



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE,
ECONOMIA E GESTÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

SIMULAÇÃO DE VARIAÇÃO DO MARK-UP E DO GASTO
EM P&D EM UM MODELO BASEADO EM AGENTES

JOSÉ HENRIQUES DA SILVA RIBEIRO JUNIOR
ORIENTADOR: PROF(a). DR(a). NELSON HENRIQUE BARBOSA FILHO

Brasília

Julho de 2020

Dissertação de Mestrado Acadêmico em Economia da Universidade de Brasília
como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

JOSÉ HENRIQUES DA SILVA RIBEIRO JUNIOR
SIMULAÇÃO DE VARIAÇÃO DO MARK-UP EM UM MODELO
BASEADO EM AGENTES*

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Dr.(a) ESTHER DWECK

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Dr.(a) DANIELA FREDDO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Programa de Pós-Graduação do Departamento de Economia da Universidade de Brasília.

Dr.(a) NELSON HENRIQUE BARBOSA FILHO

Orientador(a)

BRASÍLIA

2020

*Originalmente a mudança do modelo versava sobre P&D e depois de alterações propostas pela banca, centrou-se no mark-up. Não foi possível fazer a alteração no título original da dissertação porque este constava no relatório de defesa.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar é necessário agradecer aos meus pais pelo apoio em todos os momentos. São minhas bases, meus exemplos, sempre acreditando em mim e estimulando minha trajetória. Além de meus pais, nutro exímia gratidão aos colegas que me acompanharam durante a graduação Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e no mestrado na Universidade de Brasília, tanto pela interação acadêmica, quanto social.

É necessário que destaque a importância da professora Daniela Freddo e do professor Nelson Barbosa ao longo de minha trajetória neste programa de pós-graduação pela motivação e conversas que contribuíram para a execução do trabalho. Por fim, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento que permitiu a execução desta pesquisa.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
SUMÁRIO	4
RESUMO	5
ABSTRACT	6
FIGURAS	7
QUADROS	8
LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS	9
1 - INTRODUÇÃO	10
2 – DA MACROECONOMIA ÀS ESTRUTURAS MICROFUNDAMENTADAS	13
2.1 O SURGIMENTO DA MACROECONOMIA	14
2.2 A MICROFUNDAMENTAÇÃO DA MACROECONOMIA	15
2.3 A CRÍTICA À ABORDAGEM MICROFUNDAMENTADA NEOCLÁSSICA	19
2.5 MODELOS BASEADOS EM AGENTES E COMPLEXIDADE	21
3. DESCRIÇÃO DO MODELO	25
3.1 O SETOR DE BENS DE CAPITAL	27
3.2 - INDÚSTRIA DE BENS FINAL	31
3.3 O MERCADO DE TRABALHO	34
3.4 - CONSUMO, TAXA E GASTOS PÚBLICOS	35
4. MODIFICAÇÃO NA DINÂMICA DO MARK-UP DA INDÚSTRIA DE BENS FINAL	35
5. SIMULAÇÕES	37
6. CONCLUSÃO	41
7. REFERÊNCIAS	43

RESUMO

O debate sobre os limites da modelagem macroeconômica neoclássica tornou crescente o interesse em modelo cuja estrutura contemple a complexidade das economias reais, flexibilizando hipóteses, como: equilíbrio constante, agentes racionais e comportamentos otimizadores. Uma das abordagens que se destacou pela capacidade de representação de interações complexas foi a modelagem baseada em agentes (ABM). Neste trabalho, propõe-se uma adaptação das simulações realizadas por Dosi, Fagiolo e Roventini (2010), buscando integrar sobre o desempenho do setor de bens finais a possibilidade de taxa de mark-up endógena, sendo função da taxa de desemprego. Apesar da robustez do modelo, as extensões não ofereceram resultados significativos no que tange à comparação com o modelo original, sendo esse fato atribuído à estrutura de mercado adotada na elaboração do modelo. Essencialmente, o impulso gerado pela taxa de desemprego sobre a taxa de mark-up é contrabalanceado pelos movimentos do *market-share*.

Palavras-chave: Modelo baseado em agentes, Mark-up, Macroeconomia

ABSTRACT

The debate about the limits of neoclassical macroeconomic modeling has increased the interest in a model whose structure contemplates the complexity of real economies, easing hypotheses, such as: constant balance, rational agents and optimizing sector. One of the approaches that stood out for its ability to represent complex interactions for an agent-based modeling (ABM). In this work, we propose an adaptation of the simulations performed by Dosi, Fagiolo and Roventini (2010), seeking to integrate an endogenous mark-up rate on the performance of the final goods sector, depending on the unemployment rate. Despite the robustness of the model, the results did not offer results obtained in terms of comparison with the original model, having this fact attributed to the market structure adopted in the elaboration of the model. Essentially, the momentum generated by the unemployment rate over the mark-up rate is offset by movements in the market-share.

Keyword: *Agent-based model, Mark-up, Macroeconomics*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produto Investimento, Consumo.....	40
Figura 2 – Mark-up.....	41
Figura 3 – Preços	42
Figura 4 – Salários	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	25
Quadro 2	39
Quadro 3	43

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

DSGE Dynamic Stochastic General Equilibrium

SAMBA Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach

ABM Agent-Based Model

RBC Real business-cycle

LSD Laboratory for Simulation Development

1 – INTRODUÇÃO

Os modelos de equilíbrio geral dinâmico estocástico (*Dynamic Stochastic General Equilibrium* ou DSGE) são compostos por um sistema de equações de diferenças, com termos aleatórios, nos quais as regras de decisão dos agentes procuram maximizar uma função objetivo sujeita às restrições reais e financeiras do modelo (Caiani et al. 2016). Em linhas gerais, um DSGE é composto por agentes representativos, como famílias, firmas e governo com horizonte de vida infinito e funções objetivas e restrições intertemporais específicas, mas interdependentes. Para definir a trajetória de decisão ótima, as condições de primeira e de segunda ordem de otimização atribuem ao modelo um estado de planejamento às variáveis de escolha dos agentes representativos, podendo assim fazer previsões que permitam ter um futuro alinhado com as expectativas racionais dos agentes. A hipótese de expectativas racionais é assumida com base na premissa de que os agentes representativos não cometem erros sistemáticos e conhecem o “verdadeiro modelo” da economia. Nesta situação, cada agente pode elaborar e seguir um plano ideal de resposta a choques exógenos que tirem a economia de sua trajetória esperada.

Assim, a metodologia DSGE é amplamente popular e utilizada por diversos bancos centrais, tendo como objetivo verificar o comportamento dos agentes em função de determinados choques. No Brasil, o Banco Central também utiliza esse tipo de modelagem com especificações próprias para representar a estrutura econômica do país. O modelo chamado de SAMBA (*Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach*) de Minella et al (2011) é utilizado para simulações de possíveis cenários no país.

Apesar de sua popularidade, a crise financeira de 2008, conhecida como crise do *Subprime*, originária nas economias centrais, gerou grandes dúvidas sobre a qualidade de predição de modelos DGSE, uma vez que tais construções não apresentaram medidas e políticas eficazes para impedir ou suavizar grandes turbulências após choques econômicos de grande magnitude (Caiani, 2016). Em outras palavras, a incapacidade de os modelos DSGE em lidar com não linearidade e grandes desvios em relação ao equilíbrio acentua suas limitações

de predição e explicita sua inadequação para caracterizar comportamentos do mundo real e da dinâmica econômica.

Dessa forma, após o advento da crise de 2008, mesmo macroeconomistas adeptos do DSGE passaram a revisar ideias que nortearam suas pesquisas ao longo de suas vidas. Por exemplo, na opinião dos autores como Blanchard e Summers (2017), a crise impôs algumas lições sobre a complexidade do setor financeiro e a importância da compreensão de sua evolução dentro do sistema econômico, reforçando questionamentos de algumas crenças, tais como a presunção de que as expectativas não são autorrealizáveis e de que choques temporários não afetam a economia de modo permanente.

Ainda em contraposição aos modelos DSGE, Fagiolo e Roventini (2012) argumentam que o principal problema metodológico deste tipo de abordagem é o uso de agentes representativos que inibem a complexidade da interação local entre os diferentes tipos de agentes da economia e propõem uma abordagem teórica diferente ao *mainstream* macroeconômico ortodoxo que represente melhor a realidade e a dinâmica da econômica. Como alternativa, Fagiolo e Roventini (2012) desenvolveram um “modelo baseado em agentes” (Agent-Based Model ou ABM) como forma de adicionar agentes heterogêneos na análise econômica, partindo do contexto microeconômico para o macroeconômico.

Com isso, parte da imprecisão de modelos DSGE deriva de crises econômicas que são exógenas à sua estrutura formal. Em modelos ABM isso não ocorre, pois existe uma dinâmica endógena fora do equilíbrio, além de a metodologia ABM considerar interações diretas entre agentes com racionalidade limitada.

Corroborando a opinião de Fagiolo e Roventini (2012), Melo, Possas e Dweck (2016) utilizam os trabalhos de Dosi (1988) e Storper (1996) para exemplificar como os modelos ABM têm, em sua construção, aprendizado e interação local entre os agentes, bem como este tipo de estrutura é central para a compressão de sistemas complexos. Segundo os autores, é impossível compreender a dinâmica competitiva e as mudanças estruturais e tecnológicas

da economia somente com base em modelos puramente analíticos, com pressupostos de equilíbrio e que geram resultados simplesmente maximizadores. Ao contrário disso, é necessário ter uma compreensão do sistema como um processo contínuo capaz de gerar mudanças entre os agentes econômicos ao longo do tempo.

