

# **Analysis of the Monetary Policy Impact on Regional Gross Domestic Product: A Regional DSGE Model**

---

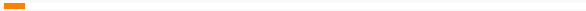
André Luiz Brito

from March 1st to Aug 31, 2023

PPGDE-UFPR

1. Introduction
2. Literature Review
3. Model
4. Regional Model
5. Expected Results
6. Project Timeline

# Introduction



- A modelagem macroeconômica é uma importante ferramenta para estudar as ligações entre a economia monetária e os resultados dos agregados de um país, Galí (2015).
- As regiões brasileiras possuem matrizes e setores econômicos heterogêneos que respondem de diferentes formas às decisões da autoridade monetária, Bertanha e Haddad (2008).

- *Na realidade, a maior parte das tolices já escritas e que se continuam a escrever sobre economia poderia ter sido poupada se todo economista fosse obrigado a expor suas ideias construindo um modelo matemático — Simonsen (1979, p.68).*

- Proposta: desenvolver um modelo estrutural com desdobramentos regionais, utilizando a metodologia DSGE (*Dynamic and Stochastic General Equilibrium*).
- Objetivo: verificar se existe correlação entre a taxa de juros nominal da economia (uma variável macroeconômica) e o nível de produção de uma região brasileira (uma variável regional). Existindo esta correlação, pretendemos quantificá-la.

# O que é um modelo DSGE?

- Os modelos DSGE são ferramentas utilizadas em macroeconomia para avaliar a relação existente entre as variáveis selecionadas pelo pesquisador.
- Tem como principais características um horizonte de tempo infinito e choques aleatórios sobre algumas variáveis de interesse.

- Os modelos DSGE começaram a ser usados para estruturar a Teoria dos Ciclos Reais de Negócios (*Real Business Cycle Theory, RBC*), com os trabalhos seminais de Kydland e Prescott (1982) e Prescott (1986), Galí (2015).
- As principais características dos modelos RBC são: eficiência dos ciclos de negócios; importância dos choques de tecnologia como fontes de flutuações; papel limitado dos fatores monetários.



- Em paralelo aos modelos RBC, surgiram os modelos Novos Keynesianos (*New Keynesian Theory, NK*), que procuram dar microfundamentos aos conceitos Keynesianos, Galí e Gertler (2007, p.26).
- As características de destaque dos modelos NK são: competição monopolística; rigidez nominal de preços; não-neutralidade da moeda no curto prazo.

# Literature Review

---

- *se você possui uma ideia econômica coesa, você pode colocar em termos de um modelo DSGE — Solis-Garcia (2022)*

Exemplos de temas:

- Pereira e Góes (2013): desmatamento.
- Albuquerque (2018): mercado imobiliário;
- Ribeiro (2023): mercado de trabalho;

- Costa Junior (2016): inicia com RBC e depois adiciona os elementos de NK;
- Galí (2015), idem;
- Bergholt (2012), modelo NK e a programação no Dynare;
- Smets e Wouters (2003): modelo para avaliar choques na zona do Euro.
- Smets e Wouters (2007): modelo para avaliar choques nos EUA.

- Rickman (2010): ligação entre a modelagem macroeconômica e a modelagem regional (modelo insumo-produto de Leontief, o modelo Walrasiano de equilíbrio geral aplicado e o sistema de equações macroeconômicas).
- Mora e Costa Junior (2019): efeitos do investimento estrangeiro direto (IED), levando em consideração onde ele é aplicado: modelo estrutural com duas regiões: Bogotá e o resto da Colômbia.
- Costa Junior et al. (2022): efeitos da política fiscal, considerando os entes federativos: modelo para o Estados de Goiás e o resto do país.

- Osterno (2022): regionalização do SAMBA: SAMBA+REG (*Stochastic Analytical Model with Bayesian Approach* do Banco Central do Brasil).

# Model

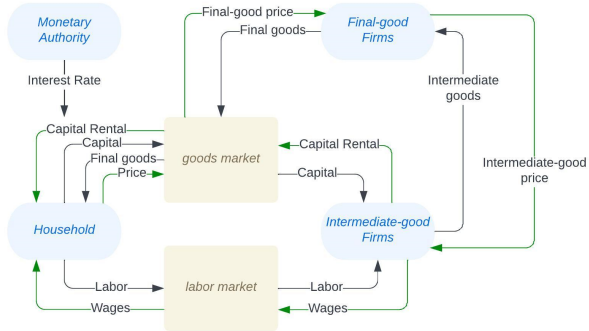
---



The model has four agents:

- the representative household maximizes utility;
- firms producing intermediate goods minimize costs and maximize profit flow;
- firms producing final goods maximize profit.
- the monetary authority determines the interest rate, aiming to control inflation and pursuing economic growth.

