

Microfundamentos da macroeconomia e os modelos baseados em agentes: o papel das interações

Rafael Peixoto Meira¹

Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar o papel das interações entre os agentes econômicos na conexão entre a microeconomia e a macroeconomia. Apesar de existir atualmente um 'novo consenso em macroeconomia', a sua estratégia de microfundamentação baseada no agente representativo é alvo de inúmeras críticas, por apresentar diversos problemas de agregação e ignorar a importância das interações entre os agentes e dos mecanismos de influência do macro sobre o micro. Como alternativa a essa abordagem, será proposta aqui a da complexidade, que enxerga a economia enquanto um sistema complexo adaptativo e propõe a sua análise a partir de – entre outros métodos – modelos baseados em agentes (ABMs). Esses possibilitam o estudo das interações e feedbacks existentes no sistema econômico por meio do exame tanto das regras de comportamento dos agentes quanto das redes de conexão entre eles.

Palavras-chave: Interações, Microfundamentos, Complexidade, Mecanismos.

Abstract

Micro-foundation of macroeconomic analysis and the agent-based models: the role of interactions

This work aims to analyze the role of interactions between economic agents in the connection between microeconomics and macroeconomics. Although there is currently a 'new consensus in macroeconomics', a micro-foundation strategy based on the representative agent is criticized for presenting several aggregation problems and ignoring the importance of interactions between agents and the mechanisms of influence of the macro on the micro. As an alternative to this approach, the complexity approach will be proposed here, which sees the economy as a complex adaptive system and proposes an analysis based on agent-based models (ABMs). These models enable the study of interactions and feedbacks existing in the economic system by examining both the agents' behavior rules and the networks between them.

Keywords: Interactions, Micro-foundations, Complexity, Mechanisms.

JEL: B40, B41, B50.

Introdução

Existe um debate na teoria econômica – que já dura mais de 80 anos – sobre a necessidade de microfundamentação da macroeconomia. De acordo com Hoover (2006, p. 387), esse debate nasce logo depois da separação da teoria econômica em seus dois ramos principais – Microeconomia e Macroeconomia –, com a publicação do livro Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda (de John Maynard Keynes, em 1936), e as críticas que este recebeu devido à sua incompatibilidade com a teoria microeconômica do equilíbrio geral, como em Leontief (1936). Porém, apenas a partir dos anos 1970, com a famosa “crítica de Lucas” (Lucas, 1976), este tema ganha destaque, com o mainstream pendendo fortemente para uma visão de defesa de tal microfundamentação (Hoover, 2015). Atualmente, esse debate gira em torno da proposta de conexão micro-macro da Nova Síntese Neoclássica (NSN) que, embora tenha se tornado a abordagem macroeconômica mainstream, é alvo de inúmeras críticas – que vão desde aspectos mais técnicos, dos seus modelos DSGE (*Dynamic Stochastic General Equilibrium*), até questões metodológicas e inclusive ontológicas (e.g., Fagiolo e

(1) Mestre pelo Instituto de Economia da Unicamp. E-mail: peixoto.rafael@outlook.com.

Roventini (2012), Gatti et al. (2011) e Denis (2016)). Com isso, uma grande parcela das críticas à microfundamentação da macroeconomia, atualmente, se destina às características da NSN, como, por exemplo, pressupostos irrealistas e uma estrutura analítica inadequada, além da sua visão alinhada ao individualismo metodológico.

Dentro desse contexto, diversos críticos da microfundamentação da NSN defendem a importância das interações entre os agentes na formação de estruturas macroeconômicas. Ou seja, para conectar a macroeconomia à microeconomia seria necessário levar em conta tais interações. A economia da complexidade (Arthur, 1999), por exemplo, entende o sistema econômico enquanto um sistema complexo adaptativo no qual tanto as interações entre os componentes influenciam as propriedades do sistema quanto o sistema influencia as próximas interações entre os seus componentes, de forma dinâmica e cíclica. Partindo dessa visão, seria inadequado analisar a macroeconomia a partir de um agente representativo, como o faz a teoria econômica mainstream.

Assim, esse artigo pretende analisar a importância das interações entre os agentes na explicação de fenômenos macroeconômicos. Para tanto, parte de uma revisão crítica da literatura da estratégia mainstream de conexão micro-macro e discute a proposta da economia da complexidade. De forma mais específica, o trabalho estará dividido em mais duas seções, além de uma conclusão com considerações finais: 1) uma contextualização do debate sobre microfundamentação da macroeconomia, e a crítica à estratégia mainstream; 2) uma análise da economia da complexidade, e os modelos baseados em agentes.

1 O debate da microfundamentação da macroeconomia

A conexão entre o comportamento individual e o coletivo (ou agregado) sempre foi uma questão que esteve presente no debate econômico. Porém, propostas sistematizadas sobre tal conexão só surgiram com a divisão da teoria econômica em microeconomia e macroeconomia nos anos 1930. Isso porque, como coloca Hoover (2006, p. 386-387), “*questions about the relationship between these two groups of concerns could hardly be articulated until a categorical distinction between macroeconomics and microeconomics had been drawn*”. O termo “microfundamentos”, por sua vez, só aparece nos anos 1950, de forma esparsa, e só se populariza a partir dos anos 1970 (Hoover, 2012, p. 23). Atualmente, tanto esse termo quanto a questão sobre a conexão micro-macro em geral giram em torno da teoria macroeconômica associada ao que ficou conhecido como a Nova Síntese Neoclássica (NSN). Essa, embora tenha se tornado a abordagem macroeconômica mainstream, é alvo de inúmeras críticas. Com isso, uma grande parcela das críticas à microfundamentação da macroeconomia, atualmente, se destina às características da NSN.

