teria um período

pré-determinado, [CAPLIN & SPULBER \(1987\)](#) endogeinizam as alterações de preço de modo que elas ocorram endogenamente. Esta endogeinização é feita utilizando uma regra de preço que depende do estado da economia, denominada regra Ss.

A regra Ss, constitui um modelo agregado de efeito dinâmico no qual as firmas individuais formam preços em pontos distintos do tempo. De acordo com esta regra, a oferta de moeda é contínua e monotônica; o índice de preços é simétrico pois só dependem da frequência de distribuição dos preços nominais; e a demanda por consumo depende apenas do preço real praticado pelas firmas e dos encaixes monetários reais. No referido modelo, o custo de menu inexistente e os salários reais se encaixam como um custo.

Os custos das empresas - salário - e os lucros retornam para a economia através do consumo. Assim, quando acontecem alterações no produto, as empresas escolhem seus preços instantaneamente visando maximizar seus lucros, de modo que o nível geral de preços reflete exatamente os choques monetários nominais.

[CAPLIN & SPULBER \(1987\)](#) argumentam que na literatura o custo de menu é utilizado com o intuito de tornar rígido o preço nominal, de modo que choques monetários possam afetar as variáveis reais. Como o ajuste de preços é descontínuo, no modelo desenvolvido pelos autores poucas firmas ajustam seus preços, de modo que, no conjunto, os choques monetários não terão efeitos sobre as variáveis reais. Os citados autores concluem que a inflação é independente do ajuste nos custos, então, se as firmas seguem a melhor política de preços, a variabilidade do preço relativo esperado é crescente em relação ao ajuste dos preços.

Dando continuidade ao tema de preços sobrepostos, [CALVO](#)

(1983) segue a mesma linha de pesquisa que [CAPLIN & SPULBER \(1987\)](#) ao tornar o *timing* da mudança nos preços exógeno ao modelo. Seu modelo é composto por um grande número de firmas que produzem uma quantidade dada do produto. As firmas tomam suas decisões de preços baseadas na expectativa de preços das outras firmas e excluem da análise as decisões de emprego e estoque. Então, anunciam seus preços nominais e encontram a probabilidade de custos em um tempo pré-determinado, justificando assim a existência de um custo de menu.

Entretanto, este modelo não exauriu o problema do excesso de demanda, restando ao autor duas alternativas: ou assumir que o excesso de demanda está diretamente relacionado aos balanços monetários; ou assumir que o mecanismo de tomada de preços aplicado aos bens domésticos é função da taxa de mudança real dos preços. Assim, [CALVO \(1983\)](#) conclui que há uma associação positiva entre excesso de demanda e a taxa de inflação, que corrobora a curva de Phillips.

Continuando a análise sobre o comportamento dos preços, uma nova linha de pesquisa passou a enfatizar o modo como as “imperfeições informacionais” podem causar a rigidez destes. Dado que os preços são ajustados com base no conjunto informacional, alguns economistas novo-keynesianos argumentam que só seria observada alguma rigidez, e assim um ajuste nominal incompleto, caso as informações não fossem totalmente repassadas aos agentes econômicos. Para isso quebram a hipótese de ambiente perfeitamente competitivo.

Neste contexto, [LUCAS \(1972\)](#), por meio de um modelo intergeracional, com expectativas racionais e mercados descentrali-

zados, assume que a demanda por moeda é uma variável exógena, de modo que os jovens alocam seu consumo intertemporalmente, ou seja, consomem no presente e guardam uma proporção da renda para o consumo futuro. Baseado nestas hipóteses e na teoria de inflação e emprego implícita na curva de Phillips, explica a relação entre a taxa de mudança no nível de preços e produto da economia. Para isso utiliza-se do pressuposto de assimetria de informação, criando um ambiente onde agentes racionais não conseguem, após choques monetários, discernir entre variações reais ou nominais nos agregados macroeconômicos.

Para excluir a ilusão monetária do seu modelo, [LUCAS \(1972\)](#) propõe que todos os preços da economia são conhecidos, todos os agentes se comportam de forma a otimizar suas expectativas e essa otimização é sempre alcançada. Com base nisto, divide a economia em dois mercados, de forma que o preço nominal entre os dois mercados sejam relativamente flutuantes. Esta flutuação é obtida através de mudanças aleatórias na quantidade de moeda. Estas informações são repassadas aos agentes através dos preços de mercado.

Assim, supondo que os agentes estão livres da ilusão monetária o citado artigo conclui que, se as informações são completas, expansões monetárias não tem nenhum efeito sobre as variáveis reais da economia. Assim sendo, para alcançar a não neutralidade da moeda impõe aos agentes racionais um ambiente em que as informações não sejam perfeitas e deste modo oscilações na oferta monetária são diretamente proporcionais às variações nos agregados reais. Posteriormente, em [LUCAS \(1973\)](#) o autor realiza um trabalho empírico com 18 países e ratifica os resultados encontra-

dos em seu trabalho anterior.

Na mesma perspectiva, [WOODFORD \(2003\)](#) faz uso dos modelos propostos tanto por Phelps quanto por Lucas, considerando a hipótese de Phelps-Lucas, na qual os efeitos reais temporários advindos de distúrbios puramente nominais são resultantes de informação imperfeita sobre a natureza deste distúrbio.

[WOODFORD \(2003\)](#) faz duas modificações no modelo de [LUCAS \(1972\)](#): (1) assume um modelo de concorrência monopolística, no qual o processo de formação de preços é correlacionado e (2) assume que a capacidade de processamento das informações são finitas. E, elimina, do modelo de Phelps, a premissa de que mudanças no preço de equilíbrio advêm tanto da demanda agregada quanto do nível de preço adotado por outros ofertantes. Deste modo, choques monetários têm efeitos reais não apenas porque os choques passam despercebidos, mas também porque a sua ocorrência não se dissemina entre todos os agentes econômicos.

[WOODFORD \(2003\)](#) argumenta que percepções subjetivas, mesmo quando interpretadas por agentes racionais, levam a uma maior incerteza sobre as expectativas do que sobre os distúrbios agregados em si. Esta configuração aumenta ainda mais as expectativas de um ajuste lento mediante perturbações, mesmo quando a estimativa pública deste ajustamento é rápida. Assim sendo, conclui que se a complementaridade estratégica de preços rígidos for suficiente alta, o efeito real de distúrbios nominais é grande e persistente.

A linha de pesquisa seguinte foca seus estudos na existência de um ajustamento de preços em concorrência monopolística. Seguindo esta linha, o trabalho de [AKERLOF & YELLEN \(1985\)](#)

afirma que a não neutralidade da moeda no curto prazo ocorrerá se as firmas ajustarem seus preços e salários de forma sub-ótima. Justificam-se, argumentando que após um choque monetário as empresas reajustariam seus preços e salários lentamente, visando alcançar o equilíbrio, e, deste modo, incorreriam em perdas.

Porém, estas perdas, ou como o autores tratam no artigo, custos, seriam bem pequenos e apresentariam um efeito de segunda ordem, ou seja, ocorreria no longo prazo. Por conseguinte enquanto o longo prazo não chega, mudanças no preço e produto no curto prazo seriam factíveis, o que implica dizer que seriam de primeira ordem, qualificando as firmas que lidam com as perdas deste modo de quase racionais.

[AKERLOF & YELLEN \(1985\)](#) fazem uso de simulação computacional para estimar os parâmetros do modelo e argumentam que a não neutralidade da moeda no curto prazo pode ser aplicada em vários modelos, sendo o modelo de concorrência monopolística e modelo de salário de eficiência apenas alguns deles.

Ainda tomando por base concorrência monopolística, entretanto sob a ótica de preços rígidos, o modelo de [BALL & ROMER \(1991\)](#) propõe discutir o montante de externalidade negativa causado pela rigidez dos preços.

Os autores apontam que os custos relacionados à rigidez são de segunda ordem, isso tanto do lado privado quanto do lado social, porém os custos sociais podem ser relativamente maiores que os custos privados, comparativamente, podendo assim confirmar a hipótese de que um equilíbrio com rigidez de preços faria a econo-

mia convergir para flutuações ineficientes no produto¹.

Tirando o foco da rigidez de preços, alguns estudos subsequentes priorizam o modo que as informações se disseminam no ambiente econômico. O que constitui uma nova linha de pesquisa que será melhor detalhada abaixo.

Neste contexto, [MANKIW & REIS \(2002\)](#) baseados num modelo dinâmico de ajustamento de preços, supõem que as informações não seriam absorvidas instantaneamente pelos agentes, as informações são limitadas, e os agentes mesmo considerados racionais não detêm todo o conjunto de informações para tomada de decisões. Substitui o modelo de preço rígido pelo de informação rígida, no qual as firmas mudariam suas expectativas de preço de acordo com as sinalizações de mercado.

Neste sentido, o modelo implementado pelos autores é uma combinação do modelo de ajustes aleatórios de [CALVO \(1983\)](#) com elementos de [LUCAS \(1973\)](#) no que tange ao uso do modelo de informação imperfeita, com foco para o que [MANKIW & REIS \(2002\)](#) denominam de informações rígidas. A principal diferença é que com informações rígidas as expectativas são racionais e a credibilidade dos agentes é considerada.

Partindo deste contexto metodológico o artigo chega a três principais conclusões: (1) deflações são sempre contracionistas; (2) variação na inflação é positivamente correlacionada com a atividade econômica; e (3) os distúrbios de política monetária têm seu máximo impacto nas variações de inflação com uma certa defasagem.

¹Implica dizer que a economia convergiria para um ajuste nominal incompleto

Para enfatizar os resultados encontrados por [MANKIW & REIS \(2002\)](#), [CARROL \(2006\)](#) enfatiza a importância da informação para a modelagem econômica. Entretanto, sugere que as expectativas dos agentes se formam de maneira análoga à difusão de uma epidemia. Mais precisamente, o referido autor supõe que alguns agentes são racionais e formulam as suas próprias expectativas, essas são repassadas através da mídia. Não obstante, mesmo que nem todos os agentes tenham acesso à informação, esta se difunde no ambiente econômico de forma idêntica à disseminação de uma doença.

Dando continuidade a esta revisão sobre as explicações teóricas dos ajustes nominais incompletos, a linha mais recente de explicação é composta por uma abordagem evolucionária, na qual encontra-se inserida a presente proposta de pesquisa. Esta linha de pesquisa interpreta este fenômeno macroeconômico como uma propriedade emergente de um jogo de estabelecimento de preços, nos quais os agentes formadores de preços apresentam algum tipo de racionalidade limitada, como conjuntos de informação desatualizados ou capacidade de obter informações apenas locais.

Tomando como base o modelo proposto por [BALL & ROMER \(1989\)](#), [CANTAGALO \(2009\)](#) analisa a questão do ajustamento nominal incompleto em uma economia com concorrência monopolística, porém sob a perspectiva da complexidade. Os agentes neste modelo escolhem entre combinações de preço e trabalho visando maximizar sua utilidade, após suas escolhas são computadas suas utilidades e posteriormente comparadas com a utilidade de um agente representativo, este é escolhido entre todos os agentes por ter apresentado a maior utilidade num tempo $t - 1$.

Sob este enfoque o autor conclui que, na ausência de agentes heterogêneos, os resultados encontrados pelo modelo são bem próximos dos encontrados no artigo de [BALL & ROMER \(1989\)](#). Porém, ao inserir agentes heterogêneos, o modelo retorna resultados bem diferentes dos encontrados em [BALL & ROMER \(1989\)](#). Entretanto, [CANTAGALO \(2009\)](#) ressalta que o fato dos choques monetários serem muito frequentes podem ter contribuído para este resultado.

Seguindo esta mesma linha, [BONOMO et al. \(2003\)](#), baseados em [BLANCHARD & KIYOTAKI \(1987\)](#), também constroem um modelo no qual consideram uma economia com concorrência monopolística, porém fazem isto com o propósito de testar os custos de voltar ao equilíbrio dado um programa de estabilização de preços previamente anunciado e efetivado pelas autoridades monetárias na presença de complementaridade estratégica.

Afirmam que mudanças de políticas econômicas geram ajustes nominais incompletos no curto prazo, devido ao fato que nem todos os agentes da economia se comportam de modo racional. Entretanto, segundo os autores, o ajuste nominal incompleto, causado pela racionalidade limitada de alguns agentes, não é duradouro, pois no longo prazo o modelo volta ao equilíbrio. Este comportamento deve-se ao fato que, neste modelo, apenas alguns agentes respondem imediatamente à mudança de preços, enquanto os outros continuam a adotar a estratégia ótima com base nos preços anteriores.

Ainda nesta linha de pesquisa, [SILVEIRA & LIMA \(2009\)](#) propõem inserir um custo para atualizar o conjunto informacional das firmas, com o propósito de investigar o comportamento no ní-

vel de preços da economia. Os autores mostram que esta teoria demanda um caráter evolucionário dos agentes, na qual as estratégias das firmas, quanto à alocação dos agregados reais, podem se alterar de acordo com as mudanças nos cenários econômicos. A teoria requer que as unidades mínimas de comportamento atuem efetivamente com jogadores capazes de escolher por si só uma estratégia pertencente à coleção de estratégias factíveis.

Para isso foi usado no artigo a teoria de jogos evolucionários, chamada de dinâmica replicadora, a qual estabelece que os indivíduos adotem suas decisões estratégicas de acordo com as observações dos *payoffs* médios e assim alterem suas decisões a depender desses *payoffs*. SILVEIRA & LIMA (2009) concluem que mesmo a estratégia Nash não sobrevivendo no longo prazo, a moeda é neutra. Porém, afirmam que no curto prazo há ajuste nominal incompleto.

Para completar o debate resta ainda destacar uma última contribuição que encontra-se inserida ainda na linha de abordagem evolucionária. Uma abordagem do ajustamento nominal incompleto com foco em agentes com expectativas interativas. Esta linha de argumentação prevê que os agentes/firmas consideram as interações socioeconômicas na tomada de decisão.

Neste contexto SAINT-PAUL (2005) propõe um experimento para analisar rigidez de preços. A proposta é partir de um equilíbrio em uma economia povoada por agentes imperfeitamente racionais, incapazes de inferir por si só a regra de preço ótimo, de modo que experimentam regras de bolso. O autor tenta encontrar resposta para duas perguntas principais: (1) esta economia converge para um equilíbrio de expectativas racionais?; e caso isto

não ocorra, (2) se seria possível delimitar algum comportamento específico de preços rígidos?

