

Complexidade Econômica e Modelagem Baseada em Agentes para análise micro-macroeconômica

IEE 834 - Tópicos Especiais em Teoria Dinâmica Econômica

1 Professores

Esther Dweck

Ítalo Pedrosa

Professores convidados: Mario Possas, Matheus Trotta Vianna, Ana Cristina Reif, Maria Isabel Busato, Andrea Roventini, Francesco Lampertti, Marco Valente, Alessio Moneta e Marcelo Pereira

2 Objetivo e Escopo

O curso fornece uma visão geral da macroeconomia baseada em agentes, tanto teórica quanto perspectivas aplicadas. A abordagem econômica computacional baseada em agentes é apresentada em alternativa à modelagem padrão de Equilíbrio Geral Dinâmico e Estocástico (DSGE), uma vez discutidas suas limitações. São apresentados fundamentos teóricos que baseiam essa abordagem alternativa, suas características gerais e elementos comuns para então ser feito um panorama geral da literatura, onde duas famílias de modelos ganham uma análise mais profunda: a família de modelos Keynes+Schumpeter (K+S) e a família de modelos Micro-Macro Multisetorial (MMM). Essas duas famílias ganham destaque por se basearem em fundamentos teóricos keynesianos, kaleckianos e neo-schumpeterianos/evolucionários, sendo fortes alternativas aos modelos DSGE não só no aspecto metodológico como no campo teórico. O curso também propicia um treinamento prático na sua segunda parte, onde os alunos aprendem e operam os dois principais modelos das duas famílias destacadas na prática, no software de simulação utilizado por ambos, o Laboratory for Simulation Development (LSD). Assim, o aluno também ganha conhecimento prático, ainda que em nível introdutório, do software e dos modelos. Tópicos específicos são abordados em exercícios práticos.

3 Programa

3.1 Parte 1: A Abordagem Agent-Based Macroeconômica

3.1.1 Economia como um sistema complexo evolucionário

Nessa parte, são introduzidos conceitos essenciais da economia da complexidade, como uma alternativa à crítica do agente representativo. Mostra-se como heterogeneidade, interações e não-linearidades geram implicações dinâmicas relevantes que não podem ser ignoradas ou simplificadas.

Referências: Allen (1998), Arthur (1999), Arthur (2006), Simon (1996) (capítulos 7 e 8), Arthur (2015) (capítulos 1, 11 e 12), Farmer e Foley (2009), Gatti, Gaffeo e Gallegati (2010), Dosi e Roventini (2019) Dweck (2006) (capítulo 1), Kirman (1989), Holland e Nussenzweig (2003)

3.1.2 Modelos DSGE: uma visão crítica

Logo na parte introdutória, o aluno é apresentado aos modelos DSGE por uma visão crítica, não só teórica mas também metodológica, Em particular, se questiona a hipótese do agente representativo e se discutem as implicações que ela gera.

Referências: Fagiolo e Roventini (2016), Christiano, Eichenbaum e Trabandt (2018), Haldane e Turrell (2018), Stiglitz (2018), Colander et al. (2009), Fair (2012)

3.1.3 Características da Abordagem Agent-Based

Nessa parte, será discutida a importância de modelos micro-macro e serão introduzidas noções gerais da abordagem agent-based, suas características principais e uma definição geral de um modelo AB.

Referências: Pyka e Fagiolo (2007), Tesfatsion (2006)

3.1.4 Panorama Geral da Literatura

Nessa parte, é feita uma revisão ampla da literatura AB, sem aprofundamentos maiores em nenhum modelo. Mostra-se como a literatura é ampla e abrange os mais diversos temas dentro das mais diversas visões teóricas.

Referências: Haldane e Turrell (2019) Turrell (2016), Dawid e Gatti (2018)

3.1.5 Família de Modelos: Keynes meets Schumpeter

Nessa etapa, será aprofundada a família de modelos K+S, onde são apresentados seus fundamentos teóricos, sua estrutura básica e seus principais resultados.

Referências: Dosi, Fagiolo e Roventini (2010), Dosi et al. (2013), Dosi et al. (2015), Dosi et al. (2017).