Apesar dessa identificação, recorrente na literatura, entre microfundamentos e a NSN, diversos autores (e.g., Hartley (2002), Hoover (2012) e Vercelli (2016)) defendem uma visão mais pluralista a respeito do conceito de microfundamentos, de modo que tal termo possa fazer referência a outras estratégias de conexão entre o micro e o macro, diferentes da existente na NSN. Entendendo microfundamentos a partir dessa visão pluralista, é possível criticar o modo específico como esses são propostos pela NSN, e admitir a possibilidade de formas alternativas, que não imponham um reducionismo da teoria macroeconômica na teoria microeconômica.

Essa seção discute críticas e alternativas a essa proposta da NSN. Será visto aqui que grande parte das críticas se dirige ao uso do pressuposto do agente representativo, que apresenta uma série

de problemas relacionados à agregação, especialmente ao desconsiderar a existência de interações entre os agentes na economia. A partir disso, diversos autores – com visões e argumentações distintas – propõem que, dado os problemas associados a esse pressuposto, a conexão entre a macroeconomia e a microeconomia envolveria necessariamente as interações entre os diversos agentes que compõem o sistema econômico.

1.1 Críticas à microfundamentação mainstream

Grande parte das críticas à microfundamentação da macroeconomia se dirige à proposta específica da NSN. Mais especificamente, à sua visão alinhada ao individualismo metodológico e o uso do pressuposto do agente representativo.

A relação entre a microfundamentação mainstream e o individualismo metodológico, embora seja apontada por diversos autores (e.g., Denis (2016), Vercelli (2016), Skouras e Kitromilides (2014) e King (2012)), é um tanto ambígua, uma vez que o próprio conceito de individualismo metodológico é mal especificado no debate. Hodgson (2007) discute bem essa falta de clareza em torno desse conceito, e aponta que a maior ambiguidade está na questão sobre se o tipo de explicação a ele associado deveria ser em termos de indivíduos, apenas, ou em termos de indivíduos mais as relações entre esses. A argumentação de Hodgson evidencia o papel das interações entre os indivíduos na explicação de fenômenos sociais (incluindo os econômicos).

O agente representativo, por sua vez, possivelmente é o maior alvo das críticas metodológicas à microfundamentação mainstream. Esse pressuposto é um dos aspectos mais marcantes da proposta de microfundamentação que se inicia com os novos clássicos e depois é adotada pelos novos Keynesianos e pela Nova Síntese Neoclássica. Nos modelos que o utilizam, a macroeconomia se comporta da mesma maneira que um agente individual representativo. Ou seja, parte-se de uma teoria microeconômica sobre o comportamento do agente – racional e maximizador –, para chegar no comportamento agregado, derivando este daquele (Hartley, 2002, p. 3). Tal estratégia, entretanto, é pouco justificada, usualmente associada à crítica de Lucas e ao fornecimento de microfundamentos, porém sem um embasamento estruturado (Hartley, 2002, p. 6). Como coloca Hoover (2012, p. 50), “[...] *there is never any discussion of the conditions under which this assumption is warranted more generally. It is truly just assumed without comment*”, concluindo em seguida: “[...] *the new classic macroeconomics sleepwalked into their most characterized methodological position*”.

Dentre as críticas a esse pressuposto, uma das mais recorrentes é a existência de problemas de agregação envolvidos no seu uso. De acordo com Kirman (1992), o comportamento agregado de um grupo heterogêneo de agentes dificilmente (praticamente nunca) coincidiria com o comportamento de um agente “representativo” desse grupo. Kirman apresenta quatro motivos principais responsáveis por isso, que são bem resumidos por Fagiolo e Roventini:

First, individual rationality does not imply aggregate rationality: one cannot provide any formal justification to support the assumption that at the macro level agents behave as a maximizing individual. Second, even if one forgets the previous point, and uses RA fiction to provide micro-foundations to macroeconomics, one cannot safely perform policy analyses with such models, because the reactions of the representative agent to shocks or parameter changes may not coincide with the aggregate reactions of the represented agents. Third, even if the first two

problems are resolved, there may be cases where given two situations a and b, the representative agent prefers a, whereas all the represented individuals prefer b. Finally, the RA assumption introduces additional difficulties at the empirical level, because whenever one tests a proposition delivered by a RA model, one is also jointly testing the RA hypothesis. Hence, the rejection of the later hypothesis may show up in the rejection of the model proposition that is being tested (Fagiolo; Roventini, 2012, p. 77).

A incompatibilidade entre o comportamento individual e o comportamento agregado, de acordo com Kirman, só seria eliminada caso pressupostos muito fortes fossem adotados. Porém, como ele aponta, “*these assumptions are so special that few economists would consider them plausible*” (Kirman, 1992, p. 120).

Assim, o pressuposto do agente representativo não apenas é deixado sem uma justificativa estruturada, pela microfundamentação mainstream, mas uma justificativa formal não seria nem possível, dados os problemas de agregação envolvidos. Apesar disso, o seu uso continua disseminado no mainstream, como apontam Jackson e Yariv:

We are certainly not the first to point out issues with the use of representative agents. [...] the notion has endured scrutiny practically since its inception, and actively since the beginning of the twentieth century. [...] Nonetheless, as mentioned above, the publication of the Lucas Critique (1976) brought new life to micro-founding economic models using the representative-agent construct. Examples of ensuing models relying on representative agents abound (Jackson; Yariv, 2020, p. 8).