Tentando responder a estas perguntas, parte da afirmação que a influência que um agente exerce sobre o outro apresenta impactos no nível geral de preços, em outras palavras, admite interações locais. Assim, propõe um jogo em que as firmas serão divididas em cenários econômicos distintos com regras para a decisão de preço e estoque monetário, também distintas. Faz uso de simulação computacional e ao final de cada rodada do jogo permite que os agentes possam mudar suas estratégias - que neste contexto indica mudar o cenário - a depender dos *payoffs*, o que confere aos agentes características adaptativas.

A mudança de estratégia por parte de uma firma dependerá do *payoff* associado à estratégia adotada pela firma. Logo, *payoffs* elevados induzem as firmas a manterem suas estratégias, enquanto que *payoffs* baixos fazem as firmas migrarem para estratégias alternativas. Interessante observar que o autor inclui no seu modelo um efeito de aprendizagem, de maneira que os agentes que participaram do experimento são capazes de aprender com os *payoffs* no decorrer do jogo.

Baseado neste experimento [SAINT-PAUL \(2005\)](#) argumenta que, embora o equilíbrio de expectativas racionais esteja entre os equilíbrios possíveis, a economia não converge para este. Ao contrário disto, a economia converge para um equilíbrio no qual o nível geral de preços não reage na mesma proporção aos choques monetários. Entretanto, esta conclusão a favor da não-neutralidade monetária depende dos parâmetros que são adotados, pois o autor argumenta que a moeda pode ser quase neutra no longo prazo se

a autocorrelação dos choques monetários for alta. Dentro desta análise, a rigidez de preços é causada por dois fatores: (1) uma alta intensidade de interação local; e, (2) uma baixa variância dos choques monetários.

Realizada esta breve revisão sobre as explicações sobre o ajustamento nominal incompleto, pode-se inferir que sob a influência teórica dos novos-keynesianos, a ocorrência da não neutralidade da moeda depende diretamente da presença de “imperfeições” de mercado. Uma autora que evidencia muito bem esta afirmação é [MOLLO \(2004\)](#), que ressalta que para os economistas do *mainstream* a neutralidade da moeda não se confirma no curto prazo, pois não há tempo hábil para corrigir as imperfeição do mercado, como, informação imperfeita, contratos sobrepostos e custo de menu, sendo esses fatores responsáveis por uma certa rigidez de preços. Por sua vez, no longo prazo a economia voltaria ao equilíbrio no qual a dicotomia clássica é restabelecida, pois estas imperfeições seriam corrigidas.

A presente dissertação propõe-se a analisar a neutralidade monetária sob uma perspectiva evolucionária. Para isto fará uso do pensamento novo-Keynesiano como arcabouço teórico para a análise de curto prazo. Entretanto, com o intuito de testar a hipótese de neutralidade da moeda para além do curto prazo, será utilizada a teoria de modelos de escolhas ternárias com motivações sociais como estratégia de modelagem para incorporar externalidades de redes no processo de formação de expectativas inflacionárias.

Capítulo 2

Um Modelo de Escolha Ternária de Ajustamento Nominal

O presente capítulo tem por objetivo apresentar a estrutura do modelo de escolha ternária em rede de ajustamento nominal incompleto proposto na presente dissertação. Para tanto, inicialmente, faz-se necessário expor os conceitos que fundamentam a construção do referido modelo. Assim, na seção 2.1 será apresentada um modelo de tomada de decisão individual com campo de escolha ternária sujeito à externalidades de redes. Na seção 2.2, mais precisamente na subseção 2.2.1, será apresentado o modelo de concorrência monopolística de [BALL & ROMER \(1989\)](#), o qual será utilizado como modelo de formação de preços de referência. A

partir deste modelo e deixando-se de lado a suposição de que os N produtores localizam instantaneamente o equilíbrio de Nash simétrico de fixação de preços, elabora-se na subseção 2.2.2 um modelo de formação de preços em rede, cuja dinâmica será analisada via simulações computacionais no próximo capítulo.

2.1 Estrutura do modelo de escolhas ternárias com externalidades de rede

2.1.1 Caracterização da tomada de decisão individual com campo de escolha ternário e utilidade aleatória

Considere um agente i que deve escolher uma entre três alternativas mutuamente excludentes, denotadas por $-1, 0$ e 1 . Seja $\sigma_i \in \{-1, 0, 1\}$ a escolha do agente i em um dado momento. Como será visto mais detalhadamente no que segue, tais escolhas representarão decisões relativas ao ajustamento do preço por parte de uma firma uniproduto em um ambiente de concorrência monopolística, a qual deve decidir em um determinado momento entre: baixar o preço do seu produto ($\sigma_i = -1$), mantê-lo inalterado ($\sigma_i = 0$) ou aumentá-lo ($\sigma_i = 1$).

Como destaca TRAIN (2003), as preferências (e, portanto, a função utilidade que as representa) dependem de *motivações observáveis* da alternativa σ_i , que podem ser atributos observáveis da própria alternativa, bem como do tomador de decisão. Além destas motivações, existem ainda as *motivações não observáveis*, oriundas

das características idiossincráticas do agente. Este último tipo de motivações tornam a decisão do agente um fenômeno estocástico do ponto de vista de um observador.

Dado o caráter probabilístico do processo de escolha, a literatura de modelos de escolhas discretas (*cf.* TRAIN (2003)) trabalha com a seguinte forma aditiva da função utilidade:

$$\mathcal{U}(\sigma_i) = \mathcal{U}^d(\sigma_i) + \varepsilon(\sigma_i), \quad (2.1)$$

na qual $\mathcal{U}^d(\sigma_i)$ representa o componente determinístico da utilidade, associado às motivações observáveis, e $\varepsilon(\sigma_i)$ o componente aleatório, associado às motivações não observáveis.

Na literatura de modelos de escolha discreta o termo $\mathcal{U}^d(\sigma_i)$ depende tipicamente, como já destacado, de atributos observáveis da alternativa σ_i , sendo portanto uma função comum a todos os agentes sujeitos ao mesmo campo de escolha e ambiente estratégico.¹ Por sua vez, o termo $\varepsilon(\sigma_i)$ representa os aspectos idiossincráticos de origem subjetiva que afetam a ordenação de preferências do agente, ou seja, $\varepsilon(\sigma_i)$ é considerado uma variável aleatória.² Portanto, é este termo que torna a tomada de decisão individual um fenômeno aleatório.

Definidos o campo de escolha e a função utilidade do agente, pode-se tratar da sua tomada de decisão propriamente dita. Supondo-se que o agente i é um maximizador de utilidade, a alternativa

¹Ou seja, para dois agentes quaisquer i e j , se $\sigma_i = \sigma_j$, então $\mathcal{U}^d(\sigma_i) = \mathcal{U}^d(\sigma_j)$.

²Assim, para dois agentes quaisquer i e j , se $\sigma_i = \sigma_j$, pode-se ter (e possivelmente ter-se-á) $\varepsilon(\sigma_i) \neq \varepsilon(\sigma_j)$.

$\sigma_i \in \{-1,0,1\}$ será uma escolha ótima se

$$\mathcal{U}(\sigma_i) \geq \mathcal{U}(\sigma'_i), \forall \sigma'_i \in \{-1,0,1\}. \quad (2.2)$$

Usando-se (2.1), o critério de escolha (2.2) pode ser reescrito como segue:

$$\mathcal{U}^d(\sigma_i) - \mathcal{U}^d(\sigma'_i) \geq \varepsilon(\sigma'_i) - \varepsilon(\sigma_i), \forall \sigma'_i \in \{-1,0,1\}. \quad (2.3)$$

Em outros termos, a opção σ_i será uma escolha ótima para o i -ésimo agente caso o benefício líquido da parcela observável da função utilidade relacionada a esta escolha, dado por $\mathcal{U}^d(\sigma_i) - \mathcal{U}^d(\sigma'_i)$, não seja inferior ao benefício líquido não observado que os agentes associam as demais escolhas $\sigma'_i \in \{-1,0,1\}$.

Segundo esta análise, mesmo que a utilidade observada³ de uma estratégia σ_i seja maior que as utilidades observadas das outras duas estratégias, não segue necessariamente que a estratégia σ_i será escolhida pelo agente i , pois os incentivos não observáveis de pelo menos uma das outras duas estratégias podem ser fortes o suficiente tal que a torne mais atrativa do que a estratégia σ_i . Logo, dado o componente aleatório presente na decisão do i -ésimo agente, pode-se apenas estabelecer a probabilidade com que este agente escolhe a estratégia $\sigma_i \in \{1,0,-1\}$. Esta probabilidade, da-

³Expressa como uma função de atributos observáveis.

das as desigualdades (2.2) e (2.3), pode ser expressa como segue:

$$\begin{aligned}
 Prob(\sigma_i) &= Prob\left(\mathcal{U}(\sigma_i) \geq \mathcal{U}(\sigma'_i) \quad \forall \sigma'_i\right), \\
 &= Prob\left(\varepsilon(\sigma'_i) - \varepsilon(\sigma_i) \leq \mathcal{U}^d(\sigma_i) - \mathcal{U}^d(\sigma'_i) \quad \forall \sigma'_i\right), \\
 &= \int_{-\infty}^{\infty} I[\varepsilon(\sigma'_i) - \varepsilon(\sigma_i) \leq \mathcal{U}^d(\sigma_i) - \mathcal{U}^d(\sigma'_i) \quad \forall \sigma'_i] f(\vec{\varepsilon}_i) d\vec{\varepsilon}_i,
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

sendo $f(\vec{\varepsilon}_i)$ a função densidade de probabilidade conjunta do vetor de variáveis aleatórias $\vec{\varepsilon}_i = (\varepsilon(\sigma_i = -1), \varepsilon(\sigma_i = 0), \varepsilon(\sigma_i = 1))$ e $I[\cdot]$ uma função indicadora, igual a 1 se a desigualdade entre colchetes for verdadeira e zero caso contrário.

A função (2.4) é uma função de distribuição acumulada do componente aleatório da função utilidade (2.1). Esta função não indica, *a priori*, qual será efetivamente a escolha assumida pelo agente, mas somente a sua *propensão à escolha da estratégia* $\sigma_i \in \{-1, 0, 1\}$. Todavia, pode-se afirmar que a propensão à escolha da estratégia σ_i torna-se maior a medida que o diferencial dos incentivos observados a favor desta alternativa aumenta. Logo, as motivações não observáveis de caráter idiossincrático tendem a perder importância quanto maior for este diferencial observado.

Como destaca TRAIN (2003), diferentes modelos de escolha discreta são gerados a partir de distintas especificações de $f(\vec{\varepsilon}_i)$. A especificação mais simples e amplamente usada, segundo o citado autor, é a que desemboca no conhecido modelo *logit*.

Este modelo é derivado supondo-se que os componentes aleatórios da função utilidade (2.1) associados às alternativas $\{-1, 0, 1\}$ são variáveis aleatórias *independentes* e com a mesma *distribuição*

de probabilidades de valores extremos, cuja função densidade de probabilidades para cada componente aleatório $\varepsilon(\sigma_i)$ é uma distribuição do tipo Gumbel (ou de valor extremo tipo I), dada por:⁴

$$f(\varepsilon(\sigma_i)) = \beta e^{-\beta\varepsilon(\sigma_i)} e^{-e^{-\beta\varepsilon(\sigma_i)}}, \quad (2.5)$$

sendo $\beta > 0$ uma constante real.

A função de distribuição acumulada associada à função (2.5) é dada por:

$$F(\varepsilon(\sigma_i)) = e^{-e^{-\beta\varepsilon(\sigma_i)}}. \quad (2.6)$$

Com base em (2.5) e (2.6), a integral (2.4) torna-se a conhecida função de distribuição acumulada logística:⁵

$$\begin{aligned} Prob(\sigma_i) &= \frac{e^{\beta U^d(\sigma_i)}}{e^{\beta U^d(\sigma_i)} + e^{\beta U^d(\sigma'_i)} + e^{\beta U^d(\sigma''_i)}}, \\ &= \frac{1}{1 + e^{-\beta[U^d(\sigma_i) - U^d(\sigma'_i)]} + e^{-\beta[U^d(\sigma_i) - U^d(\sigma''_i)]}}, \end{aligned} \quad (2.7)$$

na qual σ_i, σ'_i e σ''_i representam três alternativas distintas.

Para fechar esta subseção, cabe registrar uma interpretação do parâmetro β sugerida por FREITAS (2003), a qual será útil posteriormente. Quanto menor for o valor assumido por este parâmetro, *ceteris paribus*, maior será o peso dos incentivos não observáveis sobre a propensão à escolha da alternativa σ_i pelo agente, ou seja, mais incerta será a decisão do agente i do ponto de vista do observador. Em outro termos, quando $\beta \rightarrow 0$ ter-se-á

⁴De fato, TRAIN (2003) toma $\beta = 1$. Na presente dissertação não se utilizará esta normalização, trabalhando-se com um $\beta > 0$ qualquer.

⁵Detalhes dos cálculos são encontrados no capítulo 3 de TRAIN (2003).

$Prob(\sigma_i) \rightarrow \frac{1}{3}$, ou seja, as escolhas tendem a se tornar equiprováveis, independentemente dos valores observados das utilidades determinísticas. Analogamente, *ceteris paribus*, quando $\beta \rightarrow \infty$ ter-se-á $Prob(\sigma_i) \rightarrow 1$ caso $\mathcal{U}^d(\sigma_i) > \mathcal{U}^d(\sigma'_i), \forall \sigma'_i \neq \sigma_i$, ou seja, a alternativa que apresentar a maior utilidade determinística será quase certamente a escolhida caso β torne-se suficientemente grande.

2.1.2 Caracterização da tomada de decisão individual com campo de escolha ternário, utilidade aleatória e externalidades de rede

A seção anterior focou a escolha individual de um agente i sem levar em consideração, explicitamente, o efeito desta decisão sobre as decisões de outros agentes inseridos no mesmo ambiente estratégico e sujeitos ao mesmo campo de escolha do agente i . Em outras palavras, a estrutura de interação entre os agentes, que pode gerar externalidades de rede, não foi explicitamente formalizada.