3.1.6 Família de Modelos: Micro-Macro Multisectorial

Nessa etapa, será aprofundada a família de modelos MMM, onde são apresentados seus fundamentos teóricos, sua estrutura básica e seus principais resultados.

Referências: Possas et al. (2001), Possas e Dweck (2004), Possas, Dweck e Visconti (2004), Dweck (2006), Dweck, Vianna e Barbosa (2019).

3.1.7 Aspectos Monetários e Financeiros na Abordagem AB

Nessa parte, são discutidos aspectos monetários e financeiros dentro da abordagem AB, com destaque para as duas famílias apresentadas anteriormente, mas não exclusivamente. Outros modelos podem ser discutidos. Aqui é dada ênfase no setor bancário, estrutura de dívidas, racionamento de crédito, taxas de juros e instabilidade financeira, com destaque para seus impactos na dinâmica econômica.

Referências: Gatti et al. (2010), Caiani et al. (2016), Riccetti, Russo e Gallegati (2016)

3.1.8 Economia Aberta na Abordagem AB

Nessa parte, são discutidos aspectos de economia aberta dentro da abordagem AB, enfatizando os modelos destacados mas sem se ater exclusivamente a esses. Tópicos como restrição de balanço de pagamentos, taxa de câmbio, comércio internacional e fluxos de capitais são discutidos, com ênfase nos impactos sobre a dinâmica econômica.

Referências: Dosi, Roventini e Russo (2019)

3.1.9 Mudanças Climáticas na Abordagem AB

Na última parte do módulo teórico, são discutidos temas relacionados a mudanças climáticas e crescimento sustentável dentro da abordagem AB, enfatizando a relação entre as condições ambientais e a dinâmica econômica.

Referências: Lamperti et al. (2018a), Lamperti et al. (2018b)

3.2 Parte 2: Laboratório de Implementação de Modelos

3.2.1 Introdução ao Laboratory for Simulation Developemnt

Nessa etapa o aluno é apresentado ao software LSD, um dos possíveis softwares para simulação computacional. Para se justificar a escolha do software, são apresentadas algumas vantagens o sistema. Em seguida, o aluno aprende a baixar, instalar, configurar e abrir o software e suas demais janelas. Nessa etapa é possível que os alunos realizem parte em casa e retornem para a aula seguinte com o software devidamente instalado. A aula seguinte, se debruça sobre os principais elementos do LSD, como suas janelas, e estruturas de dados, objetos, variáveis e parâmetros.

3.2.2 Escrevendo Modelos no LSD

Nessa etapa o aluno aprende a ler e utilizar as principais macros do software, empregadas na escrita do código de um modelo ou em uma equação. Serão utilizados exemplos do modelo K+S e do modelo MMM, de forma a já familiarizar o aluno aos modelos, mas o enfoque será na linguagem. Destacam-se as principais macros, como CYCLE, SEARCH, WRITE, SUM, AVE, etc. Também são ensinadas macros básicas como EQUATION, $v[]$, $V[]$, lagged values e o sistema de ponteiros. Por fim, deve ser brevemente comentado como utilizar o Help do software para aprender e compreender outras macros.

3.2.3 Rodando Modelos no LSD

Nessa etapa o aluno aprende a utilizar a janela do LSD propriamente dita, criar ou carregar uma configuração inicial e configurar uma simulação e rodar simulações. O aluno precisa montar ou entender a estrutura do modelo, criar ou identificar variáveis e parâmetros, além de aloca-los nos respectivos objetos, e definir ou carregar valores defasados e iniciais.

3.2.4 Analisando Resultados no LSD

Nessa parte o aluno aprende a analisar os resultados gerados pelo LSD utilizando a própria janela do software para plotar gráficos, gerar estatísticas, salvar séries, etc. Também será apresentada brevemente uma interface de conexão do LSD com o R, que permite analisar os resultados gerados pelo LSD no software estatístico.

3.2.5 O Modelo K+S no LSD

Uma vez que o aluno já se familiarizou com o software, já sabe ler e escrever código, carregar e rodar configurações e analisar resultados, ele é apresentado ao modelo K+S na prática, disponível como modelo de exemplo no LSD. Aqui o aluno visualiza na prática os elementos do modelo discutidos na parte teórica.