Em contrapartida, há um número crescente de autores – principalmente fora do mainstream, mas também dentro – que sugerem que a conexão entre as teorias microeconômica e macroeconômica (ou entre o comportamento individual e o coletivo) deveria ser abordada de maneira alternativa.

1.2 Propostas alternativas da relação micro-macro em economia

As críticas direcionadas à microfundamentação mainstream partem de autores que apresentam uma enorme diversidade de visões entre si. Dessa forma, são bem variadas as propostas alternativas de conexão micro-macro. King (2012), por exemplo, defende que as teorias microeconômica e macroeconômica devem ser desenvolvidas de forma autônoma uma da outra – muito embora, uma possa apresentar contribuições para a outra. Já Hoover (2006) sugere que ambas as teorias devem partir de uma ontologia própria e independente e, a partir daí, uma conexão deve ser buscada, porém, não é apresentado um método específico para como isso pode ser feito.

Tanto Lawson (2013) quanto autores ligados à economia da complexidade (e.g., Gaffeo et al. (2008), Gatti, Gaffeo e Gallegati (2010), Stiglitz e Gallegati (2011), Epstein (2006)) defendem que a relação entre a macroeconomia e a microeconomia envolve, de forma central, tanto interações entre agentes quanto *feedbacks* do macro sobre o micro. Porém, enquanto para Lawson (2013, p. 66) há aspectos da estrutura organizacional de um sistema social que não podem ser explicados com base nos seus componentes nem mesmo levando-se em consideração as interações entre esses, autores como Epstein defendem uma suficiência de tais interações na explicação do comportamento de certos tipos de sistemas – que abrangem sistemas sociais. A próxima seção discute essa visão da economia da complexidade.

2 A economia da complexidade

A economia da complexidade enxerga a economia enquanto um sistema complexo adaptativo, que seria um sistema no qual interações locais entre os agentes fariam emergir estruturas macroeconômicas que, por sua vez, afetariam as interações subsequentes (ARTHUR, 1999). Como Tesfatsion coloca:

Economies are complex dynamic systems. Large numbers of micro agents engage repeatedly in local interactions, giving rise to global regularities such as employment and growth rates, income distributions, market institutions, and social conventions. These global regularities in turn feed back into the determination of local interactions. The results is an intricate system of interdependent feedback loops connecting micro behaviors, interactions patterns, and global regularities (Tsfatsion, 2006, p. 4).

Essas interações dinâmicas e consecutivas entre os agentes e as estruturas que esses criam em conjunto, por sua vez, dependem de dois fatores principais: a cognição dos agentes; e as redes de interações entre esses. De acordo com Kirman (2010, p. 22): “[...] it is the way in which individuals interact and the way in which that interaction is organised that coordinates activities”.

A partir disso, essa seção busca analisar como a economia da complexidade propõe uma relação micro-macro centrada nas interações entre os agentes. Mais especificamente, serão analisados dois aspectos defendidos por essa abordagem como cruciais nas interações – a cognição dos agentes e as redes de interação em que eles estão inseridos –, assim como o uso de modelos baseados em agentes – que permite o estudo de sistemas complexos.

2.1 Cognição e redes de interação

A economia da complexidade parte da premissa de que a economia não tende necessariamente ao equilíbrio, uma vez que os agentes econômicos constantemente mudam suas ações e estratégias em resposta aos resultados que eles criam em conjunto. Essa mudança contínua de comportamento se deve essencialmente à existência de incerteza fundamental (ARTHUR, 2015, p. 5), que diz respeito à impossibilidade de se ter conhecimento completo sobre o futuro, o qual está sujeito a mudanças não passíveis de ser antecipadas. De acordo com Dequech (2011, p. 631), “*The most elementary notion of fundamental uncertainty is based upon the characterization of social reality as subject to non-predetermined structural change*”. Frank Knight, em seu trabalho seminal *Risk, Uncertainty and Profit*, afirmou que

The fundamental uncertainties of economic life are the error in predicting the future and in making present adjustments to fit future conditions. In so far as ignorance of the future is due to practical indeterminateness in nature itself we can only appeal to the law of large numbers to distribute the losses, and make them calculable, not to reduce them in amount, and this is only possible in so far as the contingencies to be dealt with admit of assimilation into homogenous groups; i.e., in so far as they repeat themselves (Knight, 2012, p. 259).

Assim, a partir da existência de incerteza fundamental, os agentes se deparariam com problemas de decisão mal especificados, sendo, portanto, impossível uma solução dedutiva lógica. De forma mais elaborada, dados tanto o limite cognitivo humano quanto a falta de informação perfeita – especialmente uma falta de conhecimento sobre qual será a ação de cada outro agente envolvido –,

se torna impossível uma racionalidade perfeita, com os agentes aplicando deduções lógicas para derivar os resultados a partir de certas premissas.