Este trabalho tem por objetivo analisar um modelo ABM de crescimento endógeno e ciclos de negócios, com taxa de mark-up endógena para o setor de bens finais. O modelo básico utilizado como referência foi desenvolvido por Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) e apresenta três questões principais correlacionadas entre si, quais sejam:

- 1) O processo pelo o qual a inovações tecnológicas são geradas e impactam variáveis macroeconômicas, como taxa de desemprego, e no longo prazo, taxas de crescimento, sob uma ótica “Shumpeteriana”.
- 2) O impacto de mudanças macroeconômicas, como variações da demanda agregada, sobre o impacto de efeito das inovações tecnológicas, quantidade de pesquisa e a sua relação com o grau de exploração das oportunidades de inovações, sob uma ótica “Keynesiana”.
- 3) As relações de longo prazo entre inovações e demanda agregada, isto é, se o crescimento a longo prazo é impulsionado apenas por mudanças tecnológicas, ou se as variações na demanda agregada podem impactar a dinâmica futura.

Neste trabalho, propõe-se uma adaptação das simulações realizadas por Dosi, Fagiolo e Roventini (2010), buscando integrar a possibilidade de taxa de mark-up endógena - uma função da taxa de desemprego - no desempenho do setor de bens finais. A justificativa para tal exercício reside na possibilidade de as empresas optarem por não repassar aos preços reduções de custos decorrentes de quedas salariais.

Nesse âmbito, o trabalho está dividido em quatro capítulos, além desta introdução. Sendo que, o capítulo dois faz uma revisão de referencial teórico sobre ABM, focada na evolução da teoria macroeconômica que levou à

introdução desse ferramental. Já no capítulo três, apresentam-se o modelo básico e as modificações necessárias para tornar o mark-up endógeno. Em seguida, no capítulo quatro, apresentam-se os resultados das simulações realizadas. Por conseguinte, no capítulo cinco, conclui-se a análise com um resumo do sentido econômico dos resultados das simulações do modelo.

2 – DA MACROECONOMIA ÀS ESTRUTURAS MICROFUNDAMENTADAS

O crescente interesse pela modelagem baseada em agentes em estruturas keynesiana e pós-keynesianas deve-se à evolução da abordagem macroeconômica, a qual se originou com os escritos de John Maynard Keynes no início do século XX. Todavia, o arranjo analítico agregado apresentado por Keynes, impossibilitou a compreensão de algumas interações em nível individual, e assim sofreu críticas que incitaram a evolução em direção a modelos desagregados construídos sob hipóteses microeconômicas.

Nesse contexto, a macroeconomia alinhou-se à teoria neoclássica, desconsiderando elementos presentes na teoria keynesiana. Entretanto, a capacidade de explicação de comportamentos observados empiricamente dos modelos macroeconômicos microfundamentados passaram a ser questionados, principalmente após a crise de 2008 por não terem sido capazes de prevê-la ou de possuírem ferramentas que a resolvesse. A simplificação demasiada de realidade nesses modelos desconsidera a complexidade oriunda das ações simultâneas e da possibilidade de racionalidade limitada dos agentes, fazendo parte do universo de críticas a respeito desta modelagem. Esta seção, portanto, será dedicada à consideração da evolução da macroeconomia em direção à microfundamentação da estrutura analítica.

2.1 O SURGIMENTO DA MACROECONOMIA

A ruptura representada pela abordagem de Keynes (1936) em seu livro *General Theory of Employment, Interest and Money* esteve baseada na relação estabelecida entre a poupança, o investimento, a taxa de juros e a renda nacional. Segundo Blaug (1997), em trabalhos anteriores, inclusive em escritos de Keynes, a determinação do preço, ou seja, da taxa de juros, era o foco ao se analisar a interação entre poupança e investimento. O ponto de inflexão presente no trabalho de Keynes esteve centrado, primeiramente, em uma mudança do preço para o produto real como variável central e, em segundo lugar, a identificação da renda real como termo de ajustamento entre poupança e investimento, diferentemente das abordagens anteriores que atribuíam à taxa de juros esse papel.

Entretanto, a inovação teórica proposta, segundo Blaug (1997), recebeu o título de Revolução Keynesiana em virtude de se afirmar que o produto agregado necessário a igualar poupança e investimento não necessitaria ser tal que permitisse atingir o nível de pleno emprego.

Nesse viés, a abordagem keynesiana, portanto, encerrou com a confiança nos mecanismos de auto ajustamento do mercado, atribuindo ao Estado papel relevante em períodos de recessão via políticas monetárias e fiscais. A Grande Depressão da década de 1930 ofereceu evidências que fragilizavam a argumentação ortodoxa, haja vista a persistência do desemprego involuntário ao mesmo tempo, e que os salários reais eram reduzidos. Nesse sentido, a prosperidade da teoria keynesiana se deu em virtude do receituário oferecido em termos de políticas econômicas.

Nesse sentido, ao destacar as inovações de Keynes para o estudo da economia, Blaug (1997) creditou parte à estrutura agregada, reduzindo a economia inteira a quatro mercados correlacionados: de bens, de trabalho, monetário e de título. Contudo, a simplificação permitida também foi alvo de críticas no tocante à capacidade de explicar os mecanismos que causam tais relações e as implicações para o sistema. Nesse contexto, a evolução do modelo da macroeconomia encaminhou-se para a consideração de parâmetros livres,

empregando modelos de otimização a fim de explicar os comportamentos descritos pelas funções keynesiana. Dessa forma, as primeiras propostas objetivavam manter as premissas keynesianas, capturando comportamentos que amparassem a dinâmica agregada descrita.

Assim sendo, em meados da década de 1960, a busca pela reavaliação da teoria keynesiana tornou necessário repensar a estrutura microeconômica que amparasse a economia delineada por Keynes. Blaug (1997) argumenta que Robert Clower, em artigo de 1965, propôs interpretar o processo de escolhas dos agentes por meio de uma Teoria de Decisão Dual, considerando que, inicialmente, a função preferência é maximizada, sujeita à restrição orçamentária. Caso a renda realizada e a planejada sejam diferentes, no entanto, o processo de maximização deverá passar por uma segunda rodada, na qual a restrição orçamentária modificada pelas novas informações são tomadas WU (2017). Nessa situação, os agentes passam a enfrentar uma restrição adicional, limitando a quantidade de ofertada, e o consumo passa a depender do trabalho realizado.

2.2 A MICROFUNDAMENTAÇÃO DA MACROECONOMIA

Como mencionado anteriormente, a explicação para a ocorrência de desemprego involuntário, segundo a teoria keynesiana, assegurava às políticas fiscais e monetárias a capacidade de direcionar a economia para um ponto de equilíbrio mais desejável, porém, conferindo menor relevância à política monetária. Backhouse e Boianovsky (2012) destacaram que economistas alinhados ao pensamento keynesiano dedicados ao estudo da demanda por moeda não estabeleciam, por exemplo, relação clara entre a oferta monetária e o nível de preços.

Nessa perspectiva, o trabalho de Phillips (1958) contribuiu para a discussão do período por identificar uma relação empírica entre inflação e desemprego, tendo esse sinal negativo, ou seja, aumentos no nível de inflação são compatíveis com reduções no nível de desemprego, o que ficou conhecida

como “a curva de Phillips”. Inicialmente, Phillips (1958) avaliou o desemprego contra o nível salarial nominal, sendo necessário descontar a elevação da produtividade do trabalho para isolar o efeito da inflação. O *trade off* entre inflação e desemprego pode ser interpretado como um elemento que justifica a atuação governamental na elevação no nível do emprego, o que se alinha ao argumento keynesiano. Por outro lado, destaca o papel da política monetária, em especial os impactos dos movimentos do nível de preços, contrariando previsões keynesianas.

Contudo, no decorrer da década de 1970 o *trade off* entre inflação e desemprego passou a ser questionado devido à ocorrência de elevados níveis de inflação e desemprego concomitantemente. Uma das respostas que influenciou o debate foi oferecida por Friedman (1968). O autor destacou que as políticas voltadas para manter baixas as taxas de juros no período do pós-guerra foram responsáveis pelos desequilíbrios observados. Fundamentalmente, o receituário construído atribuía a capacidade de compensar a insuficiência do investimento público aos gastos do governo, enquanto a política monetária foi entendida como pouco eficiente, manipulada apenas para manter a taxa de juros baixa. Friedman (1968), diferentemente de Keynes cuja abordagem atrelou à moeda caráter não neutro tanto no curto quanto no longo prazo, salientou que a política monetária pode incitar flutuações na taxa de juros e no emprego apenas por um breve período, sendo esse um movimento de ajuste de curto prazo.

Nesse contexto, a interpretação do resultado obtido baseou-se no descompasso entre a percepção entre empresas (demandantes de trabalho), trabalhadores e ocorrência de ilusão monetária, por meio da qual os agentes identificam aumento real nos salários, embora o nível de preços também tenha sido elevado. Para o autor, esses descompassos são ajustados pelas percepções dos agentes, de forma que somente elevações cada vez maiores da inflação poderiam impactar sobre o desemprego. Tal movimento ocorreria devido à percepção equivocada dos trabalhadores quanto ao real movimento do poder de compra da renda do trabalho, caracterizando a presença de ilusão monetária. Contudo, após os trabalhadores incorporarem o aumento da taxa de inflação, a concepção sobre aumento dos salários reais desaparece e a economia retorna à taxa natural de desequilíbrio orientada por uma expectativa

de inflação mais alta, configurando o deslocamento para a direita da curva de Phillips.

Por meio dessa formulação, a inclinação negativa da curva de Phillips deverá ser notada apenas no curto prazo, quando os agentes, ao serem interpretados como formadores de expectativas adaptativas, realizam leituras equivocadas sobre a real situação de seu poder de compra. No longo prazo, argumenta Friedman (1968), a curva de Phillips será vertical, posicionada sobre a taxa natural de desemprego. A hipótese de permanente relação inversa entre inflação e desemprego, para o autor, é fruto de uma confusão entre o nível e a aceleração do nível de preços, haja vista que são alterações da inflação, e não o nível em si, que causam ilusão monetária.

Apesar da abordagem apresentada por Friedman ter dado ênfase ao papel das expectativas, ela considerou apenas experiências passadas como significativas para a formulação das expectativas.