3.2.6 O Modelo MMM no LSD

Semelhante à parte anterior, o aluno se debruça sobre o modelo MMM na prática nessa etapa, já disponível como modelo de exemplo no LSD. Aqui ele pode visualizar os elementos teóricos já apresentados dessa família de modelos, rodar e analisar resultados do modelo por conta própria.

3.2.7 Tópico Especial: Calibração

Nessa parte, é discutido um tópico especial pertinente à vários modelos AB, incluindo os modelos K+S e MMM: a calibração e inicialização.

3.2.8 Tópico Especial: Análise de Sensibilidade

Nessa parte, é discutido um tópico especial pertinente à vários modelos AB, incluindo os modelos K+S e MMM: análise de sensibilidade. Aqui o aluno aprende a realizar um experimento de análise de sensibilidade sobre o espaço paramétrico de um modelo utilizando a interface do R.

3.2.9 Tópico Especial: Validação dos Modelos ABM (a confirmar)

Nessa parte, é discutido um tópico especial pertinente à vários modelos AB mais aplicados: validação empírica dos modelos. Aqui o aluno aprende a realizar um experimento de análise de validação comparando o modelo simulado com dados da

4 Avaliação

Ao longo curso, haverá exercícios que farão parte da nota final e, ao final do curso, espera-se que o aluno elabore um trabalho em formato de mini artigo. Esse mini artigo deve envolver um exercício prático, utilizando um dos modelos apresentados ou ideias originais. O exercício pode ser um experimento de política, uma alteração em alguma forma funcional e comparação com a versão anterior, uma análise de sensibilidade sobre parâmetros ou um novo modelo simples. Todo o material prático, incluindo o código, arquivos de resultado, etc, devem ser disponibilizados juntos com o trabalho final.

Bibliografia Indicativa

- Allen, Peter M (1998). “Modelling complex economic evolution”. Em: *Selbstorganisation, Berlin: Dunker and Humbolt*.
- Arthur, W Brian (1999). “Complexity and the economy”. Em: *science* 284.5411, pp. 107–109.
- (2006). “Out-of-equilibrium economics and agent-based modeling”. Em: *Handbook of computational economics* 2, pp. 1551–1564.
- (2015). *Complexity and the economy*. Oxford University Press.
- Caiani, Alessandro et al. (2016). “Agent based-stock flow consistent macroeconomics: Towards a benchmark model”. Em: *Journal of Economic Dynamics and Control* 69, pp. 375–408.
- Christiano, Lawrence J, Martin S Eichenbaum e Mathias Trabandt (2018). “On DSGE models”. Em: *Journal of Economic Perspectives* 32.3, pp. 113–40.
- Colander, David et al. (2009). “The financial crisis and the systemic failure of the economics profession”. Em: *Critical Review* 21.2-3, pp. 249–267.
- Dawid, Herbert e Domenico Delli Gatti (2018). “Agent-based macroeconomics”. Em: *Handbook of computational economics*. Vol. 4. Elsevier, pp. 63–156.
- Dosi, Giovanni, Giorgio Fagiolo e Andrea Roventini (2010). “Schumpeter meeting Keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles”. Em: *Journal of Economic Dynamics and Control* 34.9, pp. 1748–1767.
- Dosi, Giovanni e Andrea Roventini (2019). “More is different... and complex! the case for agent-based macroeconomics”. Em: *Journal of Evolutionary Economics* 29.1, pp. 1–37.
- Dosi, Giovanni, Andrea Roventini e Emanuele Russo (2019). “Endogenous growth and global divergence in a multi-country agent-based model”. Em: *Journal of Economic Dynamics and Control* 101, pp. 101–129.
- Dosi, Giovanni et al. (2013). “Income distribution, credit and fiscal policies in an agent-based Keynesian model”. Em: *Journal of Economic Dynamics and Control* 37.8, pp. 1598–1625.
- Dosi, Giovanni et al. (2015). “Fiscal and monetary policies in complex evolving economies”. Em: *Journal of Economic Dynamics and Control* 52, pp. 166–189.