Um exemplo dessa impossibilidade de deduções lógicas em certos casos é o “problema do [bar] El Farol”, apresentado por Arthur (1994). Resumidamente, esse problema consiste na determinação de quantas pessoas comparecem ao bar El Farol nas noites de quinta-feira, em cada semana. O problema original especifica um número de 100 pessoas tomando tal decisão (de ir ou não ao bar), sendo que o critério seria a lotação do bar – com mais de 60 pessoas, o bar estaria muito cheio e, portanto, desagradável. Assim, se uma pessoa previsse que mais de 60 pessoas iriam ao bar, ela ficaria em casa; caso contrário, ela iria ao bar. No problema, não haveria a possibilidade de comunicação entre as 100 pessoas, sendo o número de pessoas no bar nas semanas anteriores a única informação disponível para cada pessoa. Dessa forma, seria impossível cada pessoa prever de forma perfeita o público total que compareceria em cada semana, sendo necessário, portanto, recorrer a “regras de bolso” ou expectativas baseadas em um raciocínio indutivo – para se estimar o próximo público e decidir ir ou não ao bar.

Sendo, assim, impossível um comportamento racional dedutivo, dada a existência de incerteza fundamental, os agentes acabam por criar hipóteses, ou modelos internos, do funcionamento do problema em questão, e testam continuamente esses modelos, descartando-os ou atualizando-os conforme os resultados vão surgindo (Arthur, 2015, p. 6). Com tais mudanças e atualizações constantes de estratégias e comportamentos dos agentes, a economia não poderia ser descrita como um conjunto que tende ao equilíbrio, como propõe a teoria econômica mainstream, mas sim como um sistema que muda constantemente.

Aqui é importante ressaltar, porém, que apesar dessa mudança contínua do sistema, esse não se torna necessariamente caótico, mas pode produzir certas regularidades ou, ao menos, não se comportar de forma completamente randômica. E isso não dependeria de cognição extremamente eficiente dos agentes, mas poderia ser resultado de simples regras de comportamento, como aponta Kirman:

People may use rules of thumb and may learn what it is that makes them feel better off, they may have thresholds which when attained, push them to react. [...] if we allow for interaction and the emergence of economic organisation we need to impose much less structure on individual behaviour. Thus, rather simple individuals can, collectively, achieve quite sophisticated outcomes without any of them having full knowledge of what is happening and indeed without respecting the canons of rationality, in the standard sense. [...] Aggregation of individuals with specific local and differentiated simple rules of behaviours produces smooth and sophisticated aggregate behaviour (Kirman, 2010, p. 13, 23).

Devido ao fato de os agentes não conseguirem agir de acordo com uma racionalidade dedutiva perfeita, eles recorrem a uma forma indutiva de raciocínio, criando, contrapondo e selecionando diversas hipóteses ou modelos mentais sobre os problemas com os quais se deparam. Assim, o comportamento dos agentes vai se modificando continuamente a partir dos resultados das interações passadas com outros agentes. Nessa mudança, é crucial o *feedback* que o agente recebe do resultado agregado emergente.

Entretanto, não apenas a cognição e o comportamento dos agentes são essenciais nessa emergência de sistemas, mas também a estrutura (ou rede) de interação entre esses componentes:

The network structure which develops over time in a society, or an economy, plays a crucial role in determining individual and hence, collective economic outcomes. [...] it is the type of organisation rather than the individual behavior that is central to achieving coordination. Once in place, the organisation structure, itself, coordinates individual activities and makes them consistent. Over time this structure emerges as a result of the interaction between individuals and gradually plays a more and more important role, as rules, checks and balances are incorporated into the system (Kirman, 2010, p. 6).

A estrutura de interações entre os agentes, isto é, as redes de conexões que ligam os diversos agentes — não necessariamente todos com todos, mas podendo ser de forma local, a partir de *clusters* —, cada qual exercendo certas funções ou posições, possui influência determinante sobre o resultado de tais interações. Análises detalhadas sobre as redes de conexão entre os agentes (sociais ou não) constituem, atualmente, uma disciplina própria – frequentemente referida como *network science* (Barabási et al., 2016). Chen e Venkatachalam (2017, p. 101), por exemplo, ressaltam que, nesses tipos de análises, “*economic and social consequences of different network topologies are addressed in light of various network characteristics, such as degree, degree distribution, diameter, clustering coefficient, centrality, etc.*”

Dentre os diversos aspectos envolvidos, talvez o ponto mais destacado no debate sobre redes de interações na economia da complexidade seja o de interações locais, nas quais cada agente interage apenas com um subgrupo de todos os agentes que formam o sistema. Sobre isso, Anderson (1999, p. 222) aponta: “*In complex adaptive systems, agents only act on information available in their immediate environments, from those few agents connected to them in a feedback loop*”. De forma semelhante, Kirman (2010, p. 47) coloca: “*the specification of the local interaction plays an important role in characterizing the nature of aggregate behaviour that will emerge over time*”.

Resumindo, para a economia da complexidade, tanto aspectos comportamentais, ligados à cognição dos agentes, quanto aspectos da estrutura de interações teriam papel determinante na emergência das estruturas agregadas do sistema. Para analisar essa dinâmica de interações, diversos autores ligados a essa abordagem defendem a utilização de modelos baseados em agentes (*ABMs*).

2.2 Modelos baseados em agentes (ABMs)

Os modelos baseados em agentes (*ABMs*) possuem uma enorme diversidade de aplicações, abrangendo praticamente todas as disciplinas nas ciências naturais, sociais e físicas (MACAL, 2016, p. 144). Esses são modelos que partem de uma certa microespecificação de um sistema e buscam, a partir de simulações que promovem uma série de interações entre os elementos desse sistema, gerar uma macroestrutura que representa suficientemente bem algum fato estilizado. Esses resultados finais (as macroestruturas) geralmente são impossíveis de se obter de forma analítica, dada a sua complexidade, não-linearidade e a existência de *feedbacks* entre as macroestruturas e seus microcomponentes.