Nesse sentido, a hipótese de expectativas racionais permitiu tratar os agentes como capazes de aprender com suas experiências passadas, bem como utilizar informações disponíveis a fim de formular perspectivas futuras Taylor (1983). Isso posto, destaca-se a série de artigos publicados por Robert Lucas (LUCAS, 1972a; LUCAS, 1972b; LUCAS, 1973), sendo que em "*Expectations and the Neutrality of Money*", aplicou a hipótese de expectativas racionais a uma variação da curva de Phillips, obtendo estrutura que elimina a ilusão monetária.

Assim, expectativas racionais são fundamentadas em informações igualmente distribuídas entre todos os agentes da economia, tanto privados quanto públicos. Dessa maneira, qualquer tentativa de intervenção é neutralizada, haja vista que os agentes antecipam os efeitos da política e tomam providências para não serem prejudicados. A conclusão obtida a partir do trabalho de Lucas (1972b) indica que somente movimentos estocásticos na quantidade de moeda podem induzir flutuações no produto. Assim sendo, as autoridades monetárias necessitam surpreender o mercado com políticas inesperadas a fim de produzir ajustamentos no nível de desemprego.

Nesse viés, a introdução dessa hipótese exige que o modelo seja consideravelmente detalhado, especificando o modo pelo qual as expectativas são formadas e as respostas a cada evento. Taylor (1983) evidenciou que o modelo de Lucas foi mais explícito do que as construções anteriores no tocante à descrição das razões pelas quais o *trade off* possa ser observado no curto prazo. A hipótese de expectativas racionais passou a integrar o escopo da macroeconomia como a sendo a regra nos desenvolvimentos teóricos, ela traz consigo outras hipóteses tais como perfeitas flexibilidades de preços, mercados competitivos, dificultando o teste das previsões como correlacionadas à hipótese de expectativas racionais (Blaug, 1997). Esse conjunto de hipóteses justifica o afastamento das conclusões keynesiana, principalmente no que tange ao papel da demanda agregada como determinante da renda e ocorrência de equilíbrio abaixo do pleno emprego.

Backhouse (2014) classificou a ascensão das expectativas racionais como uma revolução dentro da macroeconomia, sendo de fundamental importância salientar que a aceitação de tal hipótese não implica necessariamente na abordagem Novo Clássica, visto que economistas ligados à vertente keynesiana também a aceitam. Ademais, o autor frisou que a revolução das expectativas racionais teve início com os trabalhos de Robert Lucas do início da década de 1970, conduzindo a macroeconomia a pautar-se na noção de otimização individual sem abandonar a estrutura competitiva e o axioma que determina equilíbrio contínuo, ou seja, oferta e demanda em perfeito alinhamento. Por trás desse resultado reside a alegação de que, sendo os agentes maximizadores sob a hipótese de expectativas racionais, desequilíbrios entre os mercados não poderiam existir. Esse ponto reforçou conclusões sobre a neutralidade da moeda e a influência apenas de variáveis reais sobre as flutuações econômicas dando origem a linha de *Real Business Cycle* (RBC) e, posteriormente, *Dynamic Stochastic General Equilibrium* (DSGE).

Nesse sentido, a teoria contida nos modelos RBC atribui flutuações econômicas a choques reais na economia, sendo esses exógenos. Por essa abordagem, o choque não representa uma falha do mercado, apenas perturbações contornadas pela constante busca pelo caminho mais eficientes. Segundo Romer (2016), a estrutura RBC baseia-se na consideração de choques

de produtividade mensurados pela diferença entre a variação do produto e a variação dos fatores. Contudo, choques negativos de produtividade não são movimentos compatíveis com observações empíricas, tampouco há interpretações teóricas microeconômicas sobre a ocorrência de tais choques adversos.

Por outro lado, os modelos DSGE, segundo Romer (2016), atribuem flutuações a choques aleatórios que podem recair sobre diversas variáveis, tais como salários, aversão ao risco e escolhas entre lazer e emprego. Entretanto, tal estrutura também conclui pela inocuidade de fenômenos monetários, delegando a essa variável apenas caráter residual, oferecendo impacto sobre a inflação e pouco significativo ao sistema como um todo.

2.3 A CRÍTICA À ABORDAGEM MICROFUNDAMENTADA NEOCLÁSSICA

Como Arthur (2010) ressalta, agentes econômicos estão continuamente ajustando seus movimentos de mercado, decisões de compra, preços e previsões. De modo que os comportamentos individuais criam um produto agregado, sob o qual os agentes reagirão. Resumidamente, comportamentos criam padrões, ao mesmo tempo em que padrões influenciam comportamentos.

Naturalmente, a influência dos padrões criados a partir das decisões individuais incitou economistas teóricos. Porém, a complexidade da tarefa tornou necessária simplificações a fim de tornar a análise operacional, com isso o interesse voltou-se à investigação das situações em que incentivos para mudanças de comportamentos não são encontrados. Isto é, buscaram-se padrões para situações de equilíbrio.

Friedman (1953), ao discutir questões metodológicas, preconizou ser primordial que uma teoria possua capacidade de predição aguçada, atribuindo aos pressupostos papel auxiliar na formulação das teorias. Segundo Blaug (1992), empregando esse tratamento, a verificação empírica dos resultados ganha destaque colocando o realismo do modelo em segundo plano.

Assim, a metodologia prescrita por Friedman (1953) para a construção das premissas pode ser resumida pela expressão “como se”, indicando o caráter simplificador do resultado correlacionado ao suposto. Dessa maneira, ao se considerar que o agente opere maximizando uma função de utilidade sujeita a restrições impostas pelo mercado, tendo como pano de fundo as expectativas racionais, não se afirma que este seja de fato o comportamento do agente real. Porém, assinalam-se os indivíduos que, muito embora possam adotar estratégias subótimas em determinados momentos, irão corrigir suas estratégias em direção à obtenção do ponto ótimo, assim sendo, irão convergir para um comportamento maximizador. Segundo o autor, devido à coerência dessa colocação e à verificação empírica, os modelos poderão ser construídos a partir da hipótese de maximização sem que seja necessário explicitar a trajetória de ajustamento ao comportamento limite.

Os modelos construídos sob as hipóteses de racionalidade perfeita e mercados auto realizáveis, portanto, não consideram que essas sejam representações fiéis das atitudes tomadas pelos indivíduos, todavia, assumem que sejam boas representações das ações no longo prazo. Ainda seguindo a argumentação de Friedman (1953), uma teoria tem sua força respaldada na verificação empírica de seus resultados. Nessa linha de pensamento, a crítica direcionada aos modelos macroeconômicos microfundamentados com arcabouço neoclássico ganhou destaque e passou a exigir reformulações a partir do ponto em que seu poder de predição foi questionado. Para isso, contribuiu a falácia dos modelos DSGE em prever e explicar a crise de 2008, a qual teve sua origem na falha de coordenação do mercado financeiro CAIANI et al. (2016).

Dessa forma, as principais críticas atreladas aos modelos DSGE estão ligadas à desconsideração do mercado financeiro como elemento de perturbação dentro do sistema, o que impossibilitou a construção de argumentos que explicassem e oferecessem medida de estabilização CAIANI et al. (2016). Seguindo nessa linha, Fagiolo e Roventini (2012) argumentam que outra fragilidade do modelo está na consideração de agentes representativos, obscurecendo a interação entre agentes heterogêneos e sua influência sobre a dinâmica econômica. Os modelos DSGE atrelam as flutuações econômicas a choques exógenos, os quais se dissipam após certo número de períodos,

recolocando a economia em uma trajetória de equilíbrio. Fagiolo e Roventini (2012) destacam que a própria interação entre agentes heterogêneos, podendo citar distinções quando o poder de mercado, acesso a informações, posição na cadeia de dispersão de informações, podem produzir dinâmicas instáveis e suscetíveis a flutuações, crises e rupturas do sistema econômico corrente. Essas críticas não foram somente construídas por teóricos alinhados a vertentes heterodoxas, sendo discutida também por economistas ortodoxos, tal como em Blanchard e Summers (2017b), os autores apontam problemas na formulação da macroeconomia clássica e incitam a reformulação da abordagem DSGE a fim de incorporar elementos que incorporem falhas de mercado, estruturas distintas à concorrência e racionalidade limitada, elementos ligados a crenças, hábito e status.

2.5 MODELOS BASEADOS EM AGENTES E COMPLEXIDADE

Longe de ser uma novidade na economia e em outras ciências, o uso da complexidade permite avaliar mudanças através de uma perspectiva estrutural que possibilita a compreensão do sistema como um todo e particularmente das suas implicações para a macroeconomia. Segundo Dosi (2019), existe uma complexa relação entre os indivíduos na economia, o que torna a formulação desses a partir da ideia de um agente representativo um tanto quanto falaciosa, pois segundo os autores a evolução da macroeconomia deveria ser entendida como um sistema complexo e adaptativo repleto de agentes heterogêneos, mesmo que ainda fora de um determinado ponto de equilíbrio.

Para Gatti. et al. (2011), a complexidade surge devido às interações dispersas, e não lineares oriundas de grandes números de agentes independentes e heterogêneos. Mesmo que se possa observar e medir resultados a nível macro. Embora seja possível medir resultados a nível macro, como, por exemplo, quantidade de bens, preços e taxas de crescimento agregadas, este método não poderia ser deduzido diretamente de uma análise do comportamento de um indivíduo isoladamente Gatti. et al. (2011). Por fim, Dosi e Roventini (2019) argumentam que para cada nível de complexidade do

sistema, existe uma agregação distinta que pode gerar dinâmicas alternativas, novas regularidades estatísticas e novas estruturas, tais como organização de mercados e instituições. Ainda retratando um pouco sobre a definição de complexidade Oliveira (2018) argumenta com base em Olivia (2016), que mesmo existindo diversas definições para o tema, há um certo consenso sobre algumas delas, tais como: a existência de múltiplos agentes interagindo simultaneamente; evoluir de forma não trivial; os agentes serem afetados por algum tipo de memória ou determinado acontecimento entre outras definições. Isso porque, para Johnson (2009), a complexidade pode ser vista como uma ciência que estuda fenômenos oriundos de uma coleção de objetos em suas múltiplas interações.