Como será visto na subseção 2.2.2, analisar-se-á um jogo repetido de fixação de preços de N produtores inseridos em um ambiente de concorrência monopolística, no qual cada produtor ao fixar seu preço em um dado período t deverá formar uma expectativa sobre a variação do nível geral de preços com relação ao período anterior $t - 1$. Esta variação do nível geral de preços resultará das decisões dos N produtores, que tomam suas decisões simultaneamente⁶ em um dado período. Cada produtor utilizará

⁶Ou seja, cada produtor toma sua decisão sem conhecer as decisões dos demais.

como fonte de informação as escolhas⁷ observadas em $t - 1$ feitas por outros produtores (seus vizinhos). Em suma, a utilidade de um produtor i dependerá do número de produtores que fizeram a mesma escolha, ou seja, a decisão de cada produtor estará sujeita a uma externalidade de rede.

DURLAUF (1977) e BROCK & DURLAUF (2001) propõem o uso de modelos da Mecânica Estatística como estrutura analítica para análise de fenômenos socioeconômicos nos quais a estrutura de interação é julgada ser um determinante relevante do fenômeno econômico em análise. Estes autores exemplificam este uso com modelo de escolha binária, mostrando a analogia com o conhecido *modelo de Ising* da Física Estatística. Propõe-se aqui uma adaptação análoga, a saber, a utilização da estrutura formal do *modelo de Potts* da Física Estatística, que é uma generalização do modelo de Ising para um número finito qualquer de estados de um *spin*, o equivalente a um agente no presente contexto econômico.⁸

Seguindo DURLAUF (1977) e BROCK & DURLAUF (2001), acrescentar-se-á um terceiro componente à função utilidade (2.1), com o intuito de formalizar o princípio de que em um determinado ambiente de interação estratégica cada agente busca se adaptar levando em consideração o comportamento predominante em sua *vizinhança social*. Esta vizinhança do agente i , daqui em diante denotada por n_i , pode ser definida como o conjunto de agentes cujos comportamentos são monitorados pelo i -ésimo agente e que, portanto, influenciam de alguma forma a tomada de decisão do

⁷Que, lembrando, são: baixar o preço ($\sigma_i = -1$), mantê-lo inalterado ($\sigma_i = 0$) ou aumentá-lo ($\sigma_i = 1$).

⁸Uma apresentação didática do modelo de Potts é encontrada em Meyer, (2000).

agente i .⁹

Com a inclusão de efeitos de vizinhança, ou seja, de externalidades de rede, as escolhas de cada um dos N agentes da população passam a ser afetadas por motivações sociais, ou seja, pelas escolhas dos seus vizinhos. Assim, em termos do modelo de escolha discreta exposto na subseção 2.1.1, pode-se afirmar que a proposta de DURLAUF (1977) é de acrescentar externalidades de rede como um incentivo observável, levando à seguinte decomposição da utilidade determinística:

$$\mathcal{U}^d(\sigma_i) = \alpha \mathcal{U}^p(\sigma_i) + \mathcal{U}^s(\sigma_i, \vec{\sigma}_i^e), \quad (2.8)$$

sendo $\alpha > 0$ uma constante paramétrica que mede o peso relativo da *utilidade privada determinística* $\mathcal{U}^p(\cdot)$, a qual representa todos os incentivos observáveis, exceto as externalidades de rede, e $\mathcal{U}^s(\cdot)$ a *utilidade social determinística*, a qual representa o efeito das externalidades de rede. Cabe salientar que a utilidade social depende não só da escolha do agente i , mas também das escolhas que este agente espera que seus vizinhos farão, representadas pelo vetor $\vec{\sigma}_i^e \equiv \{\sigma_j^e\}_{j \in n_i}$, com $\sigma_j^e \in \{-1, 0, 1\}$.

Inserindo (2.8) em (2.1), obtém-se diretamente a nova expressão para a utilidade do agente i associada à escolha σ_i :

$$\mathcal{U}(\sigma_i) = \alpha \mathcal{U}^p(\sigma_i) + \mathcal{U}^s(\vec{\sigma}_i) + \varepsilon(\sigma_i). \quad (2.9)$$

⁹A vizinhança social de um agente tipicamente é um subconjunto próprio da população (interação local), embora possa ser a população como um todo (interação global).

A partir desta nova função utilidade e utilizando-se a mesma linha de raciocínio desenvolvida na subseção 2.1.1, chega-se à propensão à escolha da alternativa σ_i , dada em (2.7), na qual $U^d(\cdot)$ é dada por (2.8).

Fechar-se-á a presente subseção tratando-se da formalização da utilidade social determinística. Para tal, inicialmente deve-se estabelecer o tipo de rede na qual os agentes serão inseridos. Utilizar-se-á uma rede regular, mais especificamente, uma rede quadrática (*squared lattice*) para representar as interconexões entre os N agentes (*spins*). Como no modelo de Potts, a vizinhança social n_i do i -ésimo agente localizado na posição $(\ell, c) \in \{1, \dots, L\}^2$ na rede quadrada de ordem L será formada pelos vizinhos mais próximos (*nearest neighborhood*), ou seja, os agentes localizados nas seguintes coordenadas:

$$n_i \equiv \{(m, n) \in \{1, 2, \dots, L\}^2 : |k - m| + |\ell - n| = 1\}. \quad (2.10)$$

Se for associada à rede quadrada de ordem L uma matriz $L \times L$, o agente i localizado na posição (3,5) de uma rede de ordem $L \geq 6$ será o elemento ou célula (3,5) da referida matriz quadrada. Assim, o agente i localizado na célula (3,5) terá os seguintes vizinhos mais próximos: vizinho à esquerda localizado em (3,4), vizinho à direita localizado em (3,6), vizinho abaixo localizado em (4,5) e vizinho acima localizado em (2,5).

A partir da definição (2.10), infere-se que os agentes localizados na primeira linha ou coluna ou na última linha ou coluna da matriz $L \times L$ terão menos do que quatro vizinhos mais próximos. Para sanar isto, adotam-se as chamadas condições periódicas de

contorno. Os agentes localizados na linha 1 da matriz $L \times L$ terão como “vizinhos acima” os agentes localizados na linha L e respectivas colunas. Os agentes localizados na linha L da matriz $L \times L$ terão como “vizinhos abaixo” os agentes localizados na linha 1 e respectivas colunas. Os agentes localizados na coluna 1 da matriz $L \times L$ terão como “vizinhos à esquerda” os agentes localizados na coluna L e respectivas linhas. Por fim, os agentes localizados na coluna L da matriz $L \times L$ terão como “vizinhos à direita” os agentes localizados na coluna 1 e respectivas linhas.

Definida a vizinhança de cada agente, pode-se definir a utilidade social de cada agente $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ posicionado na coordenada $(\ell, c) \in \{1, 2, \dots, L\}^2$ da rede quadrada de ordem L como segue:¹⁰

$$U_i^s(\vec{\sigma}_i) = \frac{J}{4} \sum_{j \in n_i} \delta_{\sigma_i \sigma_j}, \quad (2.11)$$

sendo $J > 0$ uma constante paramétrica que mede o grau de influência da vizinhança e $\delta_{\sigma_i \sigma_j}$ o *delta de Kronecker*, tal que $\delta_{\sigma_i \sigma_j} = 1$ se $\sigma_i = \sigma_j$ e 0 caso contrário, o qual pode ser redefinido como:

$$\delta_{\sigma_i \sigma_j} = \sum_{j \in n_i} \frac{1}{2} [\sigma_i \sigma_j + 3\sigma_i^2 \sigma_j^2 - 2(\sigma_i^2 + \sigma_j^2) + 2]. \quad (2.12)$$

Usando (2.12), a utilidade social (2.11) pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$U_i^s(\sigma_i) = \frac{J}{8} \sum_{j \in n_i} [\sigma_i \sigma_j + 3\sigma_i^2 \sigma_j^2 - 2(\sigma_i^2 + \sigma_j^2) + 2]. \quad (2.13)$$

¹⁰Naturalmente, $N = L \times L$.

Sobre esta utilidade é importante destacar três pontos. Primeiro, a utilidade social é formalmente equivalente a chamada *energia de interação* entre *spins* no modelo de Potts, (MEYER 2000). Segundo, do ponto de vista econômico, a premissa de que $J > 0$, implica que cada agente buscará se conformar ao comportamento predominante em sua vizinhança. Mais precisamente, quando o agente i adota um comportamento similar ao comportamento esperado do vizinho $j \in n_i$ sua utilidade é aumentada em $\frac{J}{4}$, logo o agente i maximizará sua utilidade social adotando o comportamento que ele espera que será predominante na sua vizinhança. Por último, cabe salientar que a utilidade social foi normalizada de maneira que ela pode assumir os valores $\{0, \frac{J}{4}, \frac{J}{2}, \frac{3J}{4}, J\}$.

Apresentado a estrutura do modelo de escolhas ternárias com motivações sociais, a próxima seção tratará da apresentação do modelo de jogo em rede de formação de preços em uma economia com concorrência monopolística.

2.2 Estrutura do modelo de escolha ternária de ajustamento nominal

Na presente seção apresentar-se-á um jogo em rede de fixação de preços de N produtores inseridos em um ambiente de concorrência monopolística, no qual cada produtor ao fixar seu preço em um dado período t deverá formar uma expectativa sobre a variação do nível geral de preços com relação ao período anterior $t - 1$. Esta variação do nível geral de preços resultará das decisões dos N produtores, que tomam suas decisões simultaneamente.

O modelo computacional baseado em agentes aqui proposto pode ser visto como uma versão em rede do modelo de formação de preços de uma economia com concorrência monopolística apresentado por [BALL & ROMER \(1989\)](#). Com base nesta versão em rede torna-se formalmente possível substituir a hipótese de expectativas racionais,¹¹ pela hipótese de expectativas interativas (*interactive expectations*) proposta por [FLIETH & FOSTER \(2002\)](#).

Como estabelece [GOYAL \(2007, p.25\)](#), um jogo em rede é definido especificando-se: (i) o conjunto de jogadores; (ii) as ações que cada jogador pode escolher em cada rodada do jogo; (iii) a descrição da rede de relações entre os jogadores; e (iv) a descrição de como as ações e a rede, em conjunto, definem os *payoffs* para cada jogador em cada rodada. Levando isto em consideração, na próxima subseção apresentar-se-á o modelo de [BALL & ROMER \(1989\)](#), utilizado para especificar os itens (i) e (ii) do jogo em rede proposto na presente dissertação. Por sua vez, os itens (iii) e (iv) deste jogo em rede serão especificados na subseção [2.2.2](#).

2.2.1 O modelo de concorrência monopolística de referência

[BALL & ROMER \(1989\)](#) desenvolvem uma versão simplificada do modelo de [BLANCHARD & KIYOTAKI \(1987\)](#). Mais precisamente, elaboram um modelo de concorrência monopolística no qual N produtores (*yeoman farmers*) utilizando apenas suas

¹¹Ou seja, a hipótese de que a economia alcança automaticamente o equilíbrio de Nash simétrico do jogo de fixação de preços.

próprias dotações de trabalho, produzem N bens distintos, mas substitutos próximos entre si, de maneira que não há um mercado de trabalho propriamente dito.¹²

BALL & ROMER (1989) supõem que o i -ésimo produtor tem suas preferências representadas pela seguinte função utilidade:

$$U_i = C_i - \left(\frac{\xi - 1}{\gamma \xi} \right) L_i^\gamma - z D_i, \quad (2.14)$$

sendo C_i o índice de consumo deste produtor; $\xi > 1$ a elasticidade de substituição entre dois bens quaisquer; $\gamma > 1$ o parâmetro associado à desutilidade marginal do trabalho; L_i a quantidade de trabalho empregada pelo produtor i ; D_i a *dummy* que capta a variação no preço nominal do bem i (igual a um se ocorre variação do preço e nula caso contrário); e, finalmente, z o custo de menu. Como o foco da presente dissertação não é sobre o custo de menu, fixar-se-á $z = 0$.

O índice de consumo do produtor i depende não só do consumo do bem i , mas também dos demais bens consumidos por este produtor, ou seja:

$$C_i = N \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N C_{ij}^{\frac{\xi-1}{\xi}} \right]^{\frac{\xi}{\xi-1}}, \quad (2.15)$$

sendo C_{ij} a quantidade consumida do bem j pelo produtor i .

BALL & ROMER (1989) argumentam ainda que o número N de produtores na economia é suposto suficientemente grande, de

¹²**BALL & ROMER (1989)** usaram este modelo de formação de preços com o intuito de analisar as externalidades negativas da rigidez de preços.

modo que a contribuição do produtor i para o produto agregado é desprezível.

O i -ésimo produtor está sujeito à seguinte função de produção:

$$Y_i = L_i, \quad (2.16)$$

sendo Y_i a quantidade produzida do bem i .

A partir das premissas listadas anteriormente, as decisões ótimas de cada produtor podem ser obtidas em dois estágios, apresentados adiante.

Primeiro estágio: decisões ótimas relativas às quantidades

Primeiramente, tomando os preços dos bens como dados, obtém-se as quantidades consumidas que maximizam o índice de consumo (2.15) do produtor i sujeito à seguinte restrição orçamentária:

$$\sum_{j=1}^N P_j C_{ij} = I_i, \quad (2.17)$$

sendo I_i a renda do produtor i , tomada neste estágio como exógena.

Montando-se a função Lagrange do problema de maximização condicionada anteriormente delineado e derivando-a com relação a C_{ij} , com $j = 1, 2, \dots, N$, chega-se ao seguinte sistema de equações:

$$\left(\frac{C_{ij}}{C_{ik}} \right)^{-\frac{1}{\xi}} = \frac{P_j}{P_k}, \quad \text{com } i, j, k = 1, 2, \dots, N \text{ e } j \neq k. \quad (2.18)$$

Tem-se, então, para cada par de bens j e k , a usual igualdade entre a taxa marginal de substituição entre dois bens e a razão entre os

seus preços.