Fagiolo et al. (2019) apresentam uma explicação bem didática sobre em que consiste a modelagem baseada em agentes. Segundo eles, um pesquisador usualmente não conhece o verdadeiro processo gerador de dados do fenômeno sob análise (*rwDGP*, referente a “*real world Data Generating Process*”), que pode ser entendido como um complicado processo estocástico, com muitos parâmetros, que governa a geração de uma única realização de uma série temporal – de algum

fato estilizado – que pode ser empiricamente observado e estimado. Com isso, o objetivo do pesquisador é construir um ABM que seja uma boa aproximação desse *rwDGP*, ou seja, construir um modelo que represente o processo gerador de dados (*mDGP*, referente a “*model Data Generating Process*”). Tal *mDGP* seria uma simplificação do *rwDGP* e teria como propósito prover uma explicação dos mecanismos causais que atuam para gerar o conjunto de fatos estilizados observados.

Nos ABMs aplicados em economia, são abandonados aspectos fundamentais da microfundamentação *mainstream*, como os pressupostos do agente representativo e expectativas racionais, e a estrutura analítica do equilíbrio geral:

The basic exercise ACE [ABMs em economia] tries to perform is building models based on more realistic assumptions as far as agent behaviors and interactions are concerned, where more realistic here means rooted in empirical and experimental micro-economic evidence (Kirman, 2016). [...]

the widespread evidence on persistent heterogeneity and turbulence characterizing markets and economies indicate to abandon crazy simplifications such as the representative agent assumption, as well as the presumption that economic system are (and must be observed) in equilibrium, and to focus instead on out-of-equilibrium dynamics endogenously fueled by the interactions among heterogeneous agents (Fagiolo; Roventini, 2016, p. 18).

A partir disso, Fagiolo e Roventini (2016) indicam que os ABMs em macroeconomia são construídos com a seguinte estrutura: existe uma população (ou conjunto de populações) de agentes organizada (ou não) de forma hierárquica. Esses agentes são observados em períodos de tempo discretos ($t = 1, 2, \dots$), que podem representar dias, meses, anos, etc. Em cada período t , cada agente i é caracterizado por um conjunto finito de variáveis microeconômicas $x_{i,t}$ e por um vetor de parâmetros microeconômicos θ_i , que é fixo no horizonte de tempo do modelo. Além disso, o sistema (que representa a economia) é caracterizado por um conjunto de parâmetros macroeconômicos Θ , fixos. Assim, a partir de determinadas condições iniciais $x_{i,0}$ e valores para os parâmetros tanto microeconômicos como macroeconômicos, em cada período de tempo um ou mais agentes atualizam suas variáveis microeconômicas, o que pode ocorrer de forma aleatória ou a partir de alguma característica do sistema. Para realizar tal atualização de variáveis, os agentes coletam informações presentes ou passadas de outros agentes (as variáveis microeconômicas desses agentes). Os agentes utilizam essas informações como *input* em suas regras de comportamento, que são projetadas (pelo modelador) para representar o comportamento dos agentes observado de forma empírica (ou derivado de outros estudos). Tal processo se repete a cada período de tempo, com as variáveis microeconômicas sendo atualizadas. A partir disso, em cada período de tempo é possível computar variáveis agregadas X_t , somando-se ou tirando-se a média das variáveis microeconômicas. Assim, essas variáveis agregadas são definidas como agregados estatísticos, semelhantes aos existentes no mundo econômico real (como PIB, taxa de desemprego, etc.).

Como os ABMs geralmente apresentam componentes estocásticos, cada simulação resultará em valores potencialmente distintos para o conjunto das estatísticas de interesse das variáveis microeconômicas e macroeconômicas. Assim, após M simulações, é possível obter uma distribuição, para cada estatística, contendo M observações, o que pode ser sumarizado nos momentos (estatísticos) dessas distribuições. Com isso, se obtém uma descrição bem profunda do sistema em questão:

[...] moments will depend on the choice made for initial conditions and parameters. By exploring a sufficiently large number of points in the space where initial conditions and parameters are

allowed to vary, computing de moments of the statistic of interest at each point, and by assessing how moments do depend on parameters, one might get a quite deep descriptive knowledge of the system (Fagiolo; Roventini, 2016, p. 21).

A relação entre o comportamento do sistema real e o do modelo, entretanto, levanta diversas questões. Como já dito, os ABMs podem ser entendidos como uma aproximação do processo real gerador de dados dos eventos de interesse e, como esse só gera uma realização observável na realidade, há um problema de indução inerente na relação entre esse processo real e o modelo. Tal problema é abordado por métodos cunhados na literatura como validação empírica, que atualmente são alvo de bastante debate (Fagiolo; Roventini, 2016, p. 23).

Todo esse processo de construção e análise dos ABMs em macroeconomia pode ser sumarizado em quatro passos, como apontam Dawid e Gatti (2018, p. 68):

1. Teoria e desenho do modelo: determinação dos tipos de agentes presentes no modelo (e.g., famílias, firmas, bancos, etc.); para cada tipo de agente, definição do conjunto de decisões a serem tomadas, do conjunto de estados internos e da estrutura de cada regra de decisão (baseados em fundamentos teóricos, empíricos ou experimentais); definição dos protocolos de interação para cada interação em potencial

2. Codificação: tradução dos conjuntos de regras determinados no passo anterior em código computacional; teste do código para verificar se o modelo foi implementado de forma correta.