# Model Structure



**Figure 1: Model Diagram**

# Household Maximization Problem

$$\max_{C_t, L_t, K_{t+1}} : U(C_t, L_t) = \mathbb{E}_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left( \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \phi \frac{L_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right) \quad (1)$$

$$\text{s. t. : } P_t(C_t + I_t) = W_t L_t + R_t K_t + \Pi_t \quad (2)$$

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t \quad (3)$$

$$C_t, L_t, K_{t+1} \geq 0 ; K_0 \text{ given.}$$

# Final-goods Firm Maximization Problem

$$\max_{Y_{jt}} : \quad \Pi_t = P_t Y_t - \int_0^1 P_{jt} Y_{jt} dj \quad (4)$$

$$\text{s. t. :} \quad Y_t = \left( \int_0^1 Y_{jt}^{\frac{\psi-1}{\psi}} dj \right)^{\frac{\psi}{\psi-1}} \quad (5)$$

Cost Minimization Problem:

$$\min_{K_{jt}, L_{jt}} : R_t K_{jt} + W_t L_{jt} \quad (6)$$

$$\text{s. t. : } Y_{jt} = Z_{At} K_{jt}^{\alpha} L_{jt}^{1-\alpha} \quad (7)$$

Price Stickiness and Profit Flow, Calvo's Rule (CALVO, 1983):

$$\mathbb{P}(P_t = P_{t-1}) = \theta \quad (8)$$

$$\max_{P_{jt}} : \quad \mathbb{E}_t \sum_{s=0}^{\infty} \left\{ \frac{\theta^s [P_{jt} Y_{j,t+s} - TC_{j,t+s}]}{\prod_{k=0}^{s-1} (1 + R_{t+k})} \right\} \quad (9)$$

$$\text{s. t. :} \quad Y_{jt} = Y_t \left( \frac{P_t}{P_{jt}} \right)^{\psi} \quad (10)$$

Taylor's Rule (TAYLOR, 1993)

$$\frac{R_t}{R} = \left( \frac{R_{t-1}}{R} \right)^{\gamma_R} \left[ \left( \frac{\pi_t}{\pi} \right)^{\gamma_\pi} \left( \frac{Y_t}{Y} \right)^{\gamma_Y} \right]^{1-\gamma_R} Z_{Mt} \quad (11)$$

Productivity Shock:

$$\ln Z_{At} = (1 - \rho_A) \ln Z_A + \rho_A \ln Z_{A,t-1} + \varepsilon_{At} \quad (12)$$

Monetary Policy Shock:

$$\ln Z_{Mt} = (1 - \rho_M) \ln Z_M + \rho_M \ln Z_{M,t-1} + \varepsilon_{Mt} \quad (13)$$



Square system of 16 variables and 16 equations:

- from the household problem:  $C_t, L_t, K_{t+1}$ ;
- from the final-good firm problem:  $Y_{jt}, P_t$ ;
- from the intermediate-good firm problems:  $K_{jt}, L_{jt}, P_t^*$ ;
- from the market clearing condition:  $Y_t, I_t$ ;
- prices:  $W_t, R_t, \Lambda_t, \pi_t$ ;
- shocks:  $Z_{At}, Z_{Mt}$ .

Equations:

1. Labor Supply:

$$\frac{\phi L_t^\varphi}{C_t^{-\sigma}} = \frac{W_t}{P_t} \quad (14)$$

2. Household Euler Equation:

$$\left( \frac{\mathbb{E}_t C_{t+1}}{C_t} \right)^\sigma = \beta \left[ (1 - \delta) + \mathbb{E}_t \left( \frac{R_{t+1}}{P_{t+1}} \right) \right] \quad (15)$$

3. Budget Constraint:

$$P_t(C_t + I_t) = W_t L_t + R_t K_t + \Pi_t \quad (16)$$

### 4. Law of Motion for Capital:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t \quad (17)$$

### 5. Bundle Technology:

$$Y_t = \left( \int_0^1 Y_{jt}^{\frac{\psi-1}{\psi}} dj \right)^{\frac{\psi}{\psi-1}} \quad (18)$$