Inserindo-se (2.18) na restrição orçamentária (2.17), chega-se as quantidades consumidas ótimas dos N bens pelo produtor i :

$$C_{ik} = \frac{1}{N} \left(\frac{P}{P_k} \right)^\xi \frac{I_i}{P}, \text{ com } i, k = 1, 2, \dots, N, \quad (2.19)$$

sendo P o nível geral de preços, definido como:

$$P = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N P_j^{1-\xi} \right)^{\frac{1}{1-\xi}}. \quad (2.20)$$

Os gastos com a cesta de consumo ótima pode ser escrito como $C_i P$,¹³ tal que a restrição orçamentária (2.17) torna-se:

$$C_i P = I_i. \quad (2.23)$$

Naturalmente, a renda do produtor i é determinada pelo preço vigente do bem i e pela quantidade demandada deste bem

¹³Com efeito, inserindo-se (2.19) na restrição orçamentária (2.17), e após algumas manipulações algébricas, chega-se a:

$$\left(\sum_{j=1}^N C_{ij} \frac{\xi-1}{\xi} \right)^{\frac{\xi}{\xi-1}} \left(\sum_{j=1}^N P_j^{1-\xi} \right)^{\frac{1}{1-\xi}} = I_i, \quad (2.21)$$

a qual pode ser reescrita como segue:

$$N \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N C_{ij} \frac{\xi-1}{\xi} \right)^{\frac{\xi}{\xi-1}} \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N P_j^{1-\xi} \right)^{\frac{1}{1-\xi}} = I_i. \quad (2.22)$$

Usando-se as definições (2.15) e (2.20), chega-se a (2.23).

Y_i^D , ou seja, $I_i = P_i Y_i^D$. Supondo-se que $Y_i = Y_i^D$, tem-se:

$$I_i = P_i Y_i. \quad (2.24)$$

Igualando-se (2.23) e (2.24), obtém-se:

$$C_i = \frac{P_i Y_i}{P}, \quad (2.25)$$

ou seja, o consumo do produtor i é determinado por sua receita real.

A demanda pelo produto i é, por construção, o somatório do consumo deste bem por todos os produtores, ou seja:

$$Y_i^D = \sum_{j=1}^N C_{ji}. \quad (2.26)$$

Inserindo-se os consumos ótimos (2.19) em (2.26), obtém-se:

$$Y_i^D = \sum_{j=1}^N \frac{1}{N} \left(\frac{P}{P_i} \right)^\xi \frac{I_j}{P}, \quad (2.27)$$

Utilizando-se (2.24), a expressão (2.27) pode ser reescrita como segue:

$$Y_i^D = C \left(\frac{P_i}{P} \right)^{-\xi}. \quad (2.28)$$

sendo C o consumo médio, definido como:

$$C = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N C_j. \quad (2.29)$$

A função (2.28) indica que a demanda pelo bem i está negativamente relacionada ao seu preço relativo e diretamente relacionada ao consumo médio da economia.

Finalmente, cabe salientar que a quantidade ótima de trabalho utilizada pelo produtor i é dada por (2.28), pois da suposição de que $Y_i = Y_i^D$ e de (2.16) segue que $L_i = Y_i^D$.

Segundo estágio: decisões ótimas relativas aos preços

Utilizando-se (2.25), a função (2.14) pode ser reescrita como:

$$U_i = \frac{P_i Y_i}{P} - \left(\frac{\xi - 1}{\gamma \xi} \right) L_i^\gamma. \quad (2.30)$$

Por sua vez, desde que $L_i = Y_i = Y_i^D$, com base em (2.28) pode-se reescrever a função utilidade(2.30) como segue:

$$U_i = C \left(\frac{P_i}{P} \right)^{1-\xi} - \left(\frac{\xi - 1}{\gamma \xi} \right) C^\gamma \left(\frac{P_i}{P} \right)^{-\gamma\epsilon}. \quad (2.31)$$

Em BALL & ROMER (1989) a moeda é introduzida tomando-a como um meio de troca necessário para as transações, o que torna possível utilizar a oferta monetária como uma aproximação de uma variação na demanda agregada nominal. Mais precisamente, fazendo-se $M = PC$, sendo M o estoque nominal de moeda da economia, a função utilidade (2.31) transforma-se em:

$$U_i = \frac{M}{P} \left(\frac{P_i}{P} \right)^{1-\xi} - \left(\frac{\xi - 1}{\gamma \xi} \right) \left(\frac{M}{P} \right)^\gamma \left(\frac{P_i}{P} \right)^{-\gamma\epsilon}. \quad (2.32)$$

Portanto, a utilidade do i -ésimo produtor passa a depender da escolha feita por este produtor do seu preço P_i , bem como do nível geral de preços resultante das N decisões de preços tomadas simultaneamente e do estoque nominal de moeda fixado pela política monetária.

O preço ótimo do i -ésimo produtor P_i^* é aquele que maximiza (2.32), a saber:

$$P_i^* = P^\phi M^{1-\phi}, \quad (2.33)$$

sendo $\phi = \frac{1+(1-\xi)(1-\gamma)}{1-\xi(1-\gamma)}$, tal que $0 < \phi < 1$. Este parâmetro é a elasticidade do preço ótimo do produtor i com relação ao nível geral de preços. Quanto maior ϕ , maior a influência global das decisões de fixação de preços dos demais produtores sobre a decisão de preço do produtor i , ou seja, maior o grau de complementaridade estratégica.

O equilíbrio de expectativas racionais ou equilíbrio de Nash simétrico de fixação de preços

Um equilíbrio de Nash simétrico do jogo de fixação de preços proposto por [BALL & ROMER \(1989\)](#) ocorre quando $P_i^* = P$ para todo $i = 1, 2, \dots, N$. Neste caso tem-se $P_i^* = P = M$, $C_i = C = 1$ e $Y_i = 1$ para todo $i = 1, 2, \dots, N$.

2.2.2 O jogo em rede de ajustamento nominal

Na presente seção apresenta-se um modelo de escolha ternária com externalidades de rede com o intuito de analisar o processo de ajustamento nominal gerado pelo jogo exposto na subseção [2.2.1](#)

ao se deixar de lado a suposição de que os N produtores localizam instantaneamente o equilíbrio de Nash simétrico de fixação de preços.

O relaxamento da hipótese supracitada implica que em um dado período t o produtor i ao decidir sobre seu preço $P_{i,t}$ deverá formar uma expectativa sobre qual será o nível geral de preço P_t , que poderá ser frustrada, com o intuito de aplicar a regra ótima (2.34). Assim, a escolha do preço do bem i pelo seu produtor passa a ser dada por:

$$P_{i,t} = (P_{i,t}^e)^\phi (M_t)^{1-\phi}, \quad (2.34)$$

sendo $P_{i,t}^e$ o nível geral de preços esperado em t pelo i -ésimo produtor e M_t o estoque nominal de moeda vigente no citado período.

Abandonada a hipótese de expectativas racionais, ou seja, a hipótese de que $P_{i,t}^e = P_t$, surge a necessidade de uma hipótese alternativa sobre o processo de formação de expectativas. Adotar-se-á a hipótese de expectativas interativas sugerida por [FLIETH & FOSTER \(2002\)](#).

O uso de expectativas interativas leva em consideração o inserção de aspectos psicológicos dos agentes no modelo, levando em consideração o fato de que na presença de incerteza os agentes são racionalmente limitados, de modo que as interações interpessoais interferem na tomada de decisão ([FLIETH & FOSTER 2002](#)). Este tipo de expectativa presume ainda que os indivíduos identificam-se uns com os outros, o que não significa que estes possuem o mesmo ponto de vista.

A hipótese de expectativas interativas será introduzida no jogo de fixação de preços de [BALL & ROMER \(1989\)](#) usando o ar-

cabouço analítico da modelagem de escolhas discretas apresentado na seção 2.1. Cada produtor i deverá decidir a cada período t se baixa o seu preço ($\sigma_{i,t} = -1$), mantém este inalterado ($\sigma_{i,t} = 0$) ou o aumenta ($\sigma_{i,t} = 1$). Se o i -ésimo produtor apresentar o estado $\sigma_{i,t} = -1$ será denominado, daqui em diante, um agente do tipo *deflacionário*; caso apresente o estado $\sigma_{i,t} = 0$ será denominado um agente do tipo *neutro*; e, finalmente, caso apresente o estado $\sigma_{i,t} = 1$ será denominado um agente do tipo *inflacionário*.

Ao decidir se será um agente inflacionário, neutro ou deflacionário no período t , o produtor i escolherá a estratégia associada à maior utilidade total (2.1), na qual a utilidade determinística é dada por (2.8). No restante desta subseção serão especificados os três componentes da utilidade total de cada produtor, bem como suas propensões à escolha das três estratégias de ajustamento de preços.

Considere-se, inicialmente, a utilidade privada determinística. Esta será especificada como segue:

$$\mathcal{U}^p(\sigma_{i,t}) = \left(\frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \right) \sigma_{i,t}. \quad (2.35)$$

Nota-se que se $\sigma_{i,t} = -1$ e $P_t < P_{t-1}$, ter-se-á $\mathcal{U}^p(\sigma_{i,t}) > 0$. O mesmo aconteceria se $\sigma_{i,t} = 1$ e $P_t > P_{t-1}$. Em suma, se o agente i foi deflacionário (inflacionário) no período t e o nível geral de preços caiu (subiu) neste período com relação a $t - 1$, sua utilidade privada determinística em t será estritamente positiva, mais precisamente igual ao módulo da taxa de variação percentual do preço em t com relação a $t - 1$.

Por sua vez, caso o produtor i tenha sido neutro em t , ter-

se-á $\mathcal{U}^p(\sigma_{i,t} = 0) = 0$. Lembrando-se que são as diferenças entre utilidades totais das alternativas os determinantes das propensões à escolha, cabe esclarecer que se o i -ésimo produtor tenha sido neutro em t e $P_t > P_{t-1}$, ter-se-á $\mathcal{U}^p(\sigma_{i,t} = 0) - \mathcal{U}_i^p(\sigma_{i,t} = -1) = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} > 0$, enquanto que $\sigma_{i,t} = 0$ e $P_t < P_{t-1}$ implica que $\mathcal{U}^p(\sigma_{i,t} = 0) - \mathcal{U}^p(\sigma_{i,t} = 1) = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} < 0$. Assim, sob a condição de uma situação inflacionária recente, haveria incentivos, em termos observados e de caráter privado, para o produtor i se tornar inflacionário no presente.

Tratar-se-á agora com a utilidade social determinística. Suponha-se, como feito na subseção 2.1.2, que os $N = L^2$ produtores estejam inseridos em uma rede quadrada de ordem L com condições periódicas de contorno e que suas vizinhanças sejam formadas pelos seus vizinhos mais próximos. Assim, a utilidade social determinística do produtor i em t é dada por (2.13), usando como base os estados do produtor i e de seus vizinhos em t , ou seja:

$$\mathcal{U}^s(\sigma_{i,t}) = \frac{J}{8} \sum_{j \in n_i} [\sigma_{i,t-1} \sigma_{j,t-1} + 3\sigma_{i,t-1}^2 \sigma_{j,t-1}^2 - 2(\sigma_{i,t-1}^2 + \sigma_{j,t-1}^2) + 2]. \quad (2.36)$$

Cabe aqui reforçar alguns comentários feitos na subseção 2.1.2. Do ponto de vista econômico, a premissa de que $J > 0$, implica que cada produtor i buscará imitar a estratégia de ajustamento de preço predominante em sua vizinhança. Mais precisamente, quando o produtor i adota uma estratégia similar ao que ele espera que seu vizinho j adotará, sua utilidade social e, consequentemente, sua utilidade total aumenta em $\frac{J}{4}$. Assim, a utilidade social terá um peso relativamente maior sobre a decisão do produ-

tor quanto maior for a constante de interação J .

Com relação às utilidades aleatória das alternativas, como na subseção 2.1.1, adotar-se-á que são variáveis aleatórias independentes e com distribuição de probabilidades de valores extremos idênticas, cuja função densidade de probabilidades para cada componente aleatório $\varepsilon(\sigma_{i,t})$ é uma distribuição do tipo Gumbel (ou de valor extremo tipo I), cuja forma funcional é dada por (2.5). Com base nestas premissas sobre as utilidades aleatórias, como apresentado na subseção 2.1.1, torna-se possível expressar a propensão à escolha da alternativa $\sigma_{i,t}$ como segue:

$$Prob(\sigma_{i,t}) = \frac{1}{1 + e^{-\beta[U^d(\sigma_{i,t-1}) - U^d(\sigma'_{i,t-1})]} + e^{-\beta[U^d(\sigma_{i,t-1}) - U^d(\sigma''_{i,t-1})]}}. \quad (2.37)$$

Para fechar o modelo proposto, resta mostrar como cada produtor, após definir seu estado em t , determina seu nível geral de preços esperado em t e, com base nele, fixa o preço do seu produto neste período. Se o produtor i for neutro em t , isto significa que ele espera que o nível geral de preços em t será igual ao valor em $t-1$, ou seja, $P_{i,t}^e = P_{t-1}$. Por sua vez, se o produtor i for deflacionário, o nível geral de preços que ele espera que vigorará em t deve ser maior do que P_{t-1} . Adotar-se-á a premissa de que o produtor i , neste caso, fixará um valor para $P_{i,t}^e$ selecionado aleatoriamente do intervalo real $[0, P_{t-1}]$. Analogamente, caso o produtor i seja inflacionário ele escolherá uma valor para $P_{i,t}^e$ acima de P_{t-1} , mais precisamente um valor escolhido aleatoriamente no intervalo real $[P_{t-1}, 2P_{t-1}]$.

A explicação intuitiva exposta anteriormente pode ser posta de maneira mais resumida como segue. Seja $\tilde{P}_{i,t} \in [a, b] \subset \mathbb{R}$

uma variável aleatória uniformemente distribuída. O nível geral de preços esperado pelo produtor i no período t será dado por:

$$P_{i,t}^e = \begin{cases} \tilde{P}_{i,t} \in [0, P_{t-1}], & \text{se } \sigma_{i,t} = -1, \\ P_{t-1}, & \text{se } \sigma_{i,t} = 0, \\ \tilde{P}_{i,t} \in [P_{t-1}, 2P_{t-1}], & \text{se } \sigma_{i,t} = 1. \end{cases} \quad (2.38)$$

Com base neste nível geral de preços esperado em t , o produtor i usa a regra de escolha ótima (2.34) para definir o preço do seu produto em t . O nível geral de preços em t é, então, calculado pela fórmula (2.20). Em um dado período t poderá haver heterogeneidade de preços individuais, bem como um nível geral de preços distinto do referente valor no equilíbrio de Nash simétrico de fixação de preços. No próximo capítulo serão feitas simulações computacionais do modelo de escolha ternária de ajustamento nominal com o intuito de analisar a dinâmica do processo de ajustamento de preços.

Capítulo 3

Propriedades e resultados do modelo de escolha ternária de ajustamento nominal

No presente capítulo analisa-se, via simulações computacionais, o processo de ajustamento nominal gerado pelo modelo de formação de preços em rede com expectativas interativas apresentado na seção 2.2.2 do capítulo anterior.