3. Escolha e validação de parâmetros: estimação e calibração dos parâmetros; realização de simulações; análise das propriedades emergentes nas simulações, tanto no nível micro (como distribuição dos tamanhos das firmas) quanto no macro (como crescimento e flutuação do PIB); comparação de tais dados do modelo com dados do mundo real (principalmente de “fatos estilizados”).

4. Análise do modelo: Estudo dos efeitos de mudanças em parâmetros chave do modelo (como parâmetros de política); identificação dos mecanismos responsáveis pelos resultados encontrados.

O primeiro passo, de teoria e desenho do modelo, explicita a centralidade das interações entre os agentes nesse tipo de modelagem, sendo essas o ponto de partida para toda a análise que se segue. É importante destacar, porém, algo que pode parecer óbvio: as simulações desses modelos excluem, por definição, relações entre os componentes do sistema simulado e fatores extrínsecos à simulação. Assim, todas as estruturas do sistema que influenciam as interações entre os agentes resultam, dentro da simulação, apenas das interações prévias dos agentes incluídos na simulação – essas interações, por sua vez, são determinadas pelas regras de comportamento e as redes de conexões dos agentes, ambas definidas previamente e incorporadas na definição dos agentes. Portanto, esses modelos não permitem a inclusão de aspectos estruturais e sociais exteriores aos agentes. Ou seja, embora haja *feedbacks* do macro sobre o micro, o próprio macro é resultado de interações passadas, sendo essas, portanto, suficientes para explicar todo o comportamento do sistema.

Essa é uma posição que diversos metodólogos enquadrariam como reducionista. Lawson (2012, p. 351-352), por exemplo, defende que fenômenos emergentes – que, de acordo com ele, caracterizam sistemas sociais e econômicos – são ontologicamente e causalmente irreduzíveis. Para

ele, embora as interações entre os componentes de um sistema sejam aspecto central de suas estruturas emergentes, essas interações dependem de fatores extrínsecos a esses componentes:

[...] the interesting question to examine nevertheless is whether organising structures can typically be explained by the causal interactions of the components of eventual wholes. My evaluation is that this is usually not the situation, especially with regard to phenomena of the social realm [...]. (Lawson, 2013, p. 66)

[...] the emerging organisational structure, and so totality and its powers, are rarely if ever created (completely) anew, but rather are formed out of pre-existing aspects of social structures, even though they usually undergo elaborations in the process (e.g., new positions and connections involving novel rights and duties). This is extrinsic to the human individuals whose interactions are organised by it, it is not reducible to, and is not entirely explicable in terms of, though it depends upon, the (organised) interactions of its current human components (Lawson, 2013, p. 71).

Ou seja, as características dos agentes não seriam suficientes para explicar suas interações, pois essas teriam influências também de fatores extrínsecos a eles. É nesse aspecto que a modelagem baseada em agentes poderia ser caracterizada como reducionista, pois nela as características dos agentes compõem a totalidade do que é necessário para explicar a dinâmica do sistema:

Classical emergentism holds that the parts (the micro specification) cannot explain the whole (the macrostructure), while to the agent-based modeler, it is precisely the generative sufficiency of the parts (the micro specification) that constitutes the whole's explanation! In this particular sense, agent-based modeling is reductionist (Epstein, 1999, p. 55).

Para Epstein, um dos precursores desse tipo de modelagem, as características dos agentes (suas micro especificações) seriam suficientes para explicar o comportamento do sistema, pois essas abrangeriam todas as informações relevantes para a determinação das interações:

Typical of classical emergentism would be the claim: No description of the individual bee can ever explain the emergent phenomenon of the hive. How would one know that? Is this a falsifiable empirical claim, or something that seems true because of a lax definition of terms? Perhaps the latter. The mischievous piece of the formulation is the phrase "description of the individual bee." What is that? Does "the bee's" description not include its rules for interacting with other bees? Certainly, it makes little sense to speak of a Joshua Epstein devoid of all relationships with family, friends, colleagues, and so forth. "Man is a social animal," quote Aristotle. My "rules of social interaction" are, in part, what make me me. And, likewise, the bee's interaction rules are what make it a bee – and not a lump. When [...] you get these rules right – when you get "the individual bee" right – you get the hive, too. [...] Thus, contrary to the opening emergentism claim, it is precisely the adequate description of "the individual bee" that explains the hive (Epstein, 2006, p. 36-37).

Embora Epstein esteja argumentando contra uma visão bem específica de antirreducionismo, a do *Emergentismo clássico*, a sua defesa da suficiência da descrição do agente individual para explicar o comportamento do sistema vai de encontro também à posição de Lawson. O ponto central de divergência entre essas duas visões seria a caracterização do agente, no tocante ao que seria intrínseco e o que seria extrínseco a ele. Ou seja, até que ponto seria possível internalizar na caracterização dos agentes propriedades defensáveis como referentes à estrutura social e, portanto,

até que ponto a descrição desses agentes seria suficiente para explicar o comportamento do sistema social?