- Dosi, Giovanni et al. (2017). “The effects of labour market reforms upon unemployment and income inequalities: an agent-based model”. Em: *Socio-Economic Review* 16.4, pp. 687–720.
- Dweck, Esther (2006). “Uma análise da interação micro-macro com base em um modelo dinâmico multissetorial de simulação”. Tese de doutoramento. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Dweck, Esther, Matheus Trotta Vianna e Arthur Barbosa (2019). “Discussing the role of fiscal policy in a demand-led agent-based growth model”. Em: *EconomiA*.
- Fagiolo, Giorgio e Andrea Roventini (2016). “Macroeconomic policy in dsge and agent-based models redux: New developments and challenges ahead”. Em:
- Fair, Ray C (2012). “Has macro progressed?” Em: *Journal of Macroeconomics* 34.1, pp. 2–10.
- Farmer, J Doyne e Duncan Foley (2009). “The economy needs agent-based modeling”. Em: *Nature* 460.7256, pp. 685–686.
- Gatti, Domenico Delli, Edoardo Gaffeo e Mauro Gallegati (2010). “Complex agent-based macroeconomics: a manifesto for a new paradigm”. Em: *Journal of Economic Interaction and Coordination* 5.2, pp. 111–135.
- Gatti, Domenico Delli et al. (2010). “The financial accelerator in an evolving credit network”. Em: *Journal of Economic Dynamics and Control* 34.9, pp. 1627–1650.
- Haldane, Andrew G e Arthur E Turrell (2018). “An interdisciplinary model for macroeconomics”. Em: *Oxford Review of Economic Policy* 34.1-2, pp. 219–251.
- (2019). “Drawing on different disciplines: macroeconomic agent-based models”. Em: *Journal of Evolutionary Economics* 29.1, pp. 39–66.
- Holland, J e M Nussenzveig (2003). “Sistemas complexos adaptativos e algoritmos genéticos”. Em: *Complexidade e caos* 2, pp. 213–230.
- Kirman, Alan (1989). “The intrinsic limits of modern economic theory: the emperor has no clothes”. Em: *The Economic Journal* 99.395, pp. 126–139.
- Lamperti, Francesco et al. (2018a). “And then he wasn’t a she: climate change and green transitions in an agent-based integrated assessment model”. Em: *Scuola Superiore Sant’Anna, LEM Working Papers* 14.
- (2018b). “Faraway, so close: coupled climate and economic dynamics in an agent-based integrated assessment model”. Em: *Ecological Economics* 150, pp. 315–339.
- Possas, Mario e Esther Dweck (2004). “A multisectoral micro-macrodynamic model”. Em: *Revista EconomiA*.
- Possas, Mario L et al. (2001). “Um modelo evolucionário setorial”. Em: *Revista Brasileira de Economia* 55.3, pp. 333–377.
- Possas, Mario Luiz, Esther Dweck e AC Visconti (2004). “Um modelo macrodinâmico multissetorial”. Em: *Texto para discussao* 3, p. 2004.
- Pyka, Andreas e Giorgio Fagiolo (2007). “Agent-based modelling: a methodology for neo-Schumpeterian economics”. Em: *Elgar companion to neo-schumpeterian economics* 467.
- Riccetti, Luca, Alberto Russo e Mauro Gallegati (2016). “Financialisation and crisis in an agent based macroeconomic model”. Em: *Economic Modelling* 52, pp. 162–172.
- Simon, Herbert A (1996). *The sciences of the artificial*. MIT press.
- Stiglitz, Joseph E (2018). “Where modern macroeconomics went wrong”. Em: *Oxford Review of Economic Policy* 34.1-2, pp. 70–106.

- Tesfatsion, L (2006). “Ace. A constructive approach to economic theory”. Em: *Handbook of Computational Economics II: Agent-Based Computational Economics*. North Holland.
- Turrell, Arthur (2016). “Agent-based models: understanding the economy from the bottom up”. Em: *Bank of England Quarterly Bulletin*, Q4.