### 6. General Price Level:

$$P_t = \left[ \theta P_{t-1}^{1-\psi} + (1 - \theta) P_t^{*1-\psi} \right]^{\frac{1}{1-\psi}} \quad (19)$$

7. Capital Demand:

$$K_{jt} = \alpha Y_{jt} \frac{\Lambda_t}{R_t} \quad (20)$$

8. Labor Demand:

$$L_{jt} = (1 - \alpha) Y_{jt} \frac{\Lambda_t}{W_t} \quad (21)$$

9. Marginal Cost:

$$\Lambda_t = \frac{1}{Z_{At}} \left( \frac{R_t}{\alpha} \right)^\alpha \left( \frac{W_t}{1 - \alpha} \right)^{1 - \alpha} \quad (22)$$

## 10. Production Function:

$$Y_{jt} = Z_{At} K_{jt}^{\alpha} L_{jt}^{1-\alpha} \quad (23)$$

## 11. Optimal Price:

$$P_t^* = \frac{\psi}{\psi - 1} \cdot \frac{\mathbb{E}_t \sum_{s=0}^{\infty} \left\{ \theta^s Y_{j,t+s} \Lambda_{t+s} / \prod_{k=0}^{s-1} (1 + R_{t+k}) \right\}}{\mathbb{E}_t \sum_{s=0}^{\infty} \left\{ \theta^s Y_{j,t+s} / \prod_{k=0}^{s-1} (1 + R_{t+k}) \right\}} \quad (24)$$

## 12. Market Clearing Condition:

$$Y_t = C_t + I_t \quad (25)$$

### 13. Monetary Policy:

$$\frac{R_t}{R} = \left( \frac{R_{t-1}}{R} \right)^{\gamma_R} \left[ \left( \frac{\pi_t}{\pi} \right)^{\gamma_\pi} \left( \frac{Y_t}{Y} \right)^{\gamma_Y} \right]^{1-\gamma_R} Z_{Mt} \quad (26)$$

### 14. Gross Inflation Rate:

$$\pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad (27)$$

### 15. Productivity Shock:

$$\ln Z_{At} = (1 - \rho_A) \ln Z_A + \rho_A \ln Z_{A,t-1} + \varepsilon_{At} \quad (28)$$

### 16. Monetary Shock:

$$\ln Z_{Mt} = (1 - \rho_M) \ln Z_M + \rho_M \ln Z_{M,t-1} + \varepsilon_{Mt} \quad (29)$$

Steady State



Steady state solution (COSTA JUNIOR, 2016, p.41):

$$\mathbb{E}_t X_{t+1} = X_t = X_{t-1} = X_{ss} \quad (30)$$

# Log-linearization

Uhlig's rules for log-linearization (UHLIG, 1999).

Square system of 12 variables and 12 equations:

Variables:

$$\left( \tilde{\pi} \quad \hat{P} \quad \tilde{\lambda} \quad \hat{C} \quad \hat{L} \quad \hat{R} \quad \hat{K} \quad \hat{I} \quad \hat{W} \quad \hat{Z}_A \quad \hat{Y} \quad \hat{Z}_M \right) \quad (31)$$

Equations:

1. Gross Inflation Rate:

$$\tilde{\pi}_t = \hat{P}_t - \hat{P}_{t-1} \quad (32)$$

2. New Keynesian Phillips Curve:

$$\tilde{\pi}_t = \varrho \mathbb{E}_t \tilde{\pi}_{t+1} + \frac{(1-\theta)(1-\theta\varrho)}{\theta} \hat{\lambda}_t \quad (33)$$

3. Labor Supply:

$$\varphi \hat{L}_t + \sigma \hat{C}_t = \hat{W}_t + \hat{P}_t \quad (34)$$

### 4. Household Euler Equation:

$$\mathbb{E}_t \hat{C}_{t+1} - \hat{C}_t = \frac{\beta R}{\sigma P} \mathbb{E}_t (\hat{R}_{t+1} - \hat{P}_{t+1}) \quad (35)$$

### 5. Law of Motion for Capital:

$$\hat{K}_{t+1} = (1 - \delta) \hat{K}_t + \delta \hat{I}_t \quad (36)$$

### 6. Real Marginal Cost:

$$\hat{\lambda}_t = \alpha \hat{R}_t + (1 - \alpha) \hat{W}_t - \hat{Z}_{At} - \hat{P}_t \quad (37)$$