Ainda sobre o estudo da complexidade, Oliveira (2018), com base Ajzenal (2015), argumenta que o foco da pesquisa está em termos qualitativos, pois raramente o estudo deste estudo de fenômenos complexos tende a ter soluções analíticas. Entretanto, esta aparente falta de imprecisão não pode ser interpretada como uma falta de ganhos em termo de *insights* com relação ao desenvolvimento dos fenômenos e seus padrões, pois segundo Oliveira (2018), o foco passa a ser a explicação e o entendimento dos fenômenos, e não mais a previsão de seus resultados. O autor conclui que a aparente a despreensão da complexidade em alcançar previsões exatas e quantitativas, pode ser pouco sedutora em um mundo em que firmas, governos e bancos competem para encontrar os melhores preditores quantitativos para as principais variáveis macroeconômicas.

Nesse contexto, caso a complexidade do sistema econômico seja encarada seriamente, os modelos DSGE devem ser descartados. De acordo com Dosi (2019), um candidato a substituí-lo são os modelos baseados em agentes (*Agent-based Model* - ABM). Portanto, estruturas ABM abordam o sistema econômico como adaptativo e complexo. Para Caiani et al. (2016), as contribuições dentro desta literatura perpassam pela adoção de micro-comportamentos econômicos que podem levar a propriedades sistêmicas complexas devido às externalidades e outros efeitos estruturais decorrentes da interação entre agentes. Os autores explicam que tais modelos se mostraram adequados para explicar o surgimento de fragilidade financeira.

A fim de compreender como a aplicação desses modelos se dão, toma-se CAIANI et al. (2016) como um exemplo. Na economia descrita estão presentes cinco tipos de agentes, famílias, empresas, autoridade monetária, bancos e o governo. Cada agente possui direitos e deveres para com os demais, tal como o caso do governo, responsável por coletar tributos e realizar transferências para aqueles em condição de desemprego. Esse encadeamento de fluxos gera uma rede de conexões complexas entre os agentes, destacando o papel do setor bancário como fornecedor de crédito. Portanto, estão interagindo cinco mercados distintos: Mercado de bens de consumo; Mercado de bens de capital; Mercado de trabalho; Mercado de crédito; Mercado de depósitos.

Além da estrutura em ABM, o modelo emprega um segundo instrumental para a derivação Oliveira (2018), da interação entre fluxos e estoques, originário do trabalho de Godley (2012) e Godley (2006). Esse tipo de abordagem possui matrizes específicas de contabilidade nacional, o que garante que todos os fluxos de pagamentos sejam registrados. Assim sendo, esses modelos exigem a consideração da moeda e da estrutura de crédito, tornando fundamental o conhecimento da inter-relação entre o setor bancário e a esfera produtiva.

Nesse sentido, a associação entre os dois instrumentais permite o mapeamento da origem de dispersão de perturbações no sistema econômico, tornando relevante o papel do crédito e dos bancos, alinhando-se a questões levantadas por Keynes.

Logo podemos resumir os aspectos gerais dos modelos ABM, conforme o quadro a seguir:

Heterogeneidade	<ul style="list-style-type: none"> Em modelos ABM a carga computacional não é afetada quando existem diferentes valores para as características relevantes dos indivíduos como por exemplo, preferências, dotações, localização, contato social e habilidades, estas hipóteses são especificadas para indivíduos diferentes. Se constrói um ABM atribuindo uma distribuição para cada característica adicionando um número limitado de parâmetros ao modelo.
Espaço explícito	<ul style="list-style-type: none"> A ideia de espaço explícito seria uma comprovação da heterogeneidade, pois os indivíduos possuem características diferentes de acordo com o espaço físico que estão localizados ou na fronteira do espaço onde surge a interação com outros indivíduos.
Interação local	<ul style="list-style-type: none"> Os modelos ABM acomodam facilmente uma variedade de estruturas de interação alternativas diferentemente dos modelos convencionais como nos mercados walrasianos que se limitam a um arranjo de interação local muito simples. Os modelos ABM são particularmente adequados para analisar casos de uso direto.
Racionalidade limitada	<ul style="list-style-type: none"> Nos modelos ABM a racionalidade limitada atua ao longo de duas dimensões: a informação é privada e limita, e os agentes possuem uma capacidade computacional finita.
Dinâmica de não equilíbrio	<ul style="list-style-type: none"> A Dinâmica de não equilíbrio presente nos modelos ABM passa por um sistema dinâmico recursivo, onde o estado do tempo em $t+1$ é calculado a partir do estado no tempo em t o que permite observar o comportamento do modelo durante o percurso da simulação e não somente no início e no final da trajetória.

Quadro 1 – Fonte: Gatti. et al. (2011, p. 20;21). Elaboração própria baseada em *Macroeconomics from the Bottom-up*

Gatti. et al. (2011) afirmam que o ABM é construído através de um conjunto de equações em diferenças, ou seja, o modelo está em tempo discreto para descrever a evolução das variáveis de estado que caracterizam cada agente. Os autores ressaltam que o esse sistema não poder ser resolvido manualmente, pois não existem condições para agregação em um agente representativo, logo o modelo deve ser simulado computacionalmente. Na construção do modelo inicialmente, escolhem-se os valores dos parâmetros e das condições para variáveis de estado, o tamanho e características das populações. Assim, a escolha dos parâmetros precisa passar pela validação empírica do modelo, o que significa a capacidade do modelo de reproduzir alguns fatos estilizados tanto no nível micro quanto no macro. A evidência empírica equivale aos critérios segundo os quais o modelo é avaliado de modo que seja possível replicar tecnicamente um conjunto de fatos estilizados selecionados. Portanto, para Gatti. et al. (2011), o processo para a validação tem

como objetivo investigar o quão acurado é o modelo às evidências empíricas, não existindo, porém, resposta única, sendo dependente do critério de avaliação utilizado pelo pesquisador.

3. DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo de Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) é composto de quatro tipos de agentes: firmas produtoras de bens de capital, firmas produtoras de bens de consumo, consumidores e governo. Não há produção de insumos intermediários. Bens de capital e bens de consumo são produzidos apenas com a utilização de capital e trabalho. A lógica do modelo é a seguinte:

- Existem F_1 firma de bens de capital e F_2 firmas de bens de consumo.
- As firmas de bens de capital investem em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e utilizam bens de capital e trabalho para produzir bens de capital para as firmas de bens de consumo.
- As firmas de bens de consumo combinam bens de capital e trabalho para produzir bens de consumo.
- Os trabalhadores podem ser contratados para P&D no setor de bens de capital, produção de bens de capital ou produção de bens de consumo. Os três tipos de trabalho pagam a mesma remuneração.
- O governo tributa a produção dos dois bens e utiliza os recursos, juntamente com emissão de dívida pública, para pagar seguro desemprego para quem não conseguiu trabalho nas três atividades disponíveis.

Nesse contexto, mais detalhadamente, as firmas de bens de capital empregam trabalhadores para produzirem máquinas e equipamentos heterogêneos. Esses também são contratados para atuarem em P&D, com o objetivo de descobrir novos produtos e técnicas de produção mais eficientes e imitar a tecnologia e os produtos de seus concorrentes. Caso uma firma de bens de capital tenha sucesso na inovação, seu investimento em P&D melhorará a capacidade produtiva dos bens de capital produzidos de $t+1$ e assim por diante. Com isso, é importante ressaltar que neste modelo as inovações são endógenas,

pois impactam a economia através da redução dos custos de produção em ambos os setores. As firmas de bens de capital anunciam suas máquinas para uma lista de produtores de bens de consumo já conhecidos e para novos possíveis clientes. Essas pagaram impostos para o Governo com base nos seus lucros (tributação direta).

No caso das firmas do setor de bens de consumo, as empresas combinam mão-de-obra proveniente do mercado de trabalho com máquinas e equipamentos adquiridos do setor de bens de capital para atender a demanda dos seus consumidores. A decisão de investir em bens de capital e quantos trabalhadores empregar em sua produção é baseada no seu histórico de vendas. O mercado de bens de consumo é imperfeito e a variação da parcela de mercado (*market share*), isto é, a competitividade de seus preços, determina a sua permanência ou não da empresa no mercado.

Dessa forma, se a decisão de investimento das firmas de bens de consumo for positiva, elas escolhem seus fornecedores e fazem seus pedidos. As máquinas encomendadas no início do período t são entregues e se tornam parte do estoque de capital do setor de bens de consumo no período $t+1$. Além disso, as empresas de bens de consumo também pagam impostos diretos ao Governo.

Nesse viés, existe um grupo de trabalhadores/consumidores, que ofertam seu trabalho para as firmas de bens de consumo e de capital, em troca de salários. A contratação desses nos dois setores depende do plano de produção de cada firma. Para os trabalhadores desempregados o Governo paga uma renda que em parte é financiada pelos impostos cobrados das empresas. Assim, o papel do Governo nesse modelo é coletar impostos diretos e pagar benefícios aos trabalhadores desempregados de cada período, de modo que todos tenham alguma renda.

Por conseguinte, o PIB, o emprego e as demais variáveis agregadas são obtidas ao final de cada período, somando as variáveis microeconômicas correspondentes.

3.1 O SETOR DE BENS DE CAPITAL

Nesta seção, inicia-se apresentando as equações que compõem o setor de bens de capital. O custo unitário $c_i(t)$ de produção de bens de capital é a razão entre o salário pago aos trabalhadores e sua produtividade B_i^τ . A equação do custo unitário da firma i de bens de capital é, portanto:

$$c_i(t) = \frac{w(t)}{B_i^\tau} \quad (1)$$

O parâmetro τ representa a tecnologia dos bens de capital produzidos na "safra" τ ou "*current technology vintage*". O sentido é que cada processo de inovação τ altera a produtividade no próprio setor de bens de capital.

