Macroeconomia Aberta e DSGE: Fundamentos, Estimação e Aplicações

Economias emergentes: o ciclo é a tendência

João Ricardo Costa Filho

Sobre modelos

Good ideas shine far more brightly when supported by good models
Avinash Dixit (“The making of Economic Policy", 1996, p. 17)

All models are wrong.
George Box

Models are to be used, not believed.
Henri Theil (“Principles of Econometrics", 1971, p. vi)

A volatilidade das flutuações macroeconômicas em economias emergentes

Flutuações Econômicas

Flutuações Econômicas

- Com o modelo da aula anterior, conseguirmos reproduzir alguns padrões dos dados de economias pequenas abertas (Schmitt-Grohé and Uribe 2003; Uribe and Schmitt-Grohé 2017).

- Com o modelo da aula anterior, conseguirmos reproduzir alguns padrões dos dados de economias pequenas abertas (Schmitt-Grohé and Uribe 2003; Uribe and Schmitt-Grohé 2017).
- Mas a volatilidade do PIB e do consumo em economias emergentes ainda não está satisfatória.

Flutuações Econômicas (Uribe and Schmitt-Grohé 2017)

Uma forma de gerar mais volatilidade é aumentar a persistência dos choques de produtividade.

Flutuações Econômicas

Flutuações Econômicas

- A função impulso-resposta se torna "hump-shaped" porque agora o investimento reage ainda mais (Uribe and Schmitt-Grohé 2017).

- A função impulso-resposta se torna "hump-shaped" porque agora o investimento reage ainda mais (Uribe and Schmitt-Grohé 2017).
- A persistência da produtividade faz com que as empresas tenham incentivo para aumentar o estoque de capital.

- A função impulso-resposta se torna “hump-shaped” porque agora o investimento reage ainda mais (Uribe and Schmitt-Grohé 2017).
- A persistência da produtividade faz com que as empresas tenham incentivo para aumentar o estoque de capital.
- O problema é que para “acertar” na volatilidade do consumo, a aderência da autocorrelação do PIB é prejudicada.
- Uma solução: inserir um choque adicional ao modelo, de tal forma que tenhamos choques permanentes e choques transitórios na produtividade, como no modelo de Aguiar and Gopinath (2007), analisado no capítulo 5 de Uribe and Schmitt-Grohé (2017).

Intuição em um modelo simples

Estrutura do modelo (Duncan 2015)

$$N^s = w$$

$$N^d = N^d\left(\underbrace{w}_{-}, \underbrace{z}_{+}, \underbrace{K}_{+}\right)$$

$$Y^s = zF\left(\underbrace{K}_{+}, \underbrace{N}_{+}\right)$$

$$Y^d = C^d\left(\underbrace{r}_{-}, \underbrace{z}_{+}, \underbrace{z'}_{+}, \underbrace{K}_{-}\right) + I^d\left(\underbrace{r}_{-}, \underbrace{z'}_{+}, \underbrace{K}_{-}\right) + NX$$

$$r = r^w$$

Estrutura do modelo (Duncan 2015)

$$N^s = w$$

$$Y^s = zF\left(\underbrace{K}_{+}, \underbrace{N}_{+}\right)$$

$$Y^d = C^d\left(\underbrace{r}_{-}, \underbrace{z}_{+}, \underbrace{z'}_{+}, \underbrace{K}_{-}\right) + I^d\left(\underbrace{r}_{-}, \underbrace{z'}_{+}, \underbrace{K}_{-}\right) + NX$$

$$r = r^w$$

Estrutura do modelo (Duncan 2015)

$$N^s = w$$

$$Y^d = C^d\left(\underbrace{r}_{-}, \underbrace{z}_{+}, \underbrace{z'}_{+}, \underbrace{K}_{-}\right) + I^d\left(\underbrace{r}_{-}, \underbrace{z'}_{+}, \underbrace{K}_{-}\right) + NX$$

$$r = r^w$$

Estrutura do modelo (Duncan 2015)

$$N^s = w$$

$$+ I^d\left(\underbrace{r}_{-}, \underbrace{z'}_{+}, \underbrace{K}_{-}\right) + NX$$

$$r = r^w$$

Estrutura do modelo (Duncan 2015)

$N^s = w$

$+ NX$

$r = r^w$

Estrutura do modelo (Duncan 2015)