### 7. Production Function:

$$\hat{Y}_t = \hat{Z}_{At} + \alpha \hat{K}_t + (1 - \alpha) \hat{L}_t \quad (38)$$

### 8. Marginal Rates of Substitution of Factors:

$$\hat{K}_t - \hat{L}_t = \hat{W}_t - \hat{R}_t \quad (39)$$

### 9. Market Clearing Condition:

$$\hat{Y}_t = \theta_C \hat{C}_t + \theta_I \hat{I}_t \quad (40)$$

### 10. Monetary Policy:

$$\hat{R}_t = \gamma_R \hat{R}_{t-1} + (1 - \gamma_R)(\gamma_\pi \tilde{\pi}_t + \gamma_Y \hat{Y}_t) + \hat{Z}_{Mt} \quad (41)$$

### 11. Productivity Shock:

$$\hat{Z}_{At} = \rho_A \hat{Z}_{A,t-1} + \varepsilon_A \quad (42)$$

### 12. Monetary Shock:

$$\hat{Z}_{Mt} = \rho_M \hat{Z}_{M,t-1} + \varepsilon_M \quad (43)$$



# Matlab and Dynare

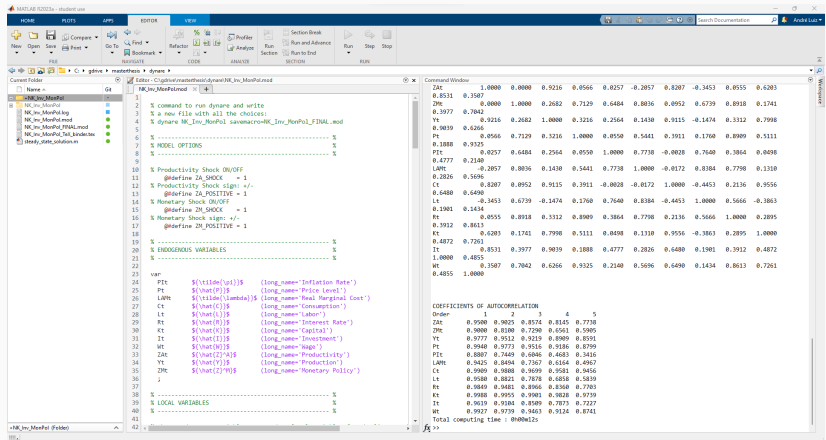
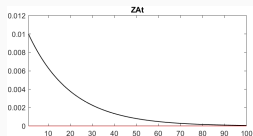
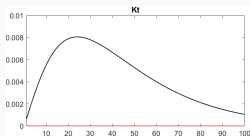