Nessa perspectiva, o processo de inovação também altera a produtividade no setor de bens de consumo B_i^τ , de modo que Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) representam a tecnologia das firmas de bens de capital por dois parâmetros: um para sua própria produtividade e outro para seu efeito na produtividade do setor de bens de consumo. O custo unitário da produção de bens de consumo associado com cada bem de capital da safra τ é:

$$c(A_i^\tau, t) = \frac{w(t)}{A_i^\tau} \quad (2)$$

Assim, para formar os preços, as firmas utilizam uma regra de mark-up sobre os seus custos unitários de produção. No modelo de Dosi, Fagiolo e Roventini (2010), o markup μ_1 é constante para todas as firmas, de modo que:

$$p_i(t) = (1 + \mu_1)c_i(t) \quad (3)$$

Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) utilizaram estudos sobre empresas da União Europeia (Fabiani et al 2006) como referência para fixar o mark-up em 0.4 durante todas suas simulações. Neste trabalho, altera-se esta hipótese mais a frente, tornando o mark-up endógeno.

Desse modo, as vendas da firma de bens de capital i (S_i) são simplesmente o resultado da multiplicação de sua produção Q_i pelo seu preço:

$$S_i(t) = p_i(t)Q_i(t) \quad (4)$$

A próxima hipótese diz que as firmas de bens de capital investem uma parcela fixa $0 < v < 1$ de seu faturamento no período anterior em P&D. Formalmente:

$$RD_i = vS_i(t - 1). \quad (5)$$

Como a atividade de P&D envolve apenas trabalho, o parâmetro v também indica quanto do faturamento é destinado a pagar salários de trabalhadores em P&D.

Antes de prosseguir cabe um esclarecimento sobre o valor constante do faturamento dedicado à P&D. Seguindo os trabalhos de Paviitt (1984), Dosi (1988) e Klevorick et al (1995), Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) os quais assumem que as firmas produtoras de bens de capital em geral são idênticas em sua propensão a investir em pesquisa e desenvolvimento, pois a peculiaridade do setor em si determina a necessidade de P&D para indústria como um todo.

Prosseguindo com o processo de inovação, as firmas de bens de capital dividem seus gastos de P&D entre inovação e imitação. A parcela de investimento em inovação é dada por outra fração fixa $0 < \xi < 1$, de modo que o gasto inovador é uma função do linear sem intercepto do gasto total em P&D:

$$IN_i(t) = \xi RD_i(t). \quad (6)$$

Por resíduo, o gasto em imitação é dado por:

$$IM_i(t) = (1 - \xi)RD_i(t). \quad (7)$$

Para Dosi, Fagiolo e Roventini (2010), as empresas que estão na fronteira tecnológica, onde não existe ninguém para imitar suas máquinas e equipamentos investem todo o seu orçamento de P&D em inovações, ($\xi = 1$). Caso contrário, há diversificação para imitar produtos concorrentes.

Agora a parte mais importante do modelo, Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) modelam a inovação como um processo sequencial de dois eventos aleatórios. Em primeiro lugar, um sorteio define se a firma tem ou não acesso à inovação. A probabilidade de sucesso nesta fase é modelada como uma distribuição de Bernoulli:

$$\theta_i^{IN}(t) = 1 - e^{-\zeta_1 IN_i(t)} \quad (8)$$

em que o parâmetro $0 < \zeta_1 < 1$ relaciona o volume de investimento em inovação com a probabilidade de sucesso. Quanto maior o valor, maior a probabilidade de sucesso.

Em segundo lugar, caso a empresa tenha sucesso em seu investimento em inovação, essa pode projetar uma nova máquina ou equipamento que gera produtividade B_i^{IN} na produção de bens de capital e A_i^{IN} na produção de bens de consumo. Os dois coeficientes de produtividade são obtidos de outro processo aleatório, qual seja:

$$A_i^{IN}(t) = A_i(t)[1 + \chi_i^A(t)] \quad (9)$$

$$B_i^{IN}(t) = B_i(t)[1 + \chi_i^B(t)], \quad (10)$$

em que os termos $\chi_i^A(t)$ e $\chi_i^B(t)$ são duas variáveis aleatórias que seguem uma distribuição Beta, com parâmetros α_1 e β_1 e região de variação $[\underline{\chi}_1, \overline{\chi}_1]$ para $\chi_i^A(t)$ e $\chi_i^B(t)$. As variáveis de suporte indicam o intervalo de variação da função com $\underline{\chi}_1 \in [-1,0]$ e $\overline{\chi}_1 \in [0,1]$. Em outras palavras, as variáveis $\underline{\chi}_1$ e $\overline{\chi}_1$ indicam que a chance de sucesso pode variar de zero a 100%. Nesse contexto, o formato da distribuição Beta determina conjuntamente com os valores de suporte dentro do intervalo da função a probabilidade de sucesso ou de fracasso do investimento em pesquisa. Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) assumem que este ambiente alinhado à teoria Schumpeteriana possui um alta probabilidade de sucesso das inovações, e assim, escolhem valores de α_1 e β_1 que permitam elevadas chances de sucesso. Assim dado que ocorra inovação nesta economia a mesma será incorporada as tecnologias de produção já existentes $A_i(t)$ e $B_i(t)$. Observando as equações (9) e (10) é possível notar que estas variáveis $A_i(t)$ e $B_i(t)$ também fazem parte do processo de inovação das firmas, ou seja, elas estão endogenizadas no modelo de modo que a inovação presente será indutora de uma possível nova inovação futura. Este mecanismo é o que caracteriza o modelo de crescimento endógeno impulsionado pela inovação.

Assim, o processo de imitação é modelado da mesma forma que o processo de inovação, isto é, um processo de duas etapas aleatórias. A probabilidade de sucesso segue outra distribuição de Bernoulli:

$$\theta_i^{IM}(t) = 1 - e^{-\zeta_1 IM_i(t)} \quad (11)$$

em que $0 < \zeta_2 < 1$. E caso a firma obtenha sucesso, a firma em questão pode copiar a tecnologia de um de seus concorrentes dada pelos coeficientes $A_i^{IN}(t)$ e $B_i^{IN}(t)$ acima. Para selecionar quem será copiado, Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) assumem que firmas só conseguem copiar quem está tecnologicamente próximo delas, de modo que uma função de distância Euclidiana entre os coeficientes de produtividade é usada para definir as probabilidades de cópia de cada firma no setor de bens de capital.

Assim, uma vez completado o processo de inovação, as firmas de bens de capital escolhem fabricar ou não o bem de capital com base na avaliação de seu preço e eficiência. Mais especificamente, as firmas de bens de capital sabem que as firmas de bens de consumo decidirão comprar bens de capital de acordo com o período de retorno do investimento (*payback period*). Desta forma, o bem de capital a ser produzido é selecionado para minimizar a soma de seu preço de produção com seu impacto na produtividade do setor de bens de consumo, sendo o segundo termo multiplicado por um parâmetro de *payback* a ser detalhado na próxima seção.

Formalmente, as firmas de bens de capital selecionam a máquina ou equipamento a ser produzido a partir da minimização da seguinte função:

$$Z = [p_i^h(t) + bc^h(A_i^h, t)], \quad (12)$$

para $h = \tau, IN$ e IM . Antes de prosseguir, cabe destacar que a firma pode decidir não produzir o resultado na inovação ou imitação, caso seu impacto no preço e produtividade seja inferior à tecnologia existente τ .

Completado a escolha de qual máquina ou equipamento produzir, as empresas de bem de capital enviam uma tabela, contendo os preços e produtividade de cada tipo de produto para seus clientes, representados por HC_i , e uma amostra de novos clientes, representados por NC_i , cujo tamanho é proporcional ao número de clientes existentes:

$$NC_i(t) = \gamma HC_i(t) , \quad (13)$$

onde $0 < \gamma < 1$.

3.2 - INDÚSTRIA DE BENS FINAL

O setor de bens de consumo é formado por firmas F_2 que fabricam bens homogêneos e utilizam capital e mão-de-obra em seu processo produtivo. As firmas F_2 planejam sua produção Q_j com base em suas expectativas de demanda adaptativas D_j^e definida pela equação a seguir:

$$D_j^e(t) = f(D_j(t-1), D_{-j}(t-2), \dots, D_j(t-h)), \quad (14)$$

em que $D_j(t-1)$ é a demanda que a empresa j enfrenta no momento t , sendo h um número inteiro e positivo. Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) argumentam que em Dosi et al. (2006a), os autores verificaram a robustez dos resultados da simulação aplicando regras mais sofisticadas de formação de expectativas. Dosi et al. (2006a) descobriram que o aumento das capacidades computacionais das firmas não tem significância nas taxas médias de crescimentos ou na estabilidade econômica. Estas propriedades são mantidas em Dosi, Fagiolo e Roventini (2010). No modelo, existe um nível de produção desejado Q_j^d que é função da demanda esperada, do nível de estoque desejado N_j^d e do estoque real N_j :

$$Q_j^d(t) = D_j^e + N_j^d(t) - N_j(t-1) \quad (15)$$

com $N_j^d(t), \iota \in [0,1]$. A produção das empresas de bens de consumo está limitada pelo seu nível atual de estoque de capital K_j . Porém, se o nível de produção desejado for maior que a capacidade de produção de seu estoque de capital atual, a firma desejará elevar o nível de estoque de capital K_a^j para atender a sua expectativa de produção, o que leva a firma de bens de consumo a investir:

$$El_d^j(t) = K_j^d(t) - K_j(t) \quad (16)$$

Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) argumentam com base nos trabalhos de Doms e Dunne, 1998, que a taxa de crescimento de capital da firma não pode exceder uma variável limite “*threshold*”. Assim, com base nos resultados empíricos destes trabalhos, Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) utilizam essa dinâmica para determinar o comportamento dos bens de capital no modelo.