$N^s = w$

$r = r^w$

Estrutura do modelo (Duncan 2015)

$$N^s = w$$

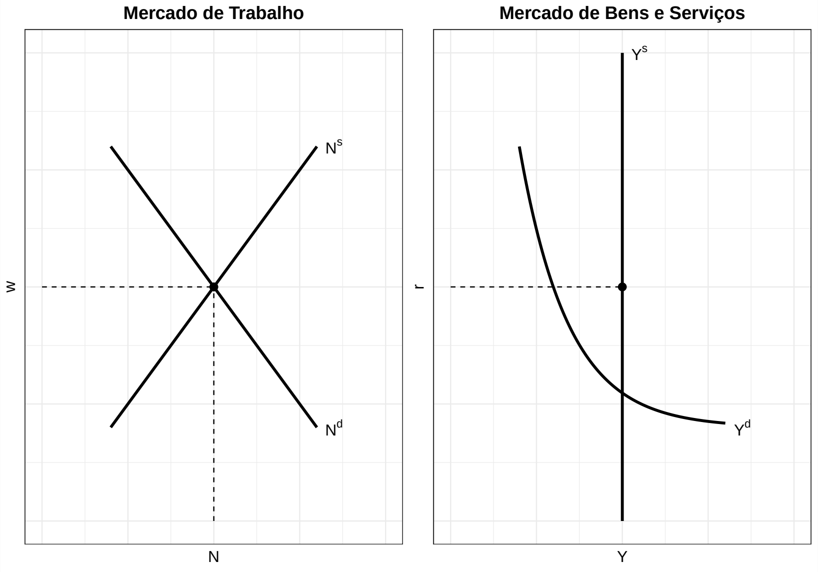
$$N^d = N^d\left(\underbrace{w}_{-}, \underbrace{z}_{+}, \underbrace{K}_{+}\right)$$

$$Y^s = zF\left(\underbrace{K}_{+}, \underbrace{N}_{+}\right)$$

$$Y^d = C^d\left(\underbrace{r}_{-}, \underbrace{z}_{+}, \underbrace{z'}_{+}, \underbrace{K}_{-}\right) + I^d\left(\underbrace{r}_{-}, \underbrace{z'}_{+}, \underbrace{K}_{-}\right) + NX$$

$$r = r^w$$

Equilíbrio do modelo



O modelo com prêmio de risco e dois tipos de choques de produtividade

Agentes

Tomemos como base o modelo com dois choques de produtividade de Aguiar and Gopinath (2007). Trabalharemos com dois tipos de **agentes representativos**:

Agentes

Tomemos como base o modelo com dois choques de produtividade de Aguiar and Gopinath (2007). Trabalharemos com dois tipos de **agentes representativos**:

- **Famílias**

Agentes

Tomemos como base o modelo com dois choques de produtividade de Aguiar and Gopinath (2007). Trabalharemos com dois tipos de **agentes representativos**:

- **Famílias**
  - Ofertam trabalho.

Agentes

Tomemos como base o modelo com dois choques de produtividade de Aguiar and Gopinath (2007). Trabalharemos com dois tipos de **agentes representativos**:

- **Famílias**
  - Ofertam trabalho.
  - Detêm o capital.

Agentes

Tomemos como base o modelo com dois choques de produtividade de Aguiar and Gopinath (2007). Trabalharemos com dois tipos de **agentes representativos**:

- **Famílias**
  - Ofertam trabalho.
  - Detêm o capital.
  - Contraem dívida externa líquida.

Agentes

Tomemos como base o modelo com dois choques de produtividade de Aguiar and Gopinath (2007). Trabalharemos com dois tipos de **agentes representativos**:

- **Famílias**
  - Ofertam trabalho.
  - Detêm o capital.
  - Contraem dívida externa líquida.
  - Compram os bens e serviços.

Agentes

Tomemos como base o modelo com dois choques de produtividade de Aguiar and Gopinath (2007). Trabalharemos com dois tipos de **agentes representativos**:

- **Famílias**
  - Ofertam trabalho.
  - Detêm o capital.
  - Contraem dívida externa líquida.
  - Compram os bens e serviços.
- **Empresas**

Agentes

Tomemos como base o modelo com dois choques de produtividade de Aguiar and Gopinath (2007). Trabalharemos com dois tipos de **agentes representativos**:

- **Famílias**
  - Ofertam trabalho.
  - Detêm o capital.
  - Contraem dívida externa líquida.
  - Compram os bens e serviços.
- **Empresas**
  - Recrutam trabalhadores.

Agentes

Tomemos como base o modelo com dois choques de produtividade de Aguiar and Gopinath (2007). Trabalharemos com dois tipos de **agentes representativos**:

- **Famílias**
  - Ofertam trabalho.
  - Detêm o capital.
  - Contraem dívida externa líquida.
  - Compram os bens e serviços.
- **Empresas**
  - Recrutam trabalhadores.
  - Utilizam o estoque de capital.

Agentes

Tomemos como base o modelo com dois choques de produtividade de Aguiar and Gopinath (2007). Trabalharemos com dois tipos de **agentes representativos**:

- **Famílias**
  - Ofertam trabalho.
  - Detêm o capital.
  - Contraem dívida externa líquida.
  - Compram os bens e serviços.
- **Empresas**
  - Recrutam trabalhadores.
  - Utilizam o estoque de capital.
  - Vendem os bens e serviços.