Como o objetivo dos ABMs é capturar os aspectos essenciais, dos agentes, que possam explicar determinados fatos estilizados, é indiferente para o modelo se as regras de decisões e as redes de conexões dos agentes são determinadas de forma exógena ao agente e possuem uma dinâmica própria – como defende Lawson. Isso porque a caracterização dos agentes é um *input* do modelo, e é fixa, sendo derivada de outros estudos e não determinada pelo modelo. As decisões dos agentes podem mudar dentro do modelo, mas sempre circunscritas ao conjunto de ações pré-determinado na sua construção. Não seria nem possível explicar a totalidade da dinâmica de determinação das características dos agentes, pois isso demandaria uma descrição exata da realidade, com sua infinidade de detalhamento. Portanto, o que os ABMs procuram fazer é partir de uma dada especificação dos agentes e analisar o resultado das suas interações, que são determinadas por essa especificação, e não analisar como essa evoluiu e se formou. Ou seja, é uma questão de escopo.

De toda forma, classificada ou não como reducionista, a modelagem baseada em agentes se fundamenta nas interações, o que a difere radicalmente da abordagem mainstream. Muito embora vem crescendo o número de autores que procuram incorporar análises de redes ao arcabouço teórico mainstream (e.g., Jackson, Rogers e Zenou (2017) e Jackson (2014)), o uso do pressuposto do agente representativo ainda é ubíquo nesse meio (Jackson; Yariv, 2020, p. 8). E como foi visto, esse pressuposto é o principal foco de críticas a essa estratégia de microfundamentação.

Conclusão

A interação entre os diversos agentes que compõem o sistema econômico é um elemento central da dinâmica macroeconômica, sem o qual não é possível conectar de forma adequada o comportamento individual ao coletivo, uma vez que cada agente reage a ações de outros agentes e ao resultado agregado que daí emerge.

O pressuposto do agente representativo, adotado nos modelos da NSN, é incapaz de fornecer essa passagem satisfatória do comportamento individual para o do sistema, por apresentar diversos problemas de agregação. Problemas esses que além de não serem resolvidos, por seus proponentes, são também ignorados, não sendo oferecida uma justificativa estruturada ou uma defesa coerente para o uso do agente representativo.

O pressuposto das expectativas racionais é outro aspecto crucial da inadequação da estratégia mainstream de microfundamentação, uma vez que desconsidera a existência de incerteza fundamental, que gera um ambiente no qual os agentes se deparam com problemas de decisão mal especificados e, assim, impossíveis de serem solucionados a partir de deduções lógicas. Tal circunstância exige dos agentes a formulação de regras de comportamento que vão sendo testadas e substituídas quando necessário. Com isso, o comportamento do sistema depende não só da consideração de diversos agentes, como também do fato de que esses possuem informações imperfeitas.

A economia da complexidade, e mais especificamente a modelagem baseada em agentes, contorna parte desses problemas ao considerar as interações entre os agentes o fator determinante dos resultados agregados. Ou seja, ela abandona certos pressupostos problemáticos utilizados pelo

mainstream, como o do agente representativo e o das expectativas racionais, e se baseia na descrição das interações entre os agentes para chegar no resultado agregado. Descrição essa que envolve tanto as regras de comportamento desses agentes (que podem variar de um agente para outro e a cada período) como a rede de conexões entre eles, ou seja, a forma como está estruturada as relações entre esses agentes.

Nesses modelos, tal descrição dos agentes não apenas é necessária como também suficiente, ou seja, ela contém toda a informação utilizada para explicar o comportamento do sistema, o que pode ser entendido por alguns autores como um tipo de reducionismo. Entretanto, essa é uma questão de escopo, uma vez que esses modelos não possuem como objetivo simular toda a realidade social, mas sim certos recortes dessa realidade, sendo assim possível considerar como parte da descrição dos agentes, características ou propriedades defensáveis como referentes à estrutura social.

Dessa forma, os modelos baseados em agentes permitem uma microfundamentação da macroeconomia – uma descrição dos elementos micro que influenciam o comportamento macro – mais realista, ou seja, mais empiricamente embasada do que os modelos da NSN.

Referências bibliográficas

ANDERSON, P. Perspective: Complexity theory and organization science. *Organization science, Informs*, v. 10, n. 3, p. 216-232, 1999.

ARTHUR, W. *Complexity and the economy*. [S.l.]: Oxford University Press, 2015. ISBN 9780199334292.

ARTHUR, W. B. Inductive reasoning and bounded rationality. *The American Economic Review, JSTOR*, v. 84, n. 2, p. 406-411, 1994.

ARTHUR, W. B. Complexity and the economy. *Science*. American Association for the Advancement of Science, v. 284, n. 5411, p. 107-109, 1999.

BARABÁSI, A.-L. et al. *Network science*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2016.

CHEN, S.-H.; VENKATACHALAM, R. Agent-based models and their development through the lens of networks. In: *Economic Foundations for Social Complexity Science*. [S.l.]: Springer, 2017. p. 89-106.

DAWID, H.; GATTI, D. D. Agent-based macroeconomics. In: *HANDBOOK of computational economics*. [S.l.]: Elsevier, 2018. v. 4, p. 63-156.

DENIS, A. Microfoundations. *Review of Political Economy*, Taylor & Francis, v. 28, n. 1, p. 134-152, 2016.

DEQUECH, D. Uncertainty: a typology and refinements of existing concepts. *Journal of Economic Issues*, Taylor & Francis, v. 45, n. 3, p. 621-640, 2011.