Nesse viés, o estoque de capital das empresas é uma composição de novas tecnologias e de técnicas já existentes, sendo que a escolha pela aquisição de novas tecnologias dependerá do preço das novas máquinas e da obsolescência daquelas já instalados:

$$RS_j(t) = \{A_j^\tau \in \Xi_j(t) : \frac{p^*(t)}{c(A_i, \tau) - c^*(t)} - \} \leq b\} \quad (17)$$

Na equação acima, $\Xi_j(t)$ indica o conjunto de máquinas e ferramentas já estabelecidas, enquanto p^* e c^* são o preço e o custo unitário de produção com novas máquinas. Logo, tecnologias obsoletas são substituídas quando a razão entre preço das novas máquinas e a diferença entre custo de produção com tecnologia antiga e nova for inferior à taxa de payback. De acordo com Dosi, Fagiolo e Roventini (2010), conforme Feldstein e Foot, (1971); Eisner, (1972); Goolsbee, (1998), a equação explica que quando o preço de uma nova tecnologia for baixo em comparação à redução no custo de produção pela adoção de equipamentos mais produtivos, a substituição da máquina ocorre.

Nesse sentido, o mercado de bens de consumo é caracterizado por informações imperfeitas, de modo que os consumidores não mudam instantaneamente para novos produtos introduzidos no mercado pelas empresas. Neste contexto, os preços é um dos determinantes do nível de competitividade E_j das firmas, assim também como a demanda não atendida por elas l_j herdada do período anterior. A equação do nível de competitividade da firma pode ser descrita como:

$$E_j(t) = -\omega_1 p_j(t) - \omega_2 l_j(t) \quad (18)$$

Em $E_j(t)$ os parâmetros ω_1 , ω_2 medem, respectivamente, a sensibilidade da competitividade em relação ao preço e à demanda não atendida. Uma

elevação nos preços e/ou na demanda não atendida diminui a competitividade das firmas. Da definição de $E_j(t)$ pode-se determinar a competitividade média da firma $\bar{E}(t)$ através da seguinte equação:

$$\bar{E}(t) = \sum_{j=1}^{F_2} E_j(t) f_j(t-1) \quad (19)$$

Para Santoro (2020), a demanda não atendida é uma variável relevante para a determinação da dinâmica do *market-share* da firma que acaba gerando uma relação entre nível de estoques e preços. Assim, o *market-share* das firmas neste modelo evoluiu da seguinte forma:

$$f_j(t) = f_j(t-1) \left(1 + \chi \frac{E_j(t) - \bar{E}(t)}{\bar{E}(t)} \right) \quad (20)$$

com $\chi > 0$.

Na equação acima, a variação do *market-share* depende de um parâmetro χ do grau de competitividade da firma $E_j(t)$ em relação à média do mercado $\bar{E}(t)$. $E_j(t)$ é função do preço e de uma variável que mede a demanda não atendida pela firma.

Para a determinação dos preços $p_j(t)$, as firmas utilizam os custos unitários $c_j(t)$ de produção compostos pelos salários $w(t)$ e a produtividade A_i^T .

$$p_j(t) = \left(1 + \mu_j(t) \right) c_j(t) \quad (21)$$

Nessa formulação, a dinâmica do mark-up μ_j é função do *market-share* da firma $f_j(t)$ e do parâmetro $0 \leq \nu \leq 1$:

$$\mu_j(t) = \mu_j(t-1) \left(1 + \nu \frac{f_j(t-1) - f_j(t-2)}{f_j(t-2)} \right) \quad (22)$$

Fagiolo e Roventini (2010) assumem com base nos trabalhos de Phelps e Winter (1970); Klemperer (1987); Farrel e Shapiro (1988) que nesse modelo existem informações imperfeitas no mercado de bens finais, o que implicaria dizer que os consumidores não podem consumir instantaneamente novos produtos fabricados por empresas mais competitivas. Por fim Fagiolo e Roventini (2010) com base em Rotemberg (2008), que os o preço p_j são um determinantes

da competitividade $E_j(t)$ das firmas de bens finais, atrelado a outro componente de demanda não atendida l_j .

Podemos agora determinar o lucro da empresa de bens de consumo Π_j :

$$\Pi_j(t) = S_j(t) - c_j(t)Q(t) - rDeb_j(t) \quad (23)$$

O Lucro na equação acima é determinado pelas vendas $S_j(t)$ menos os custos unitários $c_j(t)$ multiplicados pela quantidade produzida $Q_j(t)$. A empresa de bens de consumo fará empréstimo sempre que necessário para financiar os seus investimentos, formando assim um estoque de débitos $Deb_j(t)$, r é a taxa de juros determinada pelo Banco Central.

Assim, os lucros das empresas e as suas opções de investimento determinam os estoques de ativos líquidos $NW_j(t)$:

$$NW_j(t) = NW_j(t-1) + \Pi_j(t)cl_j(t) \quad (24)$$

em que $cl_j(t)$ é o quanto a empresa j utiliza de fundos internos para financiar os seus investimentos.

3.3 O MERCADO DE TRABALHO

A demanda total de mão de obra desta economia L^D é a soma dos dois setores sua oferta de mão de obra L^S é exógena e inelástica, de modo que o emprego agregado neste modelo L será o mínimo entre a demanda L^D e a oferta L^S de trabalho.

Para a determinação dos salários nesse modelo Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) usaram a seguinte equação:

$$w(t) = w(t-1) + \left(1 + \psi_1 \frac{\Delta \overline{AB}}{AB(t-1)} + \psi_2 \frac{\Delta cpi(t)}{cpi(t-1)} + \psi_3 \frac{\Delta U(t)}{U(t-1)} \right) \quad (25)$$

Onde \overline{AB} é a produtividade média do trabalho, cpi é o preço do bem de consumo e u é a taxa de desemprego. A estrutura do mercado de trabalho define os parâmetros ψ_1 , ψ_2 e ψ_3 .

3.4 - CONSUMO, TRIBUTOS E GASTOS PÚBLICOS

O setor público cobra impostos sobre o salário de trabalhadores ou apenas sobre lucros e paga para os desempregados um subsídio w_u que representa uma fração do salário de mercado atual *i.e.*, $w^u(t) = \varphi w(t)$, com $\varphi \in (0,1)$.

Dessa forma, o consumo agregado é a soma dos rendimentos dos trabalhadores empregados e desempregados.

$$C(t) = w(t)L^D(t) + w^u(L^S - L^D(t)) \quad (26)$$

Sendo assim, o modelo satisfaz as identidades padrões da conta nacional: a soma do valor adicionado das firmas de bens de capital e consumo Y é igual a sua produção agregada, pois nessa economia simplificada não existem bens intermediários, de modo que o valor adicionado coincide com a soma de agregado de consumo, investimento e variação de estoques ΔN Dosi, Fagiolo e Roventini (2010):

$$\sum_{i=1}^{F_1} Q_i(t) + \sum_{i=1}^{F_2} Q_j(t) = Y(t) \equiv C(t) + I(t) + \Delta N(t) \quad (27)$$

No próximo capítulo serão analisados os resultados das simulações propostas para este trabalho.

4 - MODIFICAÇÃO NA DINÂMICA DO MARK-UP DA INDÚSTRIA DE BENS FINAL

Após apresentar o modelo original algumas considerações a respeito da dinâmica do mark-up no setor de bens finais podem ser feitas. Seguindo a argumentação de Para Santoro (2020), a variação do mark-up individual é uma função do nível do progresso técnico que a firma incorpora ao seu processo produtivo, o que nos leva a entender que existe uma correlação entre a inovação e o crescimento das firmas neste modelo. Santoro (2020), ainda explica que caso

a firma seja bem sucedida em seu processo de modernização de sua capacidade produtiva, a firma será capaz de aumentar a produtividade média do trabalho no período t , acarretando uma redução do seu preço. A redução do preço proporciona a esta firma o aumento de sua competitividade e o aumento do seu *market-share*. Mais adiante no período $t+1$, a expansão do *market-share* se concretiza em aumento do mark-up de acordo com o parâmetro ν e o preço da firma aumenta. Ainda em $t+1$, o resto das firmas estabelecidas no mercado, que perderam *market-share*, diminuem o mark-up e os preços de seus produtos. Por fim, a firma introduz a inovação acaba com um maior mark-up e um maior *market-share*, o que acarreta uma redução do preço médio do mercado Santoro (2020).

Santoro (2020), aponta algumas críticas pertinentes com relação a formulação do modelo $K + S$ aqui descrito que levam em consideração a forte circularidade existente entre as equações e o seu efeito ambíguo que resulta no modelo. Ainda do ponto em $t + 1$, a subida do preço da firma inovadora consequência da subida do mark-up individual reduz a sua competitividade e, conseqüentemente, o seu *market-share* obtido no período anterior. Este processo gera um resultado de baixa no mark-up e, conseqüentemente, sobre o preço da firma em $t + 2$. Porém, o contrário também ocorrerá com as demais firmas do mercado. Quando comparado $t + 1$, o preço médio do mercado em $t + 2$ aumenta, mesmo que em proporções menores Santoro (2020),

Na tentativa de resolver a o problema da circularidade e da ambigüidade apontada, a equação do markup pode ser rescrita como:

$$\mu_j(t) = \mu_j(t)(t - 1) (1 + \nu((P(t - 1) - \bar{P}(t - 1)) + (f_j(t - 1) - \bar{f}_j(t - 2)) + \frac{\Delta U(t)}{U(t-1)}) \quad (23)$$

Desse modo, a taxa de desemprego é adicionada a equação como uma componente da formação do mark-up. Neste modelo, como salários são um componente dos custos, ao ocorrer uma redução nos salários, o custo cai e, conseqüentemente, o preço também. Porém, ao adicionar a taxa de desemprego como componente endógeno do mark-up, a hipótese subjacente é de que a empresa não reduz seus preços mesmo tendo redução de custos, isso porque em uma situação na qual o desemprego esteja aumentando possivelmente algumas empresas estão fechando esta economia e as empresas sobreviventes não reduzirão seus preços.