Famílias

Escolhas intertemporais

As famílias possuem preferências acerca do consumo (C) e das horas trabalhadas (h) de tal forma que desejam maximizar a seguinte utilidade intertemporal:

Escolhas intertemporais

As famílias possuem preferências acerca do consumo (C) e das horas trabalhadas (h) de tal forma que desejam maximizar a seguinte utilidade intertemporal:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U\left(C_t, h_t\right), \tag{1}$$

As famílias possuem preferências acerca do consumo (C) e das horas trabalhadas (h) de tal forma que desejam maximizar a seguinte utilidade intertemporal:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U\left(C_t, h_t\right), \tag{1}$$

onde

Escolhas intertemporais

As famílias possuem preferências acerca do consumo (C) e das horas trabalhadas (h) de tal forma que desejam maximizar a seguinte utilidade intertemporal:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U\left(C_t, h_t\right), \tag{1}$$

onde

$$U\left(C_t, h_t\right) = \frac{\left[C_t^{\gamma}(1-h_t)^{1-\gamma}\right]^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma}. \tag{2}$$

A dinâmica da dívida

O preço de um título (q_t)

A dinâmica da dívida

O preço de um título (q_t) possui uma relação inversa com a taxa de juros real (r): $q_t = \frac{1}{1+r_t}$,

A dinâmica da dívida

O preço de um título (q_t) possui uma relação inversa com a taxa de juros real (r): $q_t = \frac{1}{1+r_t}$, de tal forma que a dinâmica da dívida (D_t), que depende também da renda (Y), do consumo, do investimento e do estoque de capital (K), pode ser descrita como:

O preço de um título (q_t) possui uma relação inversa com a taxa de juros real (r): $q_t = \frac{1}{1+r_t}$, de tal forma que a dinâmica da dívida (D_t), que depende também da renda (Y), do consumo, do investimento e do estoque de capital (K), pode ser descrita como:

$$\frac{D_{t+1}}{1+r_t} = D_t + C_t + K_{t+1} - (1-\delta)K_t + \frac{\phi}{2}\left(\frac{K_{t+1}}{K_t} - g\right)^2 K_t - Y_t. \tag{3}$$

Empresas

Produção

Produção

Em um ambiente de **concorrência perfeita**, as empresas possuem a seguinte tecnologia de produção:

Produção

Em um ambiente de **concorrência perfeita**, as empresas possuem a seguinte tecnologia de produção:

$$Y_t = e^{z_t} K_t^{\alpha} (\Gamma_t h_t)^{1-\alpha}, \tag{4}$$

Produção

Em um ambiente de **concorrência perfeita**, as empresas possuem a seguinte tecnologia de produção:

$$Y_t = e^{z_t} K_t^{\alpha} (\Gamma_t h_t)^{1-\alpha}, \tag{4}$$

e estão sujeitas a choques transitórios e permanentes na produtividade.

A dinâmica da produtividade

A dinâmica da produtividade

Os choques transitórios na produtividade são dados por:

$$z_t = \rho_z z_{t-1} + \epsilon_t^z \tag{5}$$

A dinâmica da produtividade

Os choques transitórios na produtividade são dados por:

$$z_t = \rho_z z_{t-1} + \epsilon_t^z \tag{5}$$

Ao definirmos o produto acumulado dos choques, Γ_t, temos que:

$$\Gamma_t = e^{g_t} \Gamma_{t_1} = \prod_{s=0}^{t} e^{g_s} \tag{6}$$

A dinâmica da produtividade

Os choques transitórios na produtividade são dados por:

$$z_t = \rho_z z_{t-1} + \epsilon_t^z \tag{5}$$

Ao definirmos o produto acumulado dos choques, Γ_t, temos que:

$$\Gamma_t = e^{g_t}\Gamma_{t_1} = \prod_{s=0}^{t} e^{g_s} \tag{6}$$

cujos choques na tendência são dados por:

$$g_t = (1 - \rho_g)\mu_g + \rho_g g_{t-1} + \epsilon_t^g, \tag{7}$$

com

$$g_t \equiv \frac{\Gamma_t}{\Gamma_{t-1}}. \tag{8}$$

Produtividade Total dos Fatores (TFP)

Produtividade Total dos Fatores (TFP)

Com base nas equações anteriores, pordemos definir a Produtividade Total dos Fatores (TFP) como:

Produtividade Total dos Fatores (TFP)

Com base nas equações anteriores, pordemos definir a Produtividade Total dos Fatores (TFP) como:

$$TFP_t \equiv \frac{Y_t}{K_t^{\alpha} h_t^{1-\alpha}}, \tag{9}$$

Produtividade Total dos Fatores (TFP)

Com base nas equações anteriores, pordemos definir a Produtividade Total dos Fatores (TFP) como:

$$TFP_t \equiv \frac{Y_t}{K_t^{\alpha} h_t^{1-\alpha}}, \tag{9}$$

e, portanto,

$$TFP_t = e^{z_t} \Gamma_t^{1-\alpha} \tag{10}$$

Lagrangiano

Lagrangiano

Lagrangiano

A partir das equações (1), (2), (3) e (4):