EPSTEIN, J. M. Agent-based computational models and generative social science. *Complexity*, Wiley Online Library, v. 4, n. 5, p. 41-60, 1999.

EPSTEIN, J. M. *Generative social science: Studies in agent-based computational modeling*. [S.l.]: Princeton University Press, 2006.

- FAGIOLO, G. et al. Validation of agent-based models in economics and finance. In: *COMPUTER Simulation Validation*. [S.l.]: Springer, 2019. p. 763-787.
- FAGIOLO, G.; ROVENTINI, A. Macroeconomic policy in dsge and agent-based models. *Revue de l'OFCE*, OFCE, n. 5, p. 67-116, 2012.
- FAGIOLO, G.; ROVENTINI, A. *Macroeconomic policy in dsge and agent-based models redux: new developments and challenges ahead*. 2016. Available at: SSRN 2763735.
- GAFFEO, E. et al. Adaptive microfoundations for emergent macroeconomics. *Eastern Economic Journal*, Springer, v. 34, n. 4, p. 441-463, 2008.
- GATTI, D. D. et al. *Macroeconomics from the Bottom-up*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2011. v. 1.
- GATTI, D. D.; GAFFEO, E.; GALLEGATI, M. Complex agent-based macroeconomics: a manifesto for a new paradigm. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, Springer, v. 5, n. 2, p. 111-135, 2010.
- HARTLEY, J. E. *The representative agent in macroeconomics*. [S.l.]: Routledge, 2002.
- HODGSON, G. M. Meanings of methodological individualism. *Journal of Economic Methodology*, Taylor & Francis, v. 14, n. 2, p. 211-226, 2007.
- HOOVER, K. D. Microfoundations and the ontology of macroeconomics. 2006. Available at: SSRN 932945.
- HOOVER, K. D. *Microfoundational programs*. Microfoundations reconsidered: The relationship of micro and macroeconomics in historical perspective. Edward Elgar Publishing Limited: Northampton, MA, USA, p. 19-61, 2012.
- HOOVER, K. D. Reductionism in economics: Intentionality and eschatological justification in the microfoundations of macroeconomics. *Philosophy of Science*, University of Chicago Press, Chicago, IL, v. 82, n. 4, p. 689-711, 2015.
- JACKSON, Matthew O. Networks in the understanding of economic behaviors. *Journal of Economic Perspectives*, American Economic Association [S.L.], v. 28, n. 4, p. 3-22, 1 nov. 2014. <http://dx.doi.org/10.1257/jep.28.4.3>.
- JACKSON, Matthew O.; ROGERS, Brian W.; ZENOU, Yves. The economic consequences of social-network structure. *Journal of Economic Literature*, American Economic Association [S.L.], v. 55, n. 1, p. 49-95, 1 mar. 2017. <http://dx.doi.org/10.1257/jel.20150694>.
- JACKSON, Matthew O.; YARIV, Leat. The non-existence of representative agents. *Ssrn Electronic Journal*, Elsevier BV [S.L.], p. 1-26, 2020. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2684776>.
- KING, J. E. *The microfoundations delusion: metaphor and dogma in the history of macroeconomics*. [S.l.]: Edward Elgar Publishing, 2012.
- KIRMAN, A. *Complex economics: individual and collective rationality*. [S.l.]: Routledge, 2010.
- KIRMAN, A. P. Whom or what does the representative individual represent? *Journal of Economic Perspectives*, v. 6, n. 2, p. 117-136, 1992.

- KNIGHT, F. H. *Risk, uncertainty and profit*. [S.l.]: Courier Corporation, 2012.
- LAWSON, T. Ontology and the study of social reality: emergence, organisation, community, power, social relations, corporations, artefacts and money. *Cambridge journal of economics*, Oxford University Press, v. 36, n. 2, p. 345-385, 2012.
- LAWSON, T. Emergence and morphogenesis: causal reduction and downward causation? In: *Social morphogenesis*. [S.l.]: Springer, 2013. p. 61-84.
- LEONTIEF, W. W. The fundamental assumption of mr. keynes' monetary theory of unemployment. *The quarterly journal of economics*, JSTOR, v. 51, n. 1, p. 192-197, 1936.
- LUCAS, R. J. Econometric policy evaluation: a critique. In: *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, [S.l.: s.n.], v. 1, n. 1, p. 19-46, 1976.
- MACAL, C. M. Everything you need to know about agent-based modelling and simulation. *Journal of Simulation*, Taylor & Francis, v. 10, n. 2, p. 144-156, 2016.
- SKOURAS, T.; KITROMILIDES, Y. The irresistible charm of the micro-foundations dogma or the overwhelming force of the discipline's hard core? *European Journal of Economics and Economic Policies: Intervention*, Edward Elgar Publishing Ltd, v. 11, n. 1, p. 67-79, 2014.
- STIGLITZ, J. E.; GALLEGATI, M. Heterogeneous interacting agent models for understanding monetary economies. *Eastern Economic Journal*, Springer, v. 37, n. 1, p. 6-12, 2011.
- TESFATSION, L. Agent-based computational economics: a constructive approach to economic theory. *Handbook of Computational Economics*, Elsevier, v. 2, p. 831-880, 2006.
- VERCELLI, A. Microfoundations, methodological individualism and alternative economic visions. *Review of Political Economy*, Taylor & Francis, v. 28, n. 1, p. 153-167, 2016.