5 – SIMULAÇÕES

Apresentado o modelo K+S original de Dosi, Fagiolo e Roventini (2010), algumas sugestões a partir de trabalhos Oliveira (2020), Santoro (2020) e Dosi et al. (2015) foram incorporados na construção do modelo original para eventuais simulações a fim de se observar o comportamento do modelo. A primeira modificação foi a dinâmica do mark-up no setor de bens de consumo com base na equação usada por Oliveira (2020) e ainda a introdução da variação do desemprego na equação, buscando anular o efeito de eventuais quedas de salários e dos custos, o que segundo o modelo de Dosi, Fagiolo e Roventini (2010) acarretaria uma redução dos preços. Outro ponto modificado no modelo foi a equação de salários de Dosi, Fagiolo e Roventini (2010), na qual a relação com o desemprego é positiva, nesse sentido foi utilizado o trabalho de Dosi et al. (2015) em que tal relação é descrita com negativa, sendo essa uma observação em conformidade com aspetos empíricos. Para este exercício foram mantidos os valores originais dos parâmetros de Dosi, Fagiolo e Roventini (2010), conforme o quadro abaixo:

Descrição	Símbolo	Valor
Número de empresas - bens de capital	F_1	50
Número de empresas - bens finais	F_2	200
Propensão a investir em <i>P&D</i>	ν	0.04
Alocação de <i>P&D</i> para pesquisa inovativa	ξ	0.50
Parâmetro para a capacidade de pesquisa da firma	ζ_1, ζ_2	0.30
Parâmetros de distribuição beta	(α_1, β_1)	3,3
Suporte da distribuição beta	$[\underline{x}_1, \bar{x}_1]$	[-0.15, 0.15]
Parâmetro de amostra para novos clientes	γ	0.50
Regra de mark-up para a firma de bens de capital	μ_1	0.04
Nível de estoque desejados	ι	0.10
Payback do período	b	3
Depreciação do capital físico	η	20
Coefficiente de mark-up	ν	0.04
Pesos para a competitividade	ω_1, ω_2	1
Coefficiente do replicador dinâmico	χ	1
Relação dívida / vendas	Λ	2
Taxa de juros	r	0.03
Suportes de distribuição uniformes	$[\Phi_1, \Phi_2]$	[0.10, 0.90]
Suportes de distribuição uniformes	$[\Phi_3, \Phi_4]$	[0.10, 0.90]
Parâmetros de distribuição beta	(α_2, β_2)	(2, 4)
Pesos ΔAB	Ψ_1	1
Pesos Δcpi	Ψ_2	0
Pesos ΔU	Ψ_3	0
Taxa de tributação	tr	0.10
Taxa de subsídio aos desempregados	ϕ	0.40

Quadro 2 – Parâmetros

Para tanto, os testes foram realizados com o software Laboratório e Desenvolvimento de Simulações (LSD) desenvolvido por Marco Valente da

Universidade dell'Aquila e Marcelo Pereira da Universidade de Campinas. Assim, a utilização do LSD se justifica em virtude da capacidade de resolução rápida oferecida aos modelos baseados em agentes (ABM), considerando que esses são construídos com arcabouço hierárquico com estrutura em árvore.

5.1 - PRODUTO

Nesse viés, a estratégia adotada foi de simular dois cenários, um cenário base (Modelo – original) no qual o modelo não sofreria alterações em sua estrutura e um outro cenário alternativo (Modelo – Extensão), em que foram feitas alterações na estrutura do modelo para verificar avaliar o comportamento das séries.

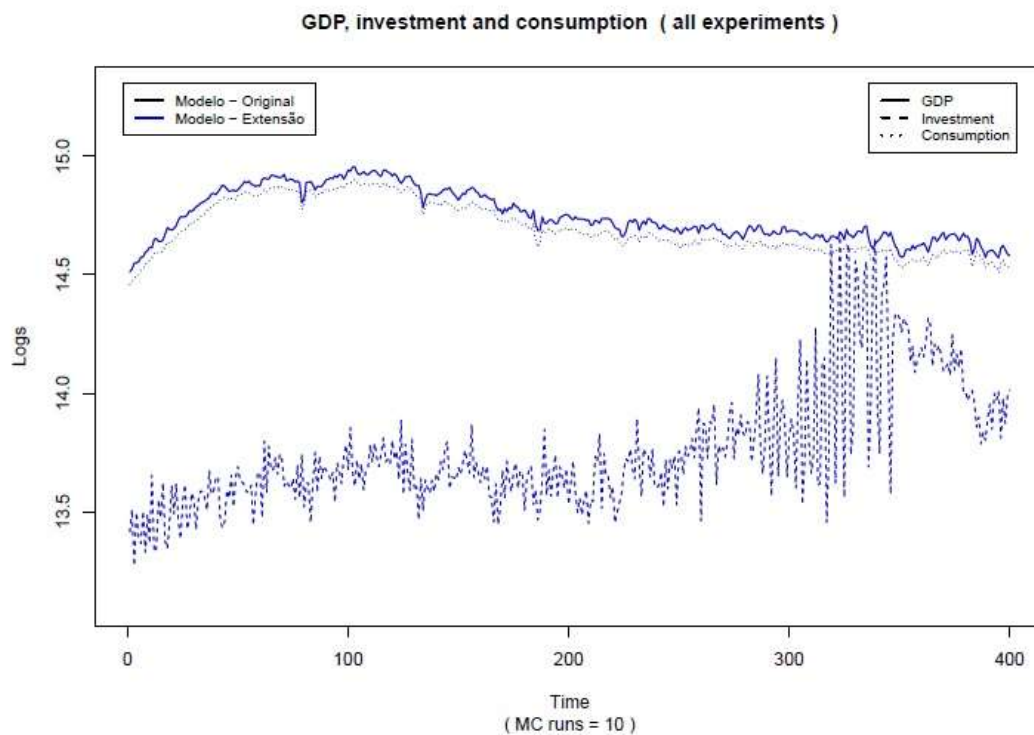


Figura 1 – Produto, Investimento, Consumo

De todo modo, ao simular o modelo as alterações feitas parecem não terem surtido efeitos tão expressivos na série. Mesmo alterando alguns parâmetros e valores iniciais no mercado de trabalho, o modelo parece não corresponder a estas alterações. Ainda assim, algumas variáveis do modelo podem ser analisadas como forma de entender como se comportam tais variáveis durante a simulação. O mecanismo que conduz a tal resultado ocorre por meio da

interação entre empresas com preços distintos, isso porque ao não repassar para os preços a redução de custo observada, os preços de tais empresas se tornam menos competitivo, o que reduz o *market-share*. No limite, as empresas menos competitivas saem do mercado, sendo substituídas por novas empresas entrantes. Uma possível extensão no trabalho realizado seria a modificação do mecanismo de entrada e saída de firmas no qual não teríamos uma substituição de novas firmas neste mercado.

Algumas variáveis como: *PIB (GDP)*; o *mark-up* (μ_2) da firma do setor de bens de consumo; os *preços* (p_2) do setor de bens de consumo e os *salários* (W_2) do setor de bens de consumo foram avaliadas para identificar semelhanças entre o comportamento das simulações apresentadas neste trabalho e daquela apresentada por Dosi, Fagiolo e Roventini (2010).

O mark-up da simulação nos primeiros períodos cresce exponencial, mas logo se estabiliza e tem uma trajetória suave de crescimento até o final da simulação.

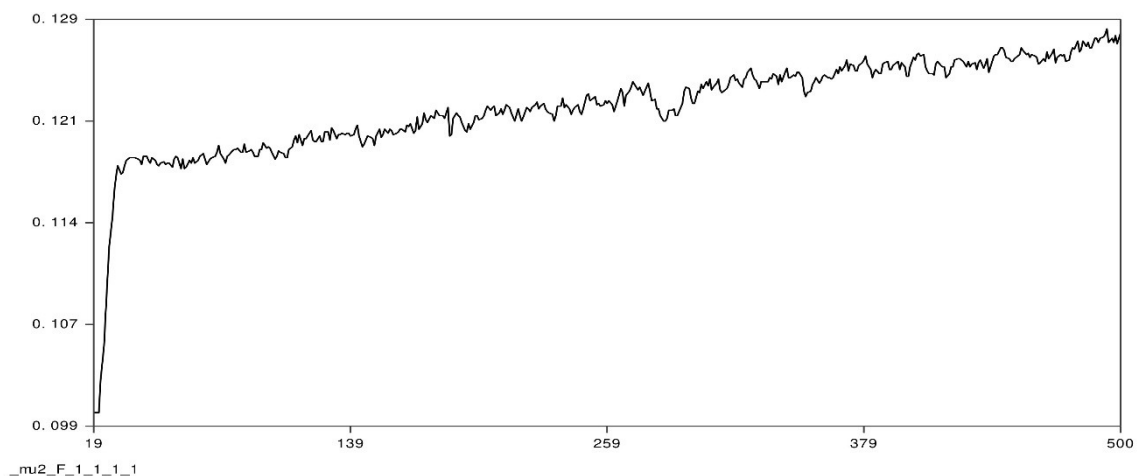


Figura 2 – Mark-up

O comportamento do mark-up influencia diretamente os preços, que por sua vez têm uma trajetória de “montanha russa” que pode ser atribuída ao efeito de ajustamento de preços pelos seus canais de transmissão, o que sinaliza existir um efeito de ambiguidade com o *market-share* da firma de bens de consumo e a entrada e saída de novas firmas.