Lagrangiano

A partir das equações (1), (2), (3) e (4):

$$\mathcal{L} = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\frac{\left(C_t^{\gamma}(1-h_t)^{1-\gamma}\right)^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} + \Lambda_t \left(\frac{D_{t+1}}{1+r_t} - D_t - C_t - K_{t+1} + (1-\delta)K_t - \frac{\phi}{2}\left(\frac{K_{t+1}}{K_t} - g\right)^2 K_t + Y_t \right) \right]$$

C.P.O.

$$C: \quad \gamma C_t^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-h_t)^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \Lambda_t \tag{11}$$

C.P.O.

$$C: \quad \gamma C_t^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-h_t)^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \Lambda_t \tag{11}$$

$$h: \quad \frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{C_t}{1-h_t} = (1-\alpha)a_t\Gamma_t\left(\frac{K_t}{\Gamma_t h_t}\right)^{\alpha} \tag{12}$$

C.P.O.

$$C: \quad \gamma C_t^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-h_t)^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \Lambda_t \tag{11}$$

$$h: \quad \frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{C_t}{1-h_t} = (1-\alpha)a_t\Gamma_t\left(\frac{K_t}{\Gamma_t h_t}\right)^{\alpha} \tag{12}$$

$$D_{t+1}: \quad \Lambda_t = \beta(1+r_t)E_t\Lambda_{t+1} \tag{13}$$

C.P.O.

$$C: \quad \gamma C_t^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-h_t)^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \Lambda_t \tag{11}$$

$$h: \quad \frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{C_t}{1-h_t} = (1-\alpha)a_t\Gamma_t\left(\frac{K_t}{\Gamma_t h_t}\right)^{\alpha} \tag{12}$$

$$D_{t+1}: \quad \Lambda_t = \beta(1+r_t)E_t\Lambda_{t+1} \tag{13}$$

$$K_{t+1}: \quad \Lambda_t\left[1+\phi\left(\frac{K_{t+1}}{K_t}-g\right)\right] = \beta E_t\Lambda_{t+1}\left[1-\delta+\alpha a_{t+1}\left(\frac{K_{t+1}}{\Gamma_{t+1}h_{t+1}}\right)^{\alpha-1}+\phi\frac{K_{t+2}}{K_{t+1}}\left(\frac{K_{t+2}}{K_{t+1}}-g\right)-\frac{\phi}{2}\left(\frac{K_{t+2}}{K_{t+1}}-g\right)^2\right] \tag{14}$$

Taxa de juros

Taxa de juros

Assume-se que a taxa de juros é função de um nível de equilíbrio ($\bar{r}$) e do endividamento:

Taxa de juros

Assume-se que a taxa de juros é função de um nível de equilíbrio ($\bar{r}$) e do endividamento:

$$r_t = r^* + \psi \left[e^{D_{t+1}/\Gamma_t - \bar{d}} - 1 \right] \tag{15}$$

Condição de transversalidade

Condição de transversalidade

Além das C.P.O., precisamos também da condição de transversalidade, que pode ser representada por:

Condição de transversalidade

Além das C.P.O., precisamos também da condição de transversalidade, que pode ser representada por:

$$\lim_{j \to \infty} E_t \frac{D_{t+j+1}}{\prod_{s=0}^{j} (1 + r_{t+s})} \leq 0 \tag{16}$$

Sistema Estacionário

Sistema Estacionário

Para tornar o modelo estacionário, definimos as variáveis normalizadas:

Sistema Estacionário

Para tornar o modelo estacionário, definimos as variáveis normalizadas:

$$c_t \equiv \frac{C_t}{\Gamma_{t-1}}, \quad k_t \equiv \frac{K_t}{\Gamma_{t-1}}, \quad d_t \equiv \frac{D_t}{\Gamma_{t-1}}, \quad \lambda_t \equiv \Gamma_t^{1+(\sigma-1)\gamma} \Lambda_t. \tag{17}$$

Sistema de Equações – 8 variáveis endógenas (c, h, d, k, y, λ, z e g)

- $\frac{g_t d_{t+1}}{1+r_t} = d_t + c_t + g_t k_{t+1} - (1-\delta)k_t + \frac{\phi}{2}\left(\frac{g_t k_{t+1}}{k_t} - g\right)^2 k_t - e^{z_t} k_t^{\alpha}(g_t h_t)^{1-\alpha}$

Sistema de Equações – 8 variáveis endógenas (c, h, d, k, y, λ, z e g)

- $\frac{g_t d_{t+1}}{1+r_t} = d_t + c_t + g_t k_{t+1} - (1-\delta)k_t + \frac{\phi}{2}\left(\frac{g_t k_{t+1}}{k_t} - g\right)^2 k_t - e^{z_t} k_t^{\alpha}(g_t h_t)^{1-\alpha}$
- $r_t = r^* + \psi\left[e^{d_{t+1}-\bar{d}} - 1\right]$