Figure 2: Matlab and Dynare

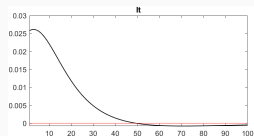
# Productivity Shock



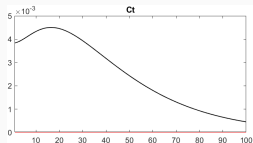
**(a) Productivity Shock**



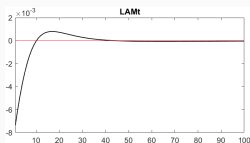
**(b) Capital**



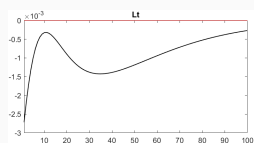
**(c) Investment**



**(d) Consumption**

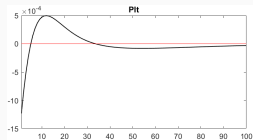


**(e) Marginal Cost**

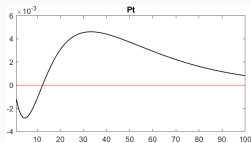


**(f) Labor**

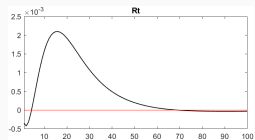
# Productivity Shock



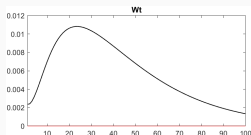
**(a) Inflation**



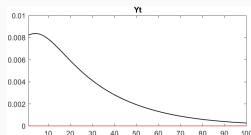
**(b) Price Level**



**(c) Interest Rate**

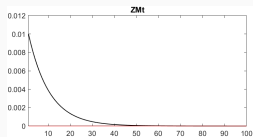


**(d) Wage**

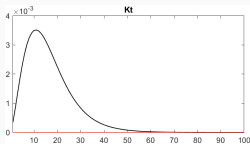


**(e) Production**

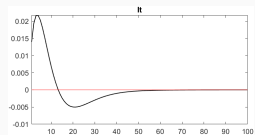
# Monetary Shock



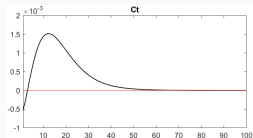
**(a) Monetary Shock**



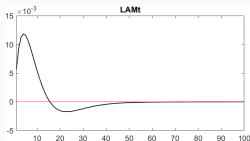
**(b) Capital**



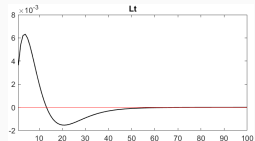
**(c) Investment**



**(d) Consumption**

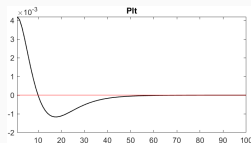


**(e) Marginal Cost**

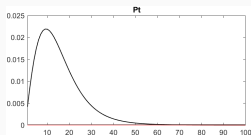


**(f) Labor**

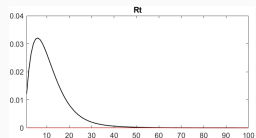
# Monetary Shock



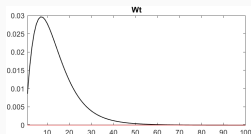
(a) Inflation



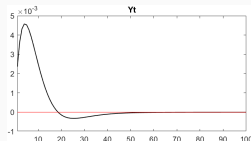
(b) Price Level



(c) Interest Rate



(d) Wage



(e) Production

**Figure 6:** Monetary Shock Impulse Response Functions

slide

slide

slide



Além disso, também teremos características específicas:

- regra de Calvo (1983): gerar fricções nominais nos preços dos bens, alterando as relações de equilíbrio do sistema, gerando a não-neutralidade da moeda no curto prazo, Costa Junior (2016, p.191).
- os choques estocásticos estarão presentes na produtividade das firmas e nas preferências da família representativa.
- regionalização do modelo: um índice para a região estudada e o restante do Brasil, de tal forma que teremos as famílias, a firma de bens finais e as firmas de bens intermediários de cada região.
- as famílias não terão mobilidade, mas os bens intermediários e finais terão, e esse será o elo para conectar as duas regiões.

# Regional Model

---

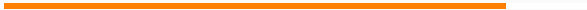
slide

## **Expected Results**

---

- Esperamos que o modelo demonstre que uma região brasileira responde um choque de política monetária, gerando uma variação no produto regional.
- Por exemplo, um choque de 1% na taxa de juros gera uma diminuição de  $x\%$  do produto de um Estado brasileiro.

# Project Timeline



# Cronograma

Atividade	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
Pesquisa Bibliográfica	x	x	x						
Projeto de Pesquisa			x						
Modelagem			x	x					
Programação no Dynare				x					
Seminário do Projeto				x					
Coleta dos dados					x				
Tratamento dos dados					x				
Cálculo dos Parâmetros						x			
Banca de Qualificação						x			
Análise dos Resultados							x		
Revisão e Edição								x	
Defesa da Dissertação									x
Reuniões de Orientação	x	x	x	x	x	x	x	x	x

## Referências Iniciais



ALBUQUERQUEMELLO, V. P. d. **Mercado imobiliário, crédito e o Ciclo Real de Negócios: evidências a partir de um modelo DSGE para a economia estadunidense.** 2018. Tese (Doutorado). Citado na p. 12.



BERGHOLT, D. **The Basic New Keynesian Model.** [S.l.], 2012. Disponível em:  
<[https://bergholt.weebly.com/uploads/1/1/8/4/11843961/the\\_basic\\_new\\_keynesian\\_model\\_-\\_drago\\_bergholt.pdf](https://bergholt.weebly.com/uploads/1/1/8/4/11843961/the_basic_new_keynesian_model_-_drago_bergholt.pdf)>. Citado na p. 13.





BERTANHA, M.; HADDAD, E. A. **Efeitos regionais da política monetária no Brasil: impactos e transbordamentos espaciais.** *Revista Brasileira de Economia*, mar. 2008. DOI: 10.1590/S0034-71402008000100001. Citado na p. 4.