Para tanto, inicialmente, na seção 3.1 apresenta-se uma descrição de como se deu a implementação computacional do modelo. Na seção 3.2 será realizado um breve resumo do método de mini-

mização da soma dos quadrados dos erros, que será utilizado para calibrar o modelo computacional e, assim, tornar a simulação mais realista. Ainda nesta seção serão investigadas propriedades agregadas emergentes do modelo calibrado. Finalmente, na seção 3.3 apresentam-se testes de convergência, o comportamento das variáveis macroeconômicas de interesse e, por fim, testes para verificar qual o impacto da política monetária sobre o nível geral de preços e o produto.

3.1 Implementação Computacional

O modelo de escolha ternária em rede apresentado na seção 2.2 do capítulo anterior será implementado computacionalmente utilizando-se o *software* MatLab. A economia será formada por produtores inseridos numa rede quadrada de ordem $L = 10^2$, de modo que o número total de produtores será $N = 10^4$. Ademais, nos experimentos computacionais que seguem, quando não se fizer referência explícita a evolução do estoque nominal de moeda, estar-se-á considerando este estoque constante e igual a 1.

Assim, como definido na subseção 2.2.2, cada produtor irá se deparar em um determinado período t com o conjunto de escolhas $\{-1,0,1\}$, podendo realizar apenas uma mudança de estratégia ao início de cada período. Como a distribuição das escolhas de estratégias na população em t afetam as decisões individuais no tempo $t+1$, no período inicial $t = 0$, para não gerar viés, supõe-se que cada uma das estratégias $\{-1,0,1\}$ são adotadas por $\frac{1}{3}$ dos produtores. A distribuição das estratégias na rede, respeitando a proporcionalidade supracitada, é realizada de maneira aleatória. Este mesmo

princípio é aplicado às escolhas dos preços por parte das firmas no período $t = 0$, ou seja, os preços iniciais das firmas são selecionados aleatoriamente (i.e., com base em uma distribuição de probabilidade uniforme) no intervalo $[0,2] \subset \mathbb{R}$. Após a definição dos preços individuais, calcula-se o nível geral de preços no tempo $t = 0$ com base na equação (2.20).

No início do período $t = 1$, manteve-se a mesma distribuição de estratégias do período anterior, assim, com base nesta, e no nível geral de preços $P(0)$, foram calculados os preços esperados pelos produtores com base na equação (2.38). Com esses preços e usando-se a equação (2.34) obteve-se os preços fixados pelos produtores em $t = 1$. Finalmente, com base nestes últimos, calculou-se o nível geral de preços $P(1)$ usando-se a equação (2.20).

No início do período $t = 2$, toma-se como base o nível de preços e distribuição de estratégias do período $t = 1$ para que possam ser calculadas as utilidades determinísticas privadas, cf. (2.35), e as utilidades determinísticas sociais, cf. (2.36), dos agentes, as quais permitem obter as utilidades totais determinísticas de acordo com a equação (2.8). Calculadas estas utilidades, tomar-se-à função de distribuição acumulada logística dada por (2.37) e, deste modo, será mensurada a propensão à escolha para todos os agentes não só para a estratégia adotada por cada um deles em $t = 1$, mas também para as demais estratégias no conjunto de escolha $\{1, 0, -1\}$.

A partir das propensões à escolha do i -ésimo produtor para cada estratégia, a escolha efetivamente feita por este produtor em $t = 2$ foi implementada computacionalmente como segue. Após calculadas as respectivas propensões à escolha das alternativas,

pode-se dispô-las em um segmento de reta no intervalo $[0,1] \subset \mathbb{R}$, conforme representado na Figura 3.1.

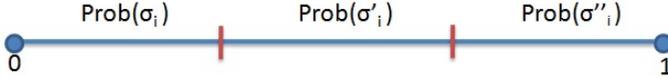


Figura 3.1: Reta de probabilidade.

Concluída esta etapa, utilizou-se o comando *rand* do Matlab para escolher aleatoriamente um número $r \in [0,1] \subset \mathbb{R}$. A título de ilustração, suponha-se que $\sigma_{i,t} = 0, \sigma'_{i,t} = 1$ e $\sigma''_{i,t} = -1$. Assim, se $r \leq \text{Prob}(\sigma_{i,t} = 0)$, o produtor i adotará a estratégia neutra no tempo t ; se $\text{Prob}(\sigma_{i,t} = 0) < r \leq \text{Prob}(\sigma_{i,t} = 0) + \text{Prob}(\sigma_{i,t} = 1)$, o produtor i adotará a estratégia inflacionária no tempo t ; por último, caso $r > \text{Prob}(\sigma_{i,t} = 0) + \text{Prob}(\sigma_{i,t} = 1)$, o produtor i adotará a estratégia deflacionária. Aplicando-se este procedimento para todo produtor, forma-se uma nova distribuição de estratégias.

Com base na distribuição de estratégias recém formada e no nível geral de preços do período $t = 1$, os 10^4 produtores formam suas expectativas de preços usando a regra de formação de preço esperado (2.38), resultando o vetor $(P_{1,1}^e, P_{2,1}^e, \dots, P_{10^4,1}^e)$. Após estabelecidos os preços esperados, com base na regra de formação de preços (2.34) são obtidos os preços individuais para $t = 2$, resultando o vetor $(P_{1,1}, P_{2,1}, \dots, P_{10^4,1})$. Com este vetor de preços fixados pelos produtores em $t = 2$, calcula-se para $t = 2$ o nível geral de preços da economia por (2.20), o nível de produto, assim

como a variância dos preços praticados pelos produtores.¹ Todo o procedimento aqui descrito para o período $t = 2$ aplica-se para qualquer outro período $t \geq 3$.

3.2 Calibragem do Modelo Computacional

Esta seção apresentará um breve resumo do processo de calibração do modelo computacional aqui proposto. Este processo será utilizado no intuito de encontrar a melhor combinação de parâmetros, de modo a tornar a simulação mais realista. Para isto, a calibração fará uso de uma série empírica.

O método utilizado para a calibração dos parâmetros foi de minimizar a soma do quadrado dos erros. Este consiste em achar o conjunto de parâmetros ótimo que minimiza o diferencial entre os preços empíricos e os preços advindos da simulação, ou seja, minimiza a seguinte expressão:

$$\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (P_{e,t} - P_{s,t})^2, \quad (3.1)$$

em que T é o número de períodos, P_e o nível geral de preços referentes aos dados empíricos e P_s o nível geral de preços simulados.

A série empírica utilizada foi o *índice de preços ao Produtor dos Estados Unidos* (PPI - *Producer Price Indexes*). Dentro deste

¹A equação referente ao cálculo do nível de produto e da variância dos preços será apresentada na próxima seção.

indicador de preços foi escolhido os dados referentes ao consumo de bens finais. Os dados foram obtidos no *Federal Reserve bank of St. Louis* com base nos índices mensais para o período entre 04/1947 à 01/2008 .

Após definido o método e os dados que serão utilizados, o próximo passo é calibrar o modelo, para isto empregou-se 15000 combinações aleatórias do conjunto de parâmetros $(J, \beta, \phi \text{ e } \alpha) \in$ aos intervalos $[0,10], [0,5], [0,1]$ e $[0,5] \subset \mathbb{R}$, respectivamente. Neste contexto, a minimização dos erros (3.1) foi obtida através da combinação de parâmetros $(J = 6,9351, \beta = 2,0954, \phi = 0,75995 \text{ e } \alpha = 0,01228)$.

Usando-se os parâmetros ótimos supracitados torna-se possível realizar um comparação entre as séries empírica e simulada. Na Figura 3.2 encontra-se a série de preços observados, enquanto que na Figura 3.3 tem-se a série com os dados simulados no modelo calibrado. As figuras parecem indicar um comportamento semelhante entre as séries, demonstrado através da inclinação ascendente do nível geral de preços que ambas apresentam.

É cabível ainda, avaliar qual o comportamento que emerge do modelo proposto na presente dissertação, com base nos valores selecionados dos parâmetros.

Assim, será iniciada a explanação a partir do parâmetro β , este parâmetro é parte integrante da função de propensão à escolha da alternativa $\sigma_{i,t}$, dado o conjunto de escolhas $\vec{\sigma}_{i,t}$. O valor selecionado de β foi 2,0954, assim, um valor para β tão distante de zero, implica um peso relativamente alto atribuído aos incentivos determinísticos nas decisões dos agentes.

Para o parâmetro ϕ , o valor selecionado foi 0,75995. O ϕ mede

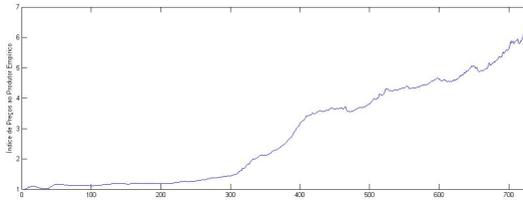


Figura 3.2: Evolução do índice de preços empíricos

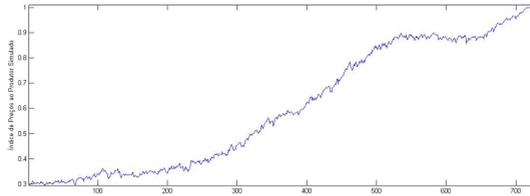


Figura 3.3: Evolução do índice de preços simulados

a elasticidade dos preços fixados pelas firmas com relação ao índice geral de preços, como explicitado na equação (2.34). Portanto, um valor para ϕ tão próximo de 1(um), atribui ao preço esperado uma alta complementaridade estratégica, mais precisamente, uma maior participação na determinação dos preços individuais em detrimento à oferta monetária.

Por sua vez, o parâmetro α mede o peso relativo da utilidade privada determinística. O valor selecionado para este parâmetro foi de 0.01228. De modo que dado o baixo valor encontrado para este parâmetro após a calibração, pode-se inferir que os agentes neste modelo não atribuem à parte privada um grande peso na determinação de sua utilidade.

Finalmente, o valor selecionado para J após a calibração foi de 6.9351. Portanto, o alto valor imputado ao mesmo, indica que os produtores percebem o alto grau de influência da vizinhança na determinação de sua utilidade.

Em resumo, o conjunto de parâmetros oriundos da calibração, e desta maneira, peculiar a série empírica, parecem demonstrar que as firmas aqui estudadas apresentam uma forte tendência a interação social, como também uma forte ponderação dos preços esperados pelos produtores para a formação dos preços praticados por estas.

Após avaliar a configuração que emerge do modelo, assumindo os valores selecionados dos parâmetros na calibração, será analisada qual a influência deste conjunto de parâmetros sobre a determinação das variáveis macroeconômicas neste modelo. Antes, porém, é necessário apresentar algumas medidas que serão assumidas daqui em diante.

Assim, lembrando que no modelo proposto por [BALL & ROMER \(1989\)](#), a oferta monetária pode ser definida por $M = PC$ e que não há investimento no referido modelo, pode-se tomar o produto agregado como o índice de consumo médio, apresentado por:

$$Y_i(t) = \frac{M(t)}{P(t)}, \quad (3.2)$$

Outra medida que será analisada é a variância dos preços, obtida através da equação:

$$VP(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [P_i(t) - P(t)]^2. \quad (3.3)$$

Apresentadas as medidas que faltavam, retornemos ao estudo do comportamento das variáveis macroeconômicas com os valores selecionados dos parâmetros após a calibração, através de uma análise gráfica. O primeira figura que será apresentada, corresponde a evolução e variância do nível geral de preços.

De acordo com o gráfico situado à esquerda na Figura 3.4, o nível geral de preços simulados parece apresentar uma tendência inflacionária, que cessa por volta da rodada 2100. É possível observar também, que a referida figura converge para um equilíbrio de Nash simétrico do jogo de fixação de preços proposto por [BALL & ROMER \(1989\)](#). Uma vez que, como proposto na seção (2.2.1), alcança o equilíbrio no ponto em que $P(t) = M(t)$.

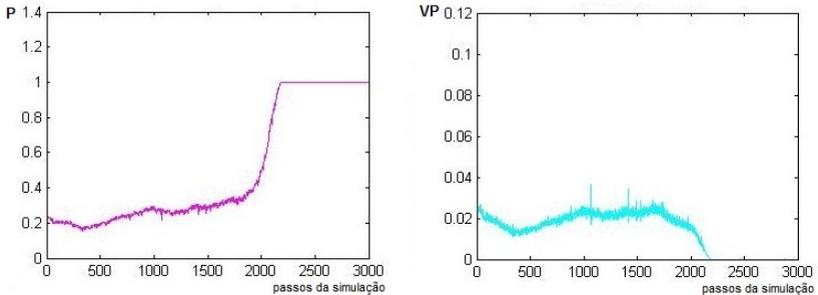


Figura 3.4: Evolução e variância do nível geral de preços

Na Figura 3.5, o comportamento do produto, conforme explicitado na equação (3.2), segue uma relação inversa aos preços, de modo que, apresenta uma tendência de decaimento. Muito embora, possa ser levantada a questão que nas primeiras 500 rodadas

esta tendência era contrária. Entretanto, esta relação adversa pode ser explicada pelo período de aprendizagem do modelo, de forma que nas primeiras simulações pode apresentar um comportamento distinto. O gráfico à direita mostra que, na presente simulação, as variáveis macroeconômicas novamente convergem para o *equilíbrio de Nash*, onde os preços/produto igualam-se a oferta monetária, neste caso, igual a 1.

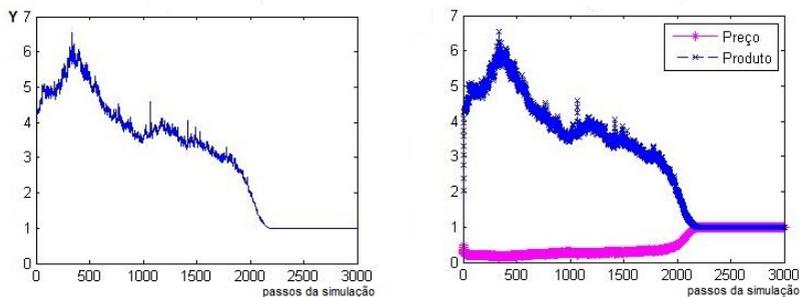


Figura 3.5: Evolução do produto e combinação preço vs produto

Essa tendência ao equilíbrio deve ser analisada sobre a perspectiva da distribuição das firmas em torno das diferentes estratégias durante as 3000 rodadas. A Figura 3.6 representa a distribuição dos produtores entre as diferentes expectativas, de modo que, encontra-se dividida entre os deflacionários, neutros, assim como aponta a legenda, e o *spin* inflacionário é representado pela proporção acima da linha que demarca os "*deflacionários+neutros*". Pode-se notar também que em $t = 0$ esta proporção encontra-se, como citado na seção 3.1, em $\frac{1}{3}$ para cada estratégia.