Sistema de Equações – 8 variáveis endógenas (c, h, d, k, y, λ, z e g)

- $\frac{g_t d_{t+1}}{1+r_t} = d_t + c_t + g_t k_{t+1} - (1-\delta)k_t + \frac{\phi}{2}\left(\frac{g_t k_{t+1}}{k_t} - g\right)^2 k_t - e^{z_t} k_t^{\alpha}(g_t h_t)^{1-\alpha}$
- $r_t = r^* + \psi\left[e^{d_{t+1}-\bar{d}} - 1\right]$
- $\frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{c_t}{1-h_t} = (1-\alpha)e^{z_t} g_t \left(\frac{k_t}{g_t h_t}\right)^{\alpha}$

Sistema de Equações – 8 variáveis endógenas (c, h, d, k, y, λ, z e g)

- $\frac{g_t d_{t+1}}{1+r_t} = d_t + c_t + g_t k_{t+1} - (1-\delta)k_t + \frac{\phi}{2}\left(\frac{g_t k_{t+1}}{k_t} - g\right)^2 k_t - e^{z_t} k_t^{\alpha}(g_t h_t)^{1-\alpha}$
- $r_t = r^* + \psi\left[e^{d_{t+1}-\bar{d}} - 1\right]$
- $\frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{c_t}{1-h_t} = (1-\alpha)e^{z_t} g_t \left(\frac{k_t}{g_t h_t}\right)^{\alpha}$
- $\gamma c_t^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-h_t)^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \lambda_t$

Sistema de Equações – 8 variáveis endógenas (c, h, d, k, y, λ, z e g)

- $\frac{g_t d_{t+1}}{1+r_t} = d_t + c_t + g_t k_{t+1} - (1-\delta)k_t + \frac{\phi}{2}\left(\frac{g_t k_{t+1}}{k_t} - g\right)^2 k_t - e^{z_t} k_t^{\alpha}(g_t h_t)^{1-\alpha}$
- $r_t = r^* + \psi\left[e^{d_{t+1}-\bar{d}} - 1\right]$
- $\frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{c_t}{1-h_t} = (1-\alpha)e^{z_t} g_t \left(\frac{k_t}{g_t h_t}\right)^{\alpha}$
- $\gamma c_t^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-h_t)^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \lambda_t$
- $\lambda_t = \beta(1+r_t)g_t^{\gamma(1-\sigma)-1} E_t \lambda_{t+1}$

Sistema de Equações – 8 variáveis endógenas (c, h, d, k, y, λ, z e g)

- $\frac{g_t d_{t+1}}{1+r_t} = d_t + c_t + g_t k_{t+1} - (1-\delta)k_t + \frac{\phi}{2}\left(\frac{g_t k_{t+1}}{k_t} - g\right)^2 k_t - e^{z_t} k_t^{\alpha}(g_t h_t)^{1-\alpha}$
- $r_t = r^* + \psi\left[e^{d_{t+1}-\bar{d}} - 1\right]$
- $\frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{c_t}{1-h_t} = (1-\alpha)e^{z_t} g_t\left(\frac{k_t}{g_t h_t}\right)^{\alpha}$
- $\gamma c_t^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-h_t)^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \lambda_t$
- $\lambda_t = \beta(1+r_t)g_t^{\gamma(1-\sigma)-1}E_t\lambda_{t+1}$
- $\lambda_t\left[1+\phi\left(\frac{g_t k_{t+1}}{k_t} - g\right)\right] = \beta g_t^{\gamma(1-\sigma)-1}E_t\lambda_{t+1}\left[1-\delta+\alpha a_{t+1}\left(\frac{k_{t+1}}{g_{t+1}h_{t+1}}\right)^{\alpha-1} + \phi\frac{g_{t+1}k_{t+2}}{k_{t+1}}\left(\frac{g_{t+1}k_{t+2}}{k_{t+1}}\right.\right.$

Sistema de Equações – 8 variáveis endógenas (c, h, d, k, y, λ, z e g)

- $\frac{g_t d_{t+1}}{1+r_t} = d_t + c_t + g_t k_{t+1} - (1-\delta)k_t + \frac{\phi}{2}\left(\frac{g_t k_{t+1}}{k_t} - g\right)^2 k_t - e^{z_t} k_t^{\alpha}(g_t h_t)^{1-\alpha}$
- $r_t = r^* + \psi\left[e^{d_{t+1}-\bar{d}} - 1\right]$
- $\frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{c_t}{1-h_t} = (1-\alpha)e^{z_t} g_t \left(\frac{k_t}{g_t h_t}\right)^{\alpha}$
- $\gamma c_t^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-h_t)^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \lambda_t$
- $\lambda_t = \beta(1+r_t) g_t^{\gamma(1-\sigma)-1} E_t \lambda_{t+1}$
- $\lambda_t\left[1 + \phi\left(\frac{g_t k_{t+1}}{k_t} - g\right)\right] = \beta g_t^{\gamma(1-\sigma)-1} E_t \lambda_{t+1}\left[1 - \delta + \alpha a_{t+1}\left(\frac{k_{t+1}}{g_{t+1} h_{t+1}}\right)^{\alpha-1} + \phi \frac{g_{t+1} k_{t+2}}{k_{t+1}}\left(\frac{g_{t+1} k_{t+2}}{k_{t+1}}\right.\right.$
- $\ln z_t = \rho_z \ln z_{t-1} + \epsilon_t^z$