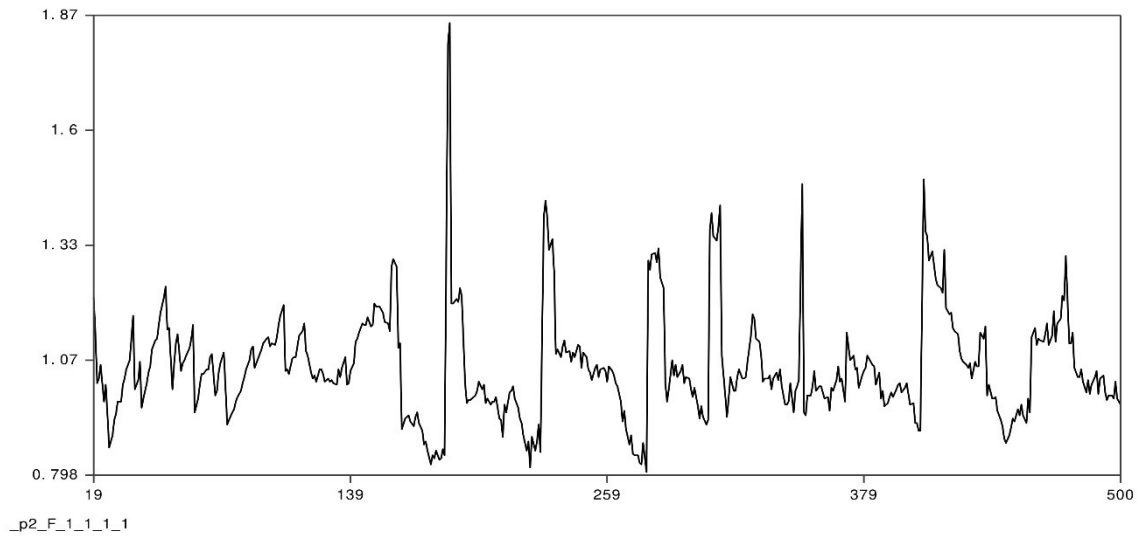


Figura 3 - Preços

Os salários na simulação no setor de bens de consumo crescem até o primeiro quarto da simulação no mesmo ritmo do produto, o que garante um comportamento pró-cíclico dos salários estando de acordo com observações empíricas.

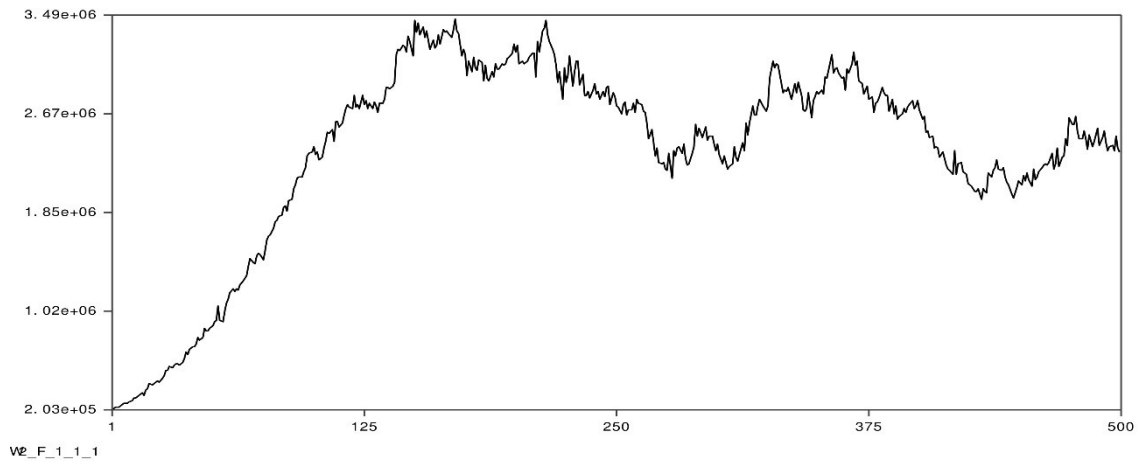


Figura 4 – Salários

Na tabela a seguir, temos os valores médios para o PIB (GDP); o $markup$ (μ_2) da firma do setor de bens de consumo; os preços (p_2) do setor de bens de consumo e os salários (W_2) do setor de bens de consumo.

Variable	Average	Std.Dev.	Var.	Min.	Max.
GDP	2e+06	6.33e+05	4e+11	2.06e+05	3.05e+06
_mu2	0.122	0.00378	1.43e-05	0.1	0.128
_p2	1.05	0.127	0.016	0.806	1.85
CPI	1.27	0.0901	0.00811	1.07	1.53
W2	2.36e+06	7.95e+05	6.31e+11	2.05e+05	3.46e+06

Quadro 3

Essa simulação realizada não apresentou diferença com relação ao cenário base por conta da estrutura de mercado que é flexível a entrada e a saída de firmas, sem que haja explicação para a origem da liquidez atribuída às empresas entrantes, como argumentado por Oliveira (2020). Com isso, é possível realizar, em trabalhos futuros, uma extensão do modelo, a fim de garantir maior robustez, modificando a estrutura das regras para entrada de novas empresas.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo revisar a literatura de modelos baseados em agentes e apresentar simulações sobre “*Schumpeter meeting Keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles*” de Giovanni Dosi, Giorgio Fagiolo, Andrea Roventini (2010), considerando formulação alternativa a taxa de mark-up do setor de bens finais. A motivação para este trabalho nasce da tentativa de encontrar métodos de modelagem mais fidedignos a fatos estilizados e que sirvam como um norte para políticas públicas, fiscais e monetárias. Entende-se que as ferramentas convencionais da ortodoxia negligenciam hipóteses importantes presentes nas relações sociais entre os agentes e que influenciam na trajetória econômica. A principal vantagem dos modelos ABM é a de poder simular possíveis trajetórias da economia dado o seu estágio inicial, o que permite fazer ajustes no percorrer da trajetória. Deste modo, foi feita uma revisão de literatura a fim de avaliar a evolução da macroeconomia

no que considera os modelos que mais influenciaram o pensamento econômico dentro da macroeconomia nos últimos tempos. Depois da revisão de literatura foi apresentada a estrutura matemática do modelo a fim de entender o comportamento das variáveis principais do modelo e seus parâmetros. Após a apresentação da estrutura matemática do modelo foi feita simulações para a introdução da taxa de desemprego como variável a influenciar a taxa de mark-up do setor de bens finais.

Apesar da robustez do modelo, as extensões não ofereceram resultado nas diferenças significativas no que tange à comparação com o modelo original, sendo esse fato atribuído à estrutura de mercado adotada na elaboração do modelo. Essencialmente, o impulso gerado pela taxa de desemprego sobre a taxa de mark-up é contrabalanceado pelos movimentos do *market-share*. Uma possível alteração a fim de aproximar o modelo de uma estrutura mais concentrada seria a redução do número de empresas entrantes no mercado.

Para trabalhos futuros, pretende-se replicar a estrutura de simulação para outras linguagens mais flexíveis e empregar testes para estruturas próximas à brasileira.

REFERÊNCIAS

ARTHUR, W. B. Complexity, the santa fe approach, and non-equilibrium economics. *History of Economic Ideas*, JSTOR, p. 149–166, 2010.

BACKHOUSE, R. E.; BOIANOVSKY, M. *Transforming modern macroeconomics: exploring disequilibrium microfoundations, 1956–2003*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2012.

BACKHOUSE, R. Paul a. samuelson and the neoclassical synthesis. Available at SSRN 2782538, 2014

BLANCHARD, O. J.; SUMMERS, L. H. *Rethinking stabilization policy: Evolution or revolution?* 2017. Disponível em: <<https://www.nber.org/papers/w24179.pdf>>.

BLAUG, M. *The Methodology of Economics: Or, how economists explain*. [S.l.]: Cambridge University Press, 1992.

BLAUG, M. *Economic theory in retrospect*. 5. ed. [S.l.]: Cambridge university press, 1997.

CAIANI, A. et al. Agent based-stock flow consistent macroeconomics: Towards a benchmark model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v. 69, p. 375–408, 2016.

DOSI, G.; FAGIOLO, G.; ROVENTINI, A. Schumpeter meeting keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Elsevier, v. 34, n. 9, p. 1748–1767, 2010.

FAGIOLO, G.; ROVENTINI, A. Macroeconomic policy in dsge and agent-based models. *Revue de l'OFCE, OFCE*, n. 5, p. 67–116, 2012.

FRIEDMAN, M. *The methodology of positive economics. Essays in positive economics*, Chicago, v. 3, n. 3, p. 145–178, 1953.

FRIEDMAN, M. The role of monetary policy. *The American Economic Review*, v. 58, n. 1, p. 1–17, 1968.

KEYNES, J. M. *The General Theory of Employment, Interest and Money*. [S.l.]: Kessinger Publishing, 1936.

LUCAS, R. E. *Econometric testing of the natural rate hypothesis. The econometrics of price determination*, Washington, DC: Board of Governors of the Federal Reserve System, v. 50, p. 59, 1972.

LUCAS, R. E. Expectations and the neutrality of money. *Journal of Economic Theory*, Citeseer, v. 4, n. 2, p. 103–124, 1972..

LUCAS, R. E. Some international evidence on output-inflation tradeoffs. *The American Economic Review*, JSTOR, v. 63, n. 3, p. 326–334, 1973.

MINELLA, A. et al. Samba: Stochastic analytical model with a bayesian approach. In: 33o Meeting of the Brazilian Econometric Society. [S.l.: s.n.], 2011.

MELO, T. M.; POSSAS, M. L.; DWECK, E. Um modelo setorial baseado na abordagem kaleckiana da distribuição setorial funcional da renda e na teoria schumpeteriana da concorrência. *Economia e Sociedade*, SciELO Brasil, v. 25, n. 1, p. 109–145, 2016.

PHILLIPS, A. W. The relation between unemployment and the rate of change of money wage rates in the united kingdom, 1861-1957. *Economica*, v. 25, n. 100, p. 283–299, 1958.

ROMER, P. The trouble with macroeconomics. *The American Economist*, SAGE Publishing, v. 20, p. 1–20, 2016.

TAYLOR, J. B. Rational expectations models in macroeconomics. [S.l.]: National Bureau of Economic Research Cambridge, Mass., USA, Available at <<https://www.nber.org/papers/w1224>>, 1983.

WU, C. Does clower's dual-decision hypothesis lead to the change in saving conclusion in keynes's general theory? Available at <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/82120/1/MPRA_paper_82120.pdf>, 2017.