Observa-se, na Figura 3.6, que a estratégia neutra emerge como estratégia dominante que em torno da rodada 2150. Este resultado além de ratificar a existência do equilíbrio, remonta as firmas um caráter racional, de aversão ao risco e alta credibilidade das firmas no que concerne os tomadores de políticas econômicas, uma vez que, este tipo de estratégia toma o preço esperado como sendo o mesmo do período anterior. Outro detalhe interessante é que a primeira estratégia a ser extinta é do tipo inflacionária, seguida sob a defasagem de aproximadamente 150 passos do *spin* deflacionário.

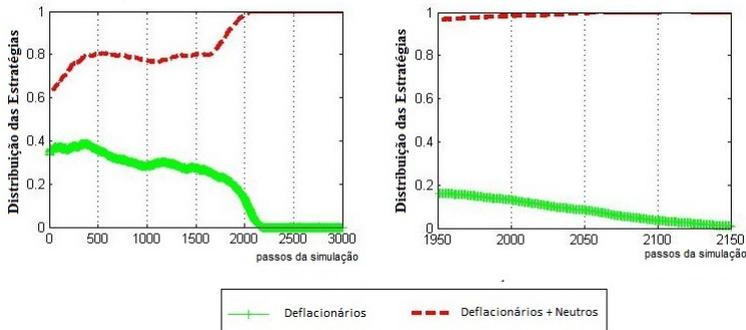


Figura 3.6: Evolução da distribuição entre as estratégias das firmas

Terminada esta breve avaliação dos resultados que emergem do modelo após a obtenção do conjunto ótimo de parâmetros, faz-se necessário a realização de alguns teste sobre o modelo. Estes serão realizados na próxima seção, assim como, a análise dos resultados destes testes.

3.3 Simulações computacionais e discussão de parâmetros

3.3.1 Análise de Convergência

Entende-se por convergência a possibilidade das variáveis contidas em um modelo afluírem para um valor estável, de forma que, na ausência de choques exógenos, este ponto não seja modificado.

Na seção anterior foi simulado o comportamento do modelo com o conjunto de parâmetros calibrados, pôde ser visto que o modelo calibrado converge para o equilíbrio de *Nash*. Isto ocorreu, na presença de predominância de uma estratégia sobre as demais, em outros termos, quando a propensão à escolha alternativa for igual a um, $P(\sigma_{i,t}) = 1$. De modo, que sob esta configuração pode-se intuir, que o nível geral de preços e o produto atingem um estado estacionário.

Entretanto, esta foi uma análise pontual, a fotografia do modelo com um conjunto específico de parâmetros. Sendo assim faz-se necessário investigar se este resultado se mantém com outras combinações de parâmetros.

Cabe salientar que salvo menção ao contrário, os valores dos parâmetros (J, β, α e ϕ) que serão utilizados nas seções que segue correspondem aos valores selecionados na calibração.

Para a implementação computacional da análise de convergência, pode-se considerar que o modelo alcança o estado estaci-

onário caso exista um período η , tal que a seguinte condição seja satisfeita:

$$\left| \frac{1}{\eta} \sum_{t=0}^{\eta} P_t - \frac{1}{\eta-1} \sum_{t=0}^{\eta-1} P_t \right| \leq 10^{-6}. \quad (3.4)$$

Caso seja constatada a existência de convergência, verificar-se-á qual o tempo necessário para o modelo convergir para o estado estacionário. De forma que, partindo do período de parada η , o tempo de convergência será obtido calculando-se retroativamente as diferenças entre as médias acumulada. Mais precisamente, o tempo de convergência será mensurado como a diferença de $\eta - \tau$, sendo τ o valor para o qual o seguinte critério de divergência retroativa tenha sido satisfeito:

$$\left| \frac{1}{\tau+2} \sum_{t=1}^{\tau+2} P_{\eta+1-t} - \frac{1}{\tau+1} \sum_{t=1}^{\tau+1} P_{\eta+1-t} \right| > 10^{-6}. \quad (3.5)$$

Para a realização destes testes, foram gerados 10^2 valores equidistantes, para cada parâmetro, tomando como ponto médio os valores calibrados. Este procedimento foi realizado *um-a-um*, em outros termos, a cada teste apenas um parâmetro do modelo foi incrementado em torno do seu valor ótimo, mantendo assim os demais parâmetros constantes.

Para todos os parâmetros e em todas as simulações o critério de convergência exposto na equação (3.2) foi satisfeito. Ou seja, independente da combinação de parâmetros testada, todas as simulações implementadas convergiram para um estado estacionário.

Teremos a seguir uma explicação concisa dos resultados deste

teste para cada um dos parâmetros:

Para a construção da Figura 3.7 foram gerado 100 valores equidistantes para o ϕ , assumindo assim como valor inicial $\phi = 0.0406$ e valor final $\phi = 0.995$. Pode-se observar que não emerge do teste uma tendência no comportamento do tempo de convergência, porém é possível verificar que para valores maiores que $\phi = 0.84$ aproximadamente, o modelo parece alcançar o equilíbrio em um número menor de passos da simulação. Observa-se também, na referida figura, que apesar de não apresentar uma tendência de comportamento, o tempo de convergência para este parâmetro apresenta vários picos, e, em geral, um maior tempo para alcançar o estado estacionário, chegando a 5995 períodos no tempo máximo de convergência e 12 períodos como tempo mínimo.

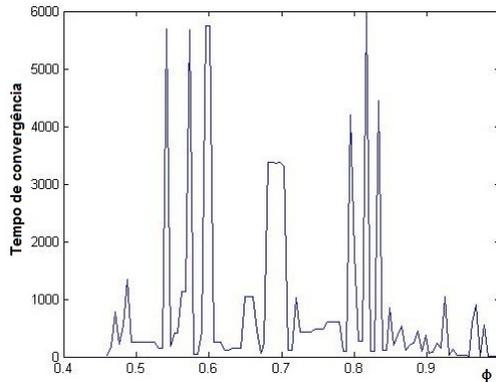


Figura 3.7: Tempo necessário para a convergência variando o parâmetro ϕ

Seguindo o mesmo padrão do teste realizado com ϕ , foram gerados 100 valores equidistantes para o parâmetro β , assumindo como valor inicial $\beta = 0.04$ e valor final $\beta = 4$. Assim como o parâmetro ϕ , variações em β não apresentam um padrão bem definido no que tange a influência deste parâmetro sobre o tempo de convergência, o que pode ser observado na Figura 3.8. Apresentando como tempo mínimo de convergência 66 períodos e tempo máximo 3003 períodos.

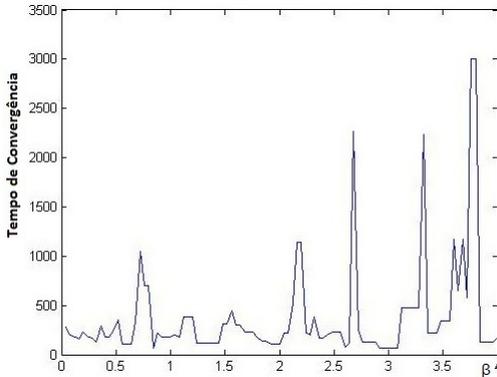


Figura 3.8: Tempo necessário para convergência variando o parâmetro β

A Figura 3.9 obedece as mesmas características dos testes anteriores, porém neste caso em específico, o objetivo é verificar o comportamento do modelo dada a relação entre o parâmetro que mede o peso relativo da utilidade social, J , e o parâmetro responsável pela parcela da utilidade privada, α , em outras palavras,

observar qual o comportamento do modelo quando os produtores atribuem um peso crescente a parte social mantendo a parcela privada constante. Para isto, o parâmetro α permaneceu o mesmo valor obtido na calibração, enquanto que para J , foram gerados 100 valores equidistantes com valor inicial $J = 5.04$ e valor final $J = 9$.

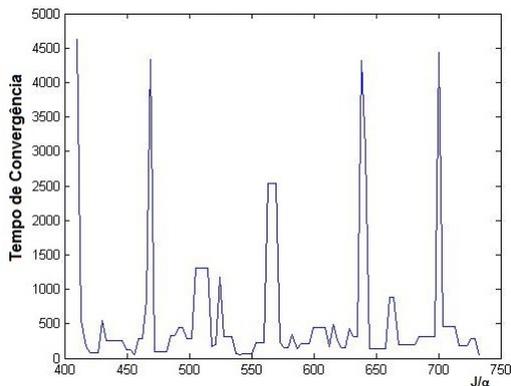


Figura 3.9: Tempo necessário para convergência variando o parâmetro J/α

Como observado, variações em J não alteram muito o comportamento do modelo. De modo que, assim como os demais parâmetros, oscilações em J não têm influência sobre o tempo necessário para que o modelo convirja ao estado estacionário. Apresentando como tempo mínimo necessário para a convergência 55 períodos e tempo máximo 4627 períodos.

3.3.2 Comportamento do nível geral de preços e produto no equilíbrio

Dado que o modelo de escolhas ternárias com motivações sociais exposto neste trabalho converge em todas as simulações, cabe analisar o nível geral de preços e o produto nestes equilíbrios. Para tanto, será utilizado o mesmo critério de gerar 100 valores equidistantes para cada parâmetro proposto na seção anterior.

Para a implementação computacional do teste de influência sobre as variáveis real e nominal do modelo, pode-se considerar o cálculo das médias entre o período em que o modelo alcança o estado estacionário η e o tempo de convergência, τ :

$$\frac{1}{\eta - (\tau + 1)} \sum_{t=\tau}^{\eta} P_t \quad (3.6)$$

de forma similar, a equação para o produto médio pode ser apresentada por:

$$\frac{1}{\eta - (\tau + 1)} \sum_{t=\tau}^{\eta} Y_t \quad (3.7)$$

Assumindo o mesmo critério de teste dos parâmetros, realizou-se outro experimento análogo ao anterior, porém com o objetivo de calcular a variância do nível geral de preço e produto no intervalo entre o tempo de convergência, τ , e o período em que o modelo alcança o estado estacionário η . Os resultados obtidos nestas 100 simulações estão representados nas figuras dispostas a seguir.

Como pode ser observado na Figura 3.10, para valores relativamente altos de ϕ , o nível de preços fica muito próximo à zero. Através deste resultado é possível inferir que, caso os produtores

assumam uma alta complementaridade estratégica, retirando de sua decisão de escolha, quase que totalmente, o peso atribuído a oferta monetária, o nível de preços da economia fica muito baixo. É interessante notar que, para a ampla maioria dos valores de ϕ o modelo não converge para o equilíbrio de Nash, esta configuração só se afirma quando ϕ se aproxima do valor obtido na calibração, a saber, $\phi = 0,75995$. Quanto ao produto, a figura indica que variações do parâmetro ϕ não afetam a variável real, porém para valores bem altos de ϕ , o gráfico à direita parece indicar um aumento no produto, este comportamento pode ter sido influenciado pelos baixos valores assumidos pelo nível geral de preços.

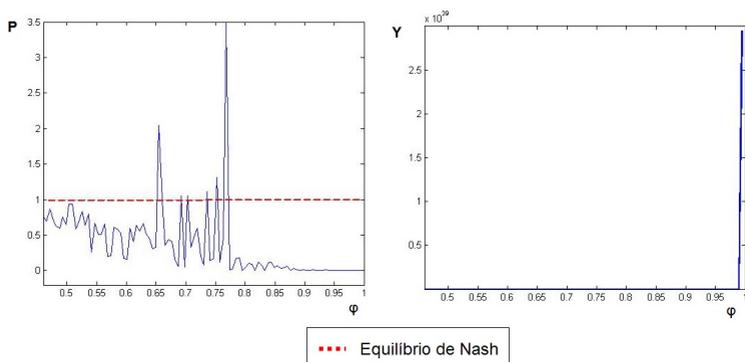


Figura 3.10: Nível geral de preços e produto em função do parâmetro ϕ

Com foco no comportamento das variáveis, nível de preço e produto, quando o β varia, a Figura 3.11 parece demonstrar que, para valores muito baixos de β o nível de preços teria um comporta-

mento relativamente estável, ou seja, caso os agentes atribuíssem um grande peso aos incentivos idiossincráticos nas decisões dos agentes, para β situado no intervalo entre $[0.04, 0.5]$ aproximadamente, variações neste parâmetro não alteraria o nível de preços. A partir de β aproximadamente igual a 0.7 não é possível indicar uma tendência no comportamento das variáveis, de modo que, variações neste parâmetro parece não afetar os preços e produto para valores maiores de 0.7.

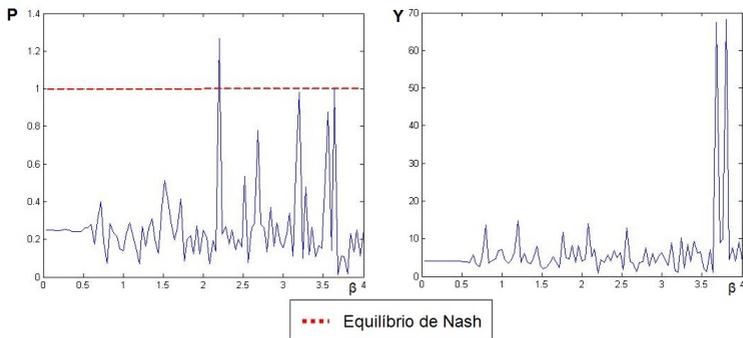


Figura 3.11: Nível geral de preços e produto em função do parâmetro β

Assumindo as variações em J , para o parâmetro J/α , de acordo com a Figura 3.12, o comportamento do nível geral de preços e produto não apresentam nenhuma tendência.