Sistema de Equações – 8 variáveis endógenas (c, h, d, k, y, λ, z e g)

- $\frac{g_t d_{t+1}}{1+r_t} = d_t + c_t + g_t k_{t+1} - (1-\delta)k_t + \frac{\phi}{2}\left(\frac{g_t k_{t+1}}{k_t} - g\right)^2 k_t - e^{z_t} k_t^{\alpha}(g_t h_t)^{1-\alpha}$
- $r_t = r^* + \psi\left[e^{d_{t+1}-\bar{d}} - 1\right]$
- $\frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{c_t}{1-h_t} = (1-\alpha)e^{z_t} g_t \left(\frac{k_t}{g_t h_t}\right)^{\alpha}$
- $\gamma c_t^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-h_t)^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \lambda_t$
- $\lambda_t = \beta(1+r_t) g_t^{\gamma(1-\sigma)-1} E_t \lambda_{t+1}$
- $\lambda_t\left[1+\phi\left(\frac{g_t k_{t+1}}{k_t} - g\right)\right] = \beta g_t^{\gamma(1-\sigma)-1} E_t \lambda_{t+1}\left[1-\delta+\alpha a_{t+1}\left(\frac{k_{t+1}}{g_{t+1}h_{t+1}}\right)^{\alpha-1} + \phi\frac{g_{t+1}k_{t+2}}{k_{t+1}}\left(\frac{g_{t+1}k_{t+2}}{k_{t+1}}\right.\right.$
- $\ln z_t = \rho_z \ln z_{t-1} + \epsilon_t^z$
- $g_t = (1-\rho_g)\mu_g + \rho_g g_{t-1} + \epsilon_t^g$

Equilíbrio Estacionário

Sistema de Equações – no equilíbrio

- $\frac{\bar{g}\bar{d}}{1+\bar{r}} = \bar{d} + \bar{c} + \bar{g}\bar{k} - (1-\delta)\bar{k} - \bar{k}^{\alpha}(\bar{g}\bar{h})^{1-\alpha}$

Sistema de Equações – no equilíbrio

- $\frac{\bar{g}\bar{d}}{1+\bar{r}} = \bar{d} + \bar{c} + \bar{g}\bar{k} - (1-\delta)\bar{k} - \bar{k}^{\alpha}(\bar{g}\bar{h})^{1-\alpha}$
- $\bar{r} = r^*$

Sistema de Equações – no equilíbrio

- $\frac{\bar{g}\bar{d}}{1+\bar{r}} = \bar{d} + \bar{c} + \bar{g}\bar{k} - (1-\delta)\bar{k} - \bar{k}^{\alpha}(\bar{g}\bar{h})^{1-\alpha}$
- $\bar{r} = r^*$
- $\frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{\bar{c}}{1-\bar{h}} = (1-\alpha)\bar{g}\left(\frac{\bar{k}}{\bar{g}\bar{h}}\right)^{\alpha}$

Sistema de Equações – no equilíbrio

- $\frac{\bar{g}\bar{d}}{1+\bar{r}} = \bar{d} + \bar{c} + \bar{g}\bar{k} - (1-\delta)\bar{k} - \bar{k}^{\alpha}(\bar{g}\bar{h})^{1-\alpha}$
- $\bar{r} = r^*$
- $\frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{\bar{c}}{1-\bar{h}} = (1-\alpha)\bar{g}\left(\frac{\bar{k}}{\bar{g}\bar{h}}\right)^{\alpha}$
- $\gamma\bar{c}^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-\bar{h})^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \bar{\lambda}$

Sistema de Equações – no equilíbrio

- $\frac{\bar{g}\bar{d}}{1+\bar{r}} = \bar{d} + \bar{c} + \bar{g}\bar{k} - (1-\delta)\bar{k} - \bar{k}^{\alpha}(\bar{g}\bar{h})^{1-\alpha}$
- $\bar{r} = r^*$
- $\frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{\bar{c}}{1-\bar{h}} = (1-\alpha)\bar{g}\left(\frac{\bar{k}}{\bar{g}\bar{h}}\right)^{\alpha}$
- $\gamma\bar{c}^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-\bar{h})^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \bar{\lambda}$
- $1 = \beta(1+\bar{r})\bar{g}^{\gamma(1-\sigma)-1}$