CALVO, G. A. **Staggered Prices In a Utility-maximizing Framework.** *Journal of Monetary Economics*, set. 1983. DOI: 10.1016/0304-3932(83)90060-0. Citado nas pp. 22, 49.



COSTA JUNIOR, C. J. **Understanding DSGE.** Wilmington, Delaware: Vernon Press, 2016. (Vernon series in economic methodology). Citado nas pp. 13, 33, 49.



COSTA JUNIOR, C. J.; TEIXEIRA, A. M.; SILVA, M. F. d. **DSGE para Macroeconomia Regional: Uma Aplicação para o Estado de Goiás.** In: ENCONTRO ANPEC. Citado na p. 14.



GALÍ, J. **Monetary Policy, Inflation, And The Business Cycle: An Introduction To The New Keynesian Framework And Its Applications.** Second edition. Princeton ; Oxford: Princeton University Press, 2015. Citado nas pp. 4, 8, 13.



GALÍ, J.; GERTLER, M. **Macroeconomic Modeling for Monetary Policy Evaluation.** *Journal of Economic Perspectives*, v. 21, n. 4, p. 25–46, dez. 2007. DOI: 10.1257/jep.21.4.25. Citado na p. 9.



KYDLAND, F. E.; PRESCOTT, E. C. **Time to Build and Aggregate Fluctuations.** *Econometrica*, v. 50, n. 6, p. 1345, nov. 1982. DOI: 10.2307/1913386. Citado na p. 8.



MORA, J. U.; COSTA JUNIOR, C. J. **FDI Asymmetries in Emerging Economies: The Case of Colombia.** *International Journal of Economics and Finance*, v. 11, n. 8, 25 jun. 2019. DOI: 10.5539/ijef.v11n8p35. Citado na p. 14.



OSTERNO, I. G. C. **Uma Nova Metodologia de Mensuração de Impactos Regionais de Políticas Nacionais: Uma Aplicação do SAMBA+REG para o Ceará.** In: 50º Encontro ANPEC. Fortaleza: ANPEC, 2022. Citado na p. 15.



PEREIRA, R. M.; GÓES, G. S. **O Desmatamento amazônico e o ciclo econômico no Brasil.** <http://www.ipea.gov.br>, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), jun. 2013. Citado na p. 12.



PRESCOTT, E. C. **Theory Ahead of Business-Cycle Measurement.** **Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy**, v. 25, p. 11-44, 1 set. 1986. DOI: 10.1016/0167-2231(86)90035-7. Citado na p. 8.



RIBEIRO, G. M. **Aalongamento dos Ciclos Econômicos - O Preço da Estabilidade.** 2023. Dissertação – UFPR, Curitiba. Citado na p. 12.



RICKMAN, D. S. **Modern Macroeconomics and Regional Economic Modeling.** **Journal of Regional Science**, 2010. DOI: 10.1111/j.1467-9787.2009.00647.x. Citado na p. 14.



SIMONSEN, M. H. **Microeconomia - Fundamentos da Teoria dos Preços**. [S.l.]: IBRE, EPGE, 1979. (Ensaio Econômicos EPGE: n. 27). Citado na p. 5.



SMETS, F.; WOUTERS, R. **An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area**. *Journal of the European Economic Association*, 1 set. 2003. DOI: 10.1162/154247603770383415. Citado na p. 13.



SMETS, F.; WOUTERS, R. **Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach**. *American Economic Review*, v. 97, jun. 2007. DOI: 10.1257/aer.97.3.586. Citado na p. 13.



SOLIS-GARCIA, M. **UCB Macro Modeling Course**. 2022. Disponível em: <<https://sites.google.com/a/macalester.edu/solis-garcia/home/teaching/ucb-macro-modeling-course>>. Acesso em: 13 jan. 2023. Citado na p. 11.



TAYLOR, J. B. **Discretion Versus Policy Rules In Practice**. **Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy**, dez. 1993. DOI: 10.1016/0167-2231(93)90009-L. Citado na p. 23.



UHLIG, H. **A Toolkit For Analysing Nonlinear Dynamic Stochastic Models Easily**. In: **COMPUTATIONAL Methods for the Study of Dynamic Economies**. Oxford: Oxford University Press, 1999. P. 30–61. Citado na p. 35.

## **Dúvidas e Sugestões**

**Obrigado!**  
**andreluizmtg@gmail.com**  
**41.98460.2209**