Com base nos resultados referentes a este teste observa-se que, o nível geral de preços, na maioria das simulações, não situa-se em torno do equilíbrio de Nash, porém este se confirma para o

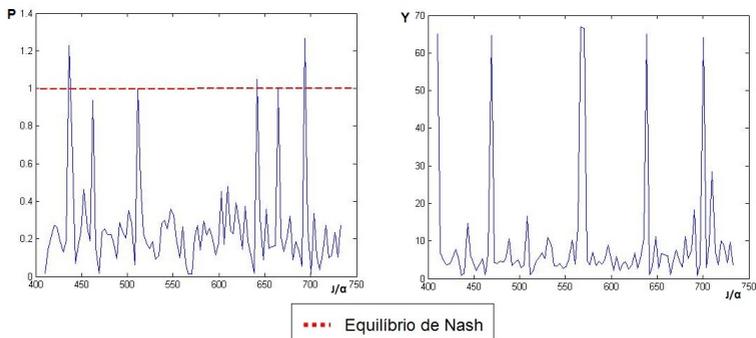


Figura 3.12: Nível geral de preços e produto em função do parâmetro J/α

conjunto de parâmetros ótimos obtidos na calibração.

Após estudado a influência dos diferentes parâmetros para o nível de preços e produto do modelo, a próxima seção irá verificar qual o impacto de uma política monetária sobre estas variáveis macroeconômicas e, assim, analisar a existência ou não, de um ajuste nominal incompleto.

3.3.3 A Questão da Neutralidade da Moeda

Para os clássicos a moeda é neutra. Esta afirmação consiste em aceitar que variações da demanda agregada advindas de políticas monetárias não teriam influência sob o produto no longo prazo, e, portanto, causariam variações na mesma proporção dos choques sob o nível geral de preços, em outras palavras, variáveis nominais não teriam impacto sobre o lado real da economia.

Os novos-keynesianos argumentam que a dicotomia clássica

pode ser refutada ao menos no curto prazo. Contudo, para esta escola de pensamento, a não completude do ajustamento nominal está relacionada a alguma “imperfeição de mercado”. De modo que no longo prazo esta imperfeição seria corrigida e a política monetária voltaria a ter efeito apenas sobre o nível geral de preço.

Com base neste arcabouço teórico e como já exposto anteriormente, a presente dissertação se propõe a estudar a premissa de neutralidade monetária num modelo de escolhas ternárias com motivações sociais, para isto serão realizados alguns testes no modelo proposto.

O primeiro teste consiste em realizar um choque monetário e verificar o comportamento do modelo calibrado. Este será realizado em duas etapas. Inicialmente, os choques monetários serão efetuados com heterogeneidade de estratégia e num segundo momento após a sobrevivência de uma estratégia dominante. Para isto, ambas as simulações serão realizadas com 6000 períodos, com a oferta monetária fixada em 1(um). Este valor adotado para a oferta monetária será válido para o modelo com formação heterogênea de expectativas até o período 1000, enquanto que para o modelo com uma única estratégia dominante até o período 3000, após este período irá ser simulado um aumento do nível do estoque nominal de moeda em 5%, passando para 1,05 e mantendo neste patamar até o final da simulação.

Começaremos a demonstração dos resultados dos testes assumindo uma economia com heterogeneidade na formação das expectativas de preços, deste modo a Figura 3.13 mostra o comportamento do nível geral de preços após a choque monetário. É possível verificar que logo após o choque há uma elevação do nível geral de

preços, como pode ser observado no gráfico à esquerda da referida figura. Todavia, o nível de preços apresenta uma inclinação ascendente apenas até o período 1005. De modo que, subtraindo da análise este curto período, percebe-se no gráfico à direita, que após a incidência do choque monetário o nível de preços cai, chegando a valores estritamente positivos, porém muito próximos de zero.

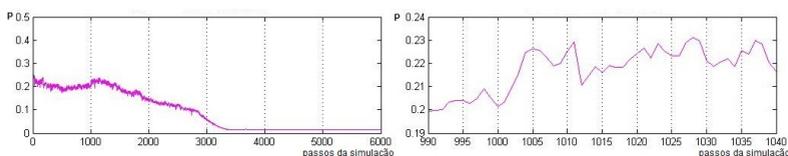


Figura 3.13: Evolução do nível geral de preços após choques monetários de 5%, em uma economia com formação heterogênea de expectativas.

O comportamento do produto é demonstrado na Figura 3.14. Observa-se que no momento da incidência do choque, o produto já se encontrava em elevação, de forma que, após o aumento do agregado monetário o produto continua a crescer. De acordo com a equação (3.2), o produto é inversamente proporcional ao comportamento do nível geral de preços. Portanto, em consonância com a teoria exposta nesta dissertação, após o choque monetário o produto tende a crescer chegando a níveis muito altos, configuração explicada pelo decaimento dos preços que chegam a alcançar valor muito próximo de zero.

Este comportamento das variáveis macroeconômicas, deve

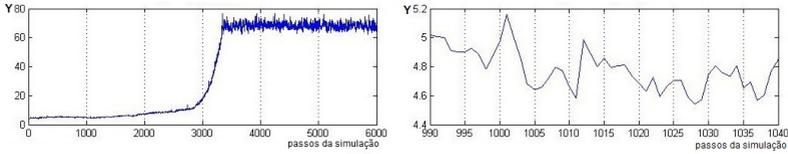


Figura 3.14: Evolução do produto após choques monetários de 5%, em uma economia com formação heterogênea de expectativas.

ser analisado com base na distribuição de expectativas na população de fixadores de preços. Como observa-se na Figura 3.15, a convergência para o equilíbrio com o preço próximo a zero, deve-se a predominância da estratégia deflacionária.

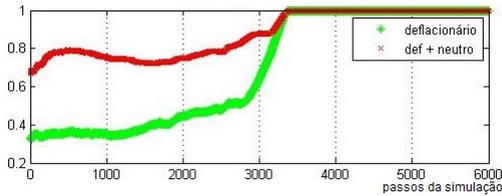


Figura 3.15: Distribuição dos *spins* após choques monetários de 5%, em uma economia com formação heterogênea de expectativas

Sob esta configuração é possível afirmar que, ao sofrer um choque monetário antes de alcançar o equilíbrio, o modelo proposto nesta dissertação, pode não convergir para o equilíbrio de Nash, bem como, não apresentar uma distribuição de expectativas com extinção da estratégia neutra.

Outra característica interessante que emerge deste modelo é que após o choque há um pequeno aumento na proporção de firmas do tipo inflacionária, de modo que, a política expansionista

parece influenciar as expectativas dos produtores, assim, prevendo um aumento no nível de preços, algumas destas empresas decidem corrigir seus preços para cima. Para demonstrar este efeito sobre a distribuição de expectativas, a Figura 3.15 foi aproximada.

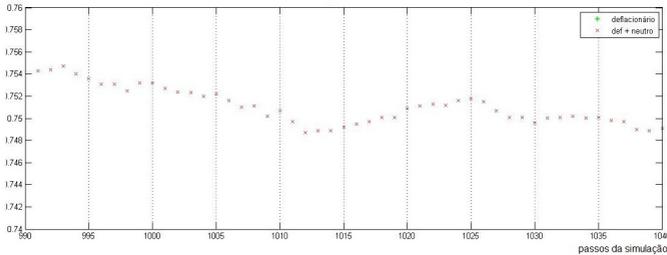


Figura 3.16: Figura (3.15) ampliada

No intuito de verificar se as características anteriormente levantadas são robustas, fez-se os mesmo teste aplicando-se choques monetários de 25%, 50%, 75% e 100%. Estes testes revelaram que caso a estratégia neutra seja configurada como estratégia dominante, os preços aumentam proporcionalmente ao choque monetário, como observado na Figura 3.17 e o produto apresenta uma elevação no curto prazo, convergindo posteriormente para o equilíbrio com produto igual a 1 (um).

Diante destes resultados pode-se estabelecer duas conclusões: (1) o ajustamento nominal é incompleto no curto prazo, caracterizado por flutuações no produto neste período; e, (2) O equilíbrio no modelo com formação heterogênea das expectativas de preços é atingida após a incidência de uma única estratégia dominante.

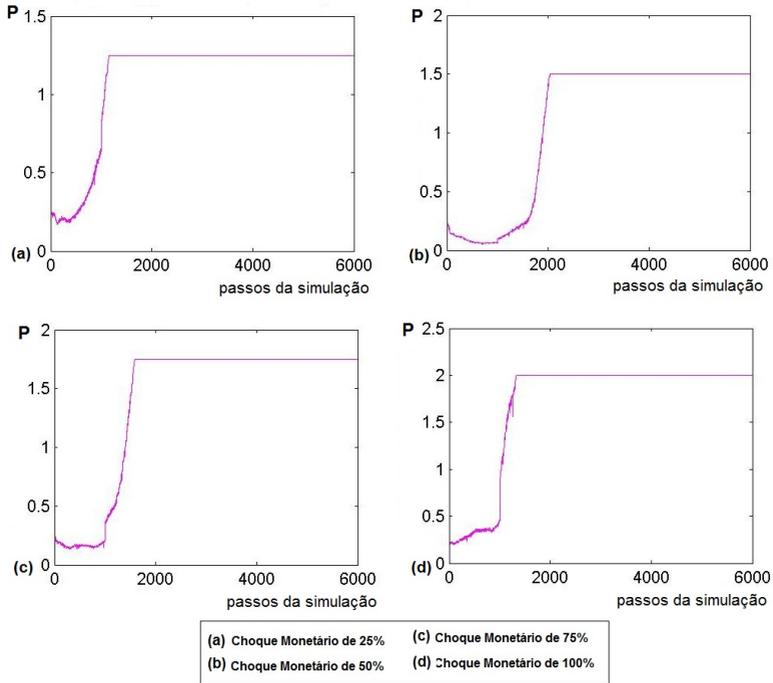


Figura 3.17: Evolução do nível geral de preços após diferentes proporções dos choques monetários.

Entretanto, este é o comportamento do modelo com o advento de choques monetário anterior à convergência ao estado estacionário e, assim, com formação heterogênea de expectativas. Há ainda a possibilidade de que no momento dos choques monetários a economia esteja em equilíbrio, de modo que, torna-se viável a análise do modelo com homogeneidade na formação de expecta-

tivas. A Figura 3.18 mostra a evolução do nível geral de preços nesta configuração.

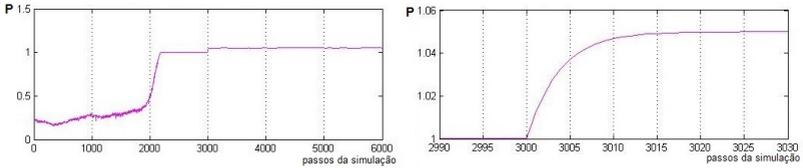


Figura 3.18: Evolução do nível geral de preços após choques monetários de 5%, em uma economia com formação homogênea de expectativas

De acordo com a Figura 3.18, imediatamente após o choque monetário, o modelo sai do equilíbrio e o nível geral de preços sofre uma pressão inflacionária, esta tendência de crescimento dos preços se mantém até que este convirja, aparentemente, para um novo nível de equilíbrio, nesta simulação, por volta do período 3025. Se observarmos com atenção a referida figura, poderemos notar que, este novo nível de equilíbrio está situado em 1,05, de modo que o aumento na oferta de moeda teve reflexo proporcional no nível de preços. O que parece indicar que no modelo aqui proposto a moeda é neutra.

Na Figura 3.19, apesar do gráfico a esquerda não apresentar aparentemente nenhuma alteração após a expansão da oferta monetária, esta existe, e para demonstrar isso foi construído o gráfico à direita. Assim, observa-se neste gráfico que logo após a incidência do choque monetário, o produto teve um aumento, chegando a níveis próximos de 4% de elevação, porém após alguns períodos apresenta um decaimento nos seus níveis,

voltando ao mesmo nível de produto anterior ao choque no período 3025. Neste ponto, aparentemente é reconstituído o equilíbrio.

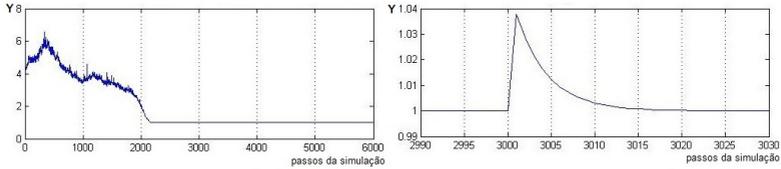


Figura 3.19: Evolução do produto após choques monetários de 5%, em uma economia com formação homogênea de expectativas

Pode-se concluir que, sobre esta configuração, variações nos agregados monetários não influenciam o produto no longo prazo. Entretanto, após a expansão monetária, o produto diverge do estado estacionário até convergir novamente ao equilíbrio, e deste modo, o ajustamento nominal incompleto no curto prazo é factível.

Resta ainda examinar como comporta-se a distribuição de estratégias após o choque monetário. Dado que o equilíbrio se constitui da predominância da estratégia neutra, é preciso estudar se as firmas revêem suas decisões com a expansão dos agregados monetários, ou se a dinâmica de formação das expectativas de preços segue a mesma configuração do equilíbrio.

A Figura 3.20 mostra que não há nenhuma alteração na formação de expectativa dos produtores. O que indica, que uma vez alcançado o estado estacionário, os agentes econômicos contidos neste modelo não revisam suas expectativas.

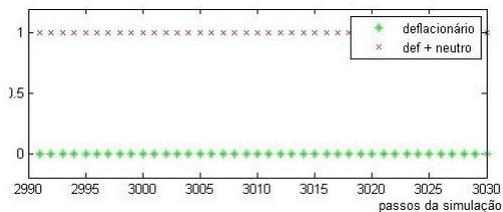


Figura 3.20: Distribuições dos *spins* após choques monetários de 5%, em uma economia com formação homogênea de expectativas

Seguindo o critério estabelecido para o teste com a incidência de choques monetários após a convergência ao estado estacionário, avaliou-se os resultados para o modelo quando a política monetária expansionista é adotada com formação homogênea de expectativas. Para tanto, efetuou-se aumentos de 25%, 50%, 75% e 100% na oferta monetária.

Após a realização deste teste os resultado para o nível geral de preços, P_t , e para a distribuição de estratégias foi a mesma explanada anteriormente. O produto da economia, com formação homogênea de expectativas, apresentou a mesma configuração que quando o teste foi realizado com formações heterogêneas de expectativas, entretanto, com mudanças no impacto inicial. Sob aquela formação de expectativas, verificou-se a respeito do produto que quanto maior o aumento da oferta monetária, maior a elevação deste no curto prazo, porém no longo prazo, assim como na análise anterior o produto retornará ao equilíbrio com $Y = 1$. Este resultado será demonstrado na Figura 3.21.