Sistema de Equações – no equilíbrio

- $\frac{\bar{g}\bar{d}}{1+\bar{r}} = \bar{d} + \bar{c} + \bar{g}\bar{k} - (1-\delta)\bar{k} - \bar{k}^{\alpha}(\bar{g}\bar{h})^{1-\alpha}$
- $\bar{r} = r^*$
- $\frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{\bar{c}}{1-\bar{h}} = (1-\alpha)\bar{g}\left(\frac{\bar{k}}{\bar{g}\bar{h}}\right)^{\alpha}$
- $\gamma\bar{c}^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-\bar{h})^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \bar{\lambda}$
- $1 = \beta(1+\bar{r})\bar{g}^{\gamma(1-\sigma)-1}$
- $1 = \beta\bar{g}^{\gamma(1-\sigma)-1}\left[1-\delta+\alpha\left(\frac{\bar{k}}{\bar{g}\bar{h}}\right)^{\alpha-1}\right]$

Sistema de Equações – no equilíbrio

- $\frac{\bar{g}\bar{d}}{1+\bar{r}} = \bar{d} + \bar{c} + \bar{g}\bar{k} - (1-\delta)\bar{k} - \bar{k}^{\alpha}(\bar{g}\bar{h})^{1-\alpha}$
- $\bar{r} = r^*$
- $\frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{\bar{c}}{1-\bar{h}} = (1-\alpha)\bar{g}\left(\frac{\bar{k}}{\bar{g}\bar{h}}\right)^{\alpha}$
- $\gamma\bar{c}^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-\bar{h})^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \bar{\lambda}$
- $1 = \beta(1+\bar{r})\bar{g}^{\gamma(1-\sigma)-1}$
- $1 = \beta\bar{g}^{\gamma(1-\sigma)-1}\left[1-\delta+\alpha\left(\frac{\bar{k}}{\bar{g}\bar{h}}\right)^{\alpha-1}\right]$
- $\bar{z} = \bar{z}$

Sistema de Equações – no equilíbrio

- $\frac{\bar{g}\bar{d}}{1+\bar{r}} = \bar{d} + \bar{c} + \bar{g}\bar{k} - (1-\delta)\bar{k} - \bar{k}^{\alpha}(\bar{g}\bar{h})^{1-\alpha}$
- $\bar{r} = r^*$
- $\frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{\bar{c}}{1-\bar{h}} = (1-\alpha)\bar{g}\left(\frac{\bar{k}}{\bar{g}\bar{h}}\right)^{\alpha}$
- $\gamma\bar{c}^{\gamma(1-\sigma)-1}(1-\bar{h})^{(1-\gamma)(1-\sigma)} = \bar{\lambda}$
- $1 = \beta(1+\bar{r})\bar{g}^{\gamma(1-\sigma)-1}$
- $1 = \beta\bar{g}^{\gamma(1-\sigma)-1}\left[1-\delta+\alpha\left(\frac{\bar{k}}{\bar{g}\bar{h}}\right)^{\alpha-1}\right]$
- $\bar{z} = \bar{z}$
- $\bar{g} = \mu_g$

com $\bar{z} = 1$

Parâmetros do nosso modelo

Quais os parâmetros do modelo em macro aberta RBC com o qual estamos trabalhando?

Parâmetro	Descrição	Definição
β	Fator de desconto.	Calibrado
γ	Elasticidade intertemporal de substituição.	Calibrado
δ	Taxa de depreciação.	Calibrado
ϕ	Custo de ajustamento de capital.	Estimado
α	Participação do capital na função de produção.	Calibrado
ρ_z	Coeficiente AR da produtividade transitória.	Estimado
σ_z^2	Desvio-padrão dos erros do processo da produtividade.	Estimado
ρ_g	Coeficiente AR da produtividade permanente.	Estimado
σ_g^2	Desvio-padrão dos erros do processo da produtividade.	Estimado
$\bar{d}$	Passivo externo líquido no equilíbrio estacionário.	Calibrado

Estimador de máxima verossimilhança – uma breve revisão

Máxima Verossimilhança

Máxima Verossimilhança

O estimador de máxima verossimilhança é obtido através da maximização da probabilidade de selecionar a amostra com a qual trabalharemos.

Máxima Verossimilhança

O estimador de máxima verossimilhança é obtido através da maximização da probabilidade de selecionar a amostra com a qual trabalharemos.

Seja S uma A.A.S. com cinco observações, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5.

O estimador de máxima verossimilhança é obtido através da maximização da probabilidade de selecionar a amostra com a qual trabalharemos.

Seja S uma A.A.S. com cinco observações, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5. A probabilidade de coletar exatamente aquela amostra é dada por: $P(S) = P(X_1) \cdot P(X_2) \cdot P(X_3) \cdot P(X_4) \cdot P(X_5)$.

Como foi exatamente aquela amostra que sorteamos, trabalharemos com a **hipótese** de que ela era a mais provável.

Máxima Verossimilhança – Exemplo 1

Máxima Verossimilhança – Exemplo 1

Assuma que tenhamos n ensaios de Bernoulli com probabilide de sucesso igual a p of success, onde $0 < p < 1$.

Máxima Verossimilhança – Exemplo 1

Assuma que tenhamos n ensaios de Bernoulli com probabilide de sucesso igual a p of success, onde $0 < p < 1$. Queremos o MLE de p.

Máxima Verossimilhança – Exemplo 1

Assuma que tenhamos n ensaios de Bernoulli com probabilide de sucesso igual a p of success, onde $0 < p < 1$. Queremos o MLE de p. Assuma $n = 3$ e que temos dois sucessos e um fracasso.

Máxima Verossimilhança – Exemplo 1

Assuma que tenhamos n ensaios de Bernoulli com probabilide de sucesso igual a p of success, onde $0 < p < 1$. Queremos o MLE de p. Assuma $n = 3$ e que temos dois sucessos e um fracasso. A função de verossimilhança é dada por

Máxima Verossimilhança – Exemplo 1

Assuma que tenhamos n ensaios de Bernoulli com probabilide de sucesso igual a p of success, onde $0 < p < 1$. Queremos o MLE de p. Assuma $n = 3$ e que temos dois sucessos e um fracasso. A função de verossimilhança é dada por

$$L(p) = P(2 \text{ sucessos and } 1 \text{ fracasso}) = p^2(1 - p)$$

Máxima Verossimilhança – Exemplo 1

Assuma que tenhamos n ensaios de Bernoulli com probabilide de sucesso igual a p of success, onde $0 < p < 1$. Queremos o MLE de p. Assuma $n = 3$ e que temos dois sucessos e um fracasso. A função de verossimilhança é dada por

$$L(p) = P(\text{2 sucessos and 1 fracasso}) = p^2(1 - p)$$

Problema de maximização:

Máxima Verossimilhança – Exemplo 1

Assuma que tenhamos n ensaios de Bernoulli com probabilide de sucesso igual a p of success, onde $0 < p < 1$. Queremos o MLE de p. Assuma $n = 3$ e que temos dois sucessos e um fracasso. A função de verossimilhança é dada por

$$L(p) = P(2 \text{ sucessos and } 1 \text{ fracasso}) = p^2(1-p)$$

Problema de maximização:

$$\max_p L(p) = p^2(1-p)$$
$$\frac{dL(p)}{dp} = 0$$
$$2p(1-p) - p^2 = 0$$
$$p(2-3p) = 0$$

Máxima Verossimilhança – Exemplo 1

Máxima Verossimilhança – Exemplo 1

Generalização para a binomial:

$$\max_p L(p) = p^x (1-p)^{n-x}$$

$$\text{Define } ln(L(p)) = l(p)$$

$$\max_p l(p) = x \ln p + (n-x) \ln(1-p)$$

$$\frac{x}{p} + \frac{(n-x)}{1-p} = 0$$

$$\hat{p}_{MLE} = \frac{x}{n}$$

onde x representa o número de sucessos na amostra de tamanho n.

Máxima Verossimilhança – Exemplo 2

Máxima Verossimilhança – Exemplo 2

MLE para a distribuição exponencial: seja X uma V.A. tal que $X \sim Exp(\beta)$. A f.d.p. é dada por

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-x/\beta}, \forall x \geq 0$$

Queremos estimar β. A função de verossimilhança é, portanto,

$$L(\beta|x) = (\frac{1}{\beta})^n e^{\sum -x/\beta}, \forall x \geq 0$$

e a função de log-verossimilhança é

$$l(\beta|x) = -n \ln \beta - \sum x/\beta$$

Máxima Verossimilhança – Exemplo 2

Máxima Verossimilhança – Exemplo 2

Problema de maximização:

$$\max_{\beta} l(\beta|x) = -n \ln \beta - \sum x/\beta$$

$$\frac{-n}{\beta} - \left(-\frac{1}{\beta^2}\sum x\right) = 0$$

$$\frac{n}{\beta} = \frac{1}{\beta^2}\sum x$$

$$\beta_{MLE} = \frac{\sum x}{n}$$

Aguiar, Mark, and Gita Gopinath. 2007. "Emerging Market Business Cycles: The Cycle Is the Trend." *Journal of Political Economy* 115 (1): 69–102. http://www.jstor.org/stable/10.1086/511283.

Duncan, Roberto. 2015. "A Simple Model to Teach Business Cycle Macroeconomics for Emerging Market and Developing Economies." *The Journal of Economic Education* 46 (4): 394–402.

Schmitt-Grohé, Stephanie, and Martın Uribe. 2003. "Closing Small Open Economy Models." *Journal of International Economics* 61 (1): 163–85.

Uribe, Martin, and Stephanie Schmitt-Grohé. 2017. *Open Economy Macroeconomics*. Princeton University Press.

Referências ii