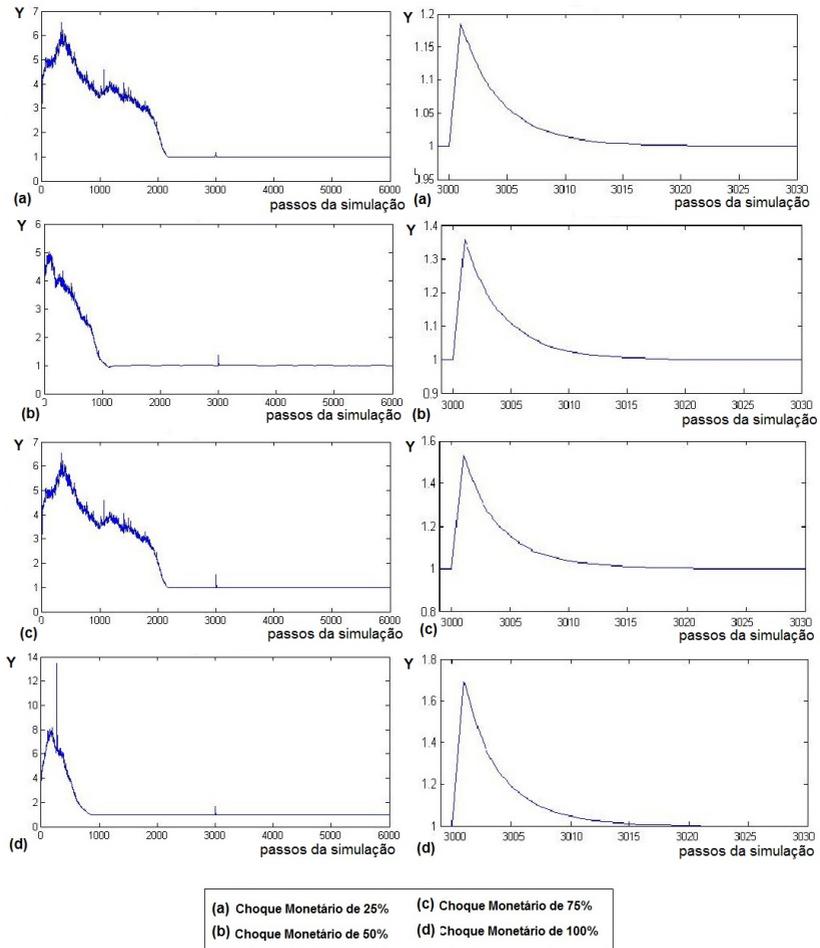


Figura 3.21: Evolução do Produto para diferentes proporções dos choques monetários

Assim, com base no que foi exposto no decorrer deste capítulo, pode-se concluir que a incidência de choques monetários após o modelo alcançar o estado estacionário retorna regularidades macroeconômicas compatíveis com os padrões encontrados na teoria novo-Keynesiana, de modo, que os preços apresentam um aumento na mesma proporção que os choques monetários e o produto, apesar de apresentar uma oscilação após o choque, e deste modo, afirmar um ajuste nominal incompleto no curto prazo, retorna ao seu valor de equilíbrio no longo prazo. Assim, pode-se afirmar que no modelo aqui estudado a moeda é neutra no longo prazo. Cabe salientar ainda que, neste teste a homogeneidade de expectativas é mantida, assim, choques monetários não alteram as estratégias na tomada de decisão dos agentes.

Já para a incidência de choques anterior à convergência do modelo ao equilíbrio, e, portanto, com formação heterogênea de expectativas, a simulação mostrou que, caso após alcançar o estado estacionário a estratégia dominante seja neutra, o modelo comporta-se do mesmo jeito que quando os choques são efetuados assumindo formação homogênea de expectativas dos preços. Todavia, se ao sofrer um choque monetário numa situação de heterogeneidade de expectativas o modelo convergir para uma situação, seja, de expectativas inflacionárias ou de expectativas deflacionárias, o equilíbrio macroeconômico será diferente do equilíbrio de Nash. Assim, a incidência dos choques monetários com formação heterogênea de expectativas não garante que, ao alcançar o equilíbrio, todas as firmas assumam as expectativas do tipo neutra, porém, caso este evento ocorra, este modelo emerge resultados idênticos à quando a adoção da política expansionista acontece

com formação homogênea de expectativas. Concluindo-se que, a neutralidade da moeda, imersa neste modelo, estar diretamente relacionada a formação de expectativas que emerge deste após alcançar o estado estacionário. Se neste momento a estratégia dominante for neutra, a moeda também será neutra, independente do momento em que ocorre o choque monetário.

Considerações Finais

O estudo da economia monetária é comum a macroeconomia, este estudo tem como foco principal a moeda e seu papel na economia. Contudo, juntamente com as devidas considerações sobre o estudo da moeda, surgem indagações sobre a influência desta ferramenta para as variáveis reais e nominais da economia. Sobre estas indagações os teóricos clássicos afirmaram através da dicotomia clássica que, variáveis nominais não geram impactos sobre as variáveis reais. E desde então cerrou-se um vigoroso debate acadêmico sobre a determinação da política de cunho monetário para as variáveis reais.

De modo que, sob este contexto o objetivo deste trabalho foi investigar o processo de ajustamento nominal desencadeado por choques de política monetária em um cenário de tomada de decisões descentralizadas (não coordenadas e com complementaridade estratégica), sob a abordagem de jogos evolucionários e simulação computacional fazendo uso do modelo de propensão individual com escolhas sociais.

Para tanto, no primeiro capítulo foi realizada uma breve re-

visão sobre o tema ajustamento nominal incompleto, tanto empírica quanto teórica. Tomando como base a teoria novo-keynesiana, apresentaram-se as diferentes linhas de pesquisa que envolve a completude ou não do ajustamento nominal, bem como seus argumentos e resultados.

Com o arcabouço teórico definido, no segundo capítulo buscou-se apresentar, sinteticamente, a estrutura analítica sobre a qual se fundamenta o modelo de escolhas discretas com motivações sociais desenvolvido neste trabalho, com o objetivo de avaliar a influência de uma vizinhança social na formação das expectativas de preços por parte das firmas. Em seguida, apresentou-se o modelo de referência, [BALL & ROMER \(1989\)](#), que constitui um modelo de formação de preços em uma economia monopolística, assim, como também, foram apresentadas as extensões e contribuições propostas nesta dissertação para o citado modelo.

No capítulo 3, utilizando-se do referencial metodológico, acerca do modelo de escolhas ternárias com motivações sociais desenvolvido no segundo capítulo, avaliou-se as propriedades e resultados que emergiram do modelo. Neste intuito, primeiramente foram estabelecidas as regras que balizaram as simulações computacionais. Em seguida, com o objetivo de aproximar o modelo teórico da realidade, foi realizada a calibragem dos parâmetros do modelo. Para tanto, o método escolhido foi o de minimizar a soma dos erros quadráticos, utilizando como série observada de referência os valores mensais do nível de preços ao produtor dos EUA, no período de 1947 a 2008.

Em relação aos resultados, o primeiro teste consistiu em verificar se a premissa de convergência era aceita para oscilações dos

parâmetros calibrados, tentando, assim, avaliar, se o modelo proposto sempre convergiria para o estado estacionário. Com base neste teste computacional, pôde-se inferir que, variando um parâmetro do modelo, *ceteris paribus*, a convergência ao equilíbrio é sempre alcançada.

O passo seguinte foi testar a influência dos parâmetros sobre as variáveis reais e nominais do modelo, para isto, foram utilizadas como variáveis o preço médio, o produto médio, a variância dos preços e a variância do produto. Inferiu-se com este teste, que variações dos parâmetros não apresentam uma tendência de comportamento sobre as variáveis.

Por fim, visando com o objetivo de avaliar a teoria do ajustamento nominal incompleto, o último teste consiste em verificar quais o características que emergem do modelo após a adoção de políticas monetárias expansionista, para isto, primeiramente foram realizados choques monetários de 5% sobre o modelo antes de alcançar o equilíbrio, e deste modo, com formação heterogênea de expectativas, bem como sobre o modelo após a convergência ao estado estacionário, e agora, com formação homogênea de expectativas. Posteriormente, utilizando o mesmo critério do teste anterior, porém variando a proporção dos choques monetários, foram simuladas expansões monetárias de 25%, 50%, 75% e 100%.

Os resultados que emergiram mostraram que após a ocorrência dos choques monetários, caso ao convergir ao equilíbrio a estratégia predominante seja do tipo neutra, pode-se afirmar, com base na configuração do modelo aqui estudado que há ajustamento completo no longo prazo. Entretanto, também foi observado que após o choque monetário há uma variação no produto real da eco-

nomia, de modo que se configura uma não neutralidade monetária no curto prazo.

Entretanto, ainda há muito a ser estudado sobre o tema proposto, de modo que, o trabalho aqui realizado não esgota todas as possibilidades. Sendo assim, sugere-se a futuras extensões deste, incorporar ao modelo uma maior precisão na formação de expectativas de preços, levando em consideração características mais realistas no que concerne à vizinhança. Outra sugestão seria o uso de metodologias econométricas, a fim de imputar maior robustez aos testes aqui propostos.

Referências

Bibliográficas

AKERLOF, G. A. & YELLEN, J. L. (1985), 'A near-rational model of the business cycle, with wage and price inertial', *The Quarterly Journal of Economics* **100**, 823–238.

BALL, L. & ROMER, D. (1989), 'Are price too sticky?', *Quarterly Journal of Economics* **104(3)**, 507–524.

BALL, L. & ROMER, D. (1991), 'Sticky prices as coordination failure', *American Economic Review* **81(3)**, 539–552.

BILS, M. & KLENOW, P. (2004), 'Some evidence on the importance os sticky prices', *Journal of Political Economy* **112(5)**, 947–985.

BLANCHARD, o. & KIYOTAKI, N. (1987), 'Monopolistic competition and effects os aggregate demand', *American Economic Review* **77(4)**, 647–666.

- BONOMO, M., CARRASCO, V. & MOREIRA, H. (2003), ‘Aprendizado evolucionário, inércia inflacionária e recessão em desinflações monetárias’, *Revista Brasileira de Economia* **57**(4), 663–681.
- BROCK, W. A. & DURLAUF, S. N. (2001), ‘Discrete choices with social interactions’, *The Review of Economic Studies* **68**, 235–260.
- CALVO, G. A. (1983), ‘Staggered prices in a utility-maximizing framework’, *Journal of Monetary Economics* **12**, 383–398.
- CANTAGALO, M. (2009), Os preços são muito rígidos? a mesma questão e as novas respostas encontradas através da modelagem computacional baseada em agentes., Master’s thesis, Universidade de São Paulo.
- CAPLIN, A. S. & SPULBER, D. F. (1987), ‘Menu cost and the neutrality of money’, *The Quarterly Journal of Economics* **102**(4), 703–726.
- CARROL, C. D. (2006), The epidemiology of macroeconomic expectation, *in* O. O. U. Press, ed., ‘The Economy As an Evolving Complex System III’.
- DURLAUF, S. (1977), *Statistical mechanics approaches to socioeconomic behavior. In: Arthur, W.B. and Durlauf, S.N. and Lane, D.A (Eds.). The economy as an evolving complex system II.*
- FERREIRA, A. N. (2003), Teoria Macroeconômica e Fundamentos Microeconômicos, PhD thesis, Universidade Estadual de Campinas, SP.

- FISCHER, S. (1977), ‘Long-term contracts, rational expectations and the optimal money supply rule’, *The Journal of Political Economy* **85**(1), 191–205.
- FLIETH, B. & FOSTER, J. (2002), ‘Interactive expectations’, *Journal of Evolutionary Economics* **12**, 375–395.
- FREITAS, G. G. (2003), *Economia e sistemas complexos: interações sociais, dinâmicas emergentes e uma análise da difusão da internet na cidade de são paulo*, Master’s thesis, Universidade de São Paulo.
- GOYAL, S. (2007), *Connections. An Introduction to the Economics of Networks*, Princeton University Press.
- LUCAS, R. E. (1972), ‘Expectations and the neutrality of money’, *Journal of Economic Theory* **4**, 103–124.
- LUCAS, R. E. (1973), ‘Some international evidence on output–inflation tradeoffs’, *The American Economic Review* **63**, 326–334.
- MANKIWI, N. & REIS, R. (2002), ‘Sticky information versus sticky prices: a proposal to replace the new keynesian phillips curve’, *The Quarterly Journal of Economics* **117**(4), 1295–1328.
- MARIOTTI, H. (2007), ‘Complexidade e pensamento complexo: Breve introdução e desafios actuais’, *Revista Portuguesa de Clí-nica Geral* **23**, 727–731.
- MEYER, P. (2000), ‘Computational studies of pure and dilute spin models’, Tese de Doutorado.
URL: <http://www.hermetic.ch/compsci/thesis/index.html>

- MOLLO, M. L. R. (2004), 'Ortodoxia e heterodoxia monetárias: A questão da neutralidade da moeda.', *Revista de Economia Política* **24**(3).
- of St. Louis, F. R. B. (2012), 'Dados referentes ao nível geral de preços ao produtor dos estados unidos'.
URL: <http://research.stlouisfed.org/fred2/>
- SAINT-PAUL, G. (2005), 'Some evolutionary foundations for price level rigidity', *American Economic Review* **95**(3), 765–779.
- SBICCA, A. & FERNANDES, A. L. (2005), 'A racionalidade em simon e a firma evolucionaria de nelson e winter: Uma visao sistematica.', *XXXIII Encontro nacional de Economia, Natal - RN*. Anais Eletronico do XXXIII Encontro Nacional de Economia.
- SILVEIRA, J. J. D. & LIMA, G. T. (2009), 'Rigidez informacional, racionalidade limitada e comportamento adaptativo: Um modelo evolucionario de ajustamento nominal', *XXXVII Encontro nacional de Economia da Anpec, 2009, Foz do Iguacu - PR*. Anais Eletronico do XXXVII Encontro Nacional de Economia da Anpec.
- TAYLOR, J. (1999), *Staggered price and wage setting in macroeconomics*, Vol. I, J. Taylor and M. Woodford.
- TAYLOR, J. B. (1980), 'Aggregate dynamics and staggered contracts', *The Journal of Political Economy* **88**(1), 1–23.
- TRAIN, K. (2003), *Discrete Choice Methods with Simulation*.

WOODFORD, M. (2003), *Imperfect common knowledge and the effects of monetary policy*, P. Aghion, R. Frydman, J. Stiglitz & M. Woodford.