Um Modelo de Equilíbrio Geral Estocástico

George McCandless - “The ABCs of RBCs” (Capítulo 10)

Bernardo Paulsen

9 de Maio de 2021

Introdução

Introdução: alguns pontos importantes

Alguns pontos importantes

- Veremos um modelo macroeconômico microfundamentado, de forma a explicitar a ligação entre microeconomia e macroeconomia
- Alguns problemas que veremos de microeconomia são maximização de utilidade, maximização de lucro e minimização de custo
- Veremos mercados de competição perfeita e imperfeita
- Algumas variáveis macroeconômicas que veremos são produto, nível de preços e taxa de juros.

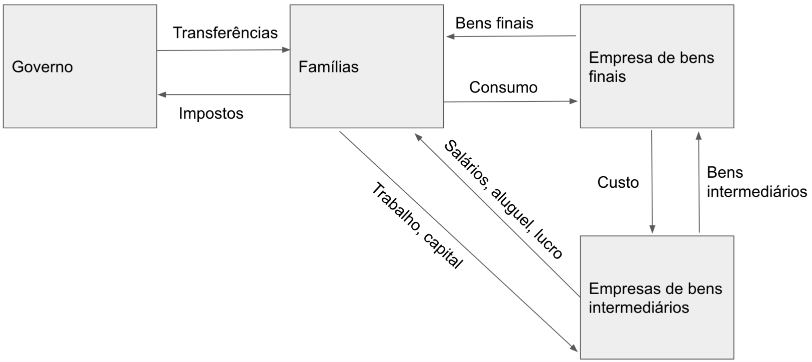
- Implementaremos algumas funções em Python para podermos vizualizálas

O modelo

O modelo: introdução

- Microfundamentado
  - A economia é composta por famílias, empresas e governo
  - Os agentes tomam decisões ótimas
  - A dinâmica dos agregados macroeconômicos derivam do comportamento dos agentes

O modelo: estrutura



O modelo: agentes e mercados

- Agentes
  - Governo
  - Famílias
  - Empresa de bens finais
  - Empresas de bens intermediários
- Mercados
  - Trabalho
  - Capital
  - Bens finais
  - Bens intermediários

O modelo: governo

- Cobra impostos das famílias ou as transfere renda
  - A partir da base monetária

O modelo: famílias

- Várias famílias iguais
- Gastos
  - Consumo
  - Imposto
- Rendas
  - Salário do trabalho
  - Aluguel do capital
  - Lucro das empresas intermediárias
  - Transferência do governo
- Propriedades
  - Trabalho
  - Capital
  - Empresas intermediárias
  - Dinheiro

O modelo: empresas de bens finais e bens intermediários

	Bens finais	Bens intermediários
Quantidade	Uma	Várias
Bens	Homogêneos	Heterogêneos
Fatores	Bens intermediários	Capital e trabalho
Problema	Lucro	Valor de mercado

O modelo: preços

O nível de preços da economia é o preço dos bens finais:

$$P_t$$

As variáveis em valor real e nominal são as seguir:

Real	Nominal
c_t^i	$P_t c_t^i$
k_t^i	$P_t k_t^i$
w_t^i	$P_t w_t^i$

Famílias

Famílias: definições

Existe um contínuo de famílias, indexadas por $i \in [0, 1]$, todas iguais.

Famílias: preferências

A função da utilidade das famílias é

$$u_t^i(c_t^i, h_t^i) = \ln c_t^i + Bh_t^i, \quad B < 0$$

onde c_t^i e h_t^i são o consumo e o trabalho da família i em t. O trabalho tem valor máximo de 1.

As famílias maximizarão

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u_t^i(c_t^i, h_t^i), \quad 0 \leq \beta \leq 1$$

onde E é a esperança e β é a taxa de desconto intertemporal.

Figura: Curvas de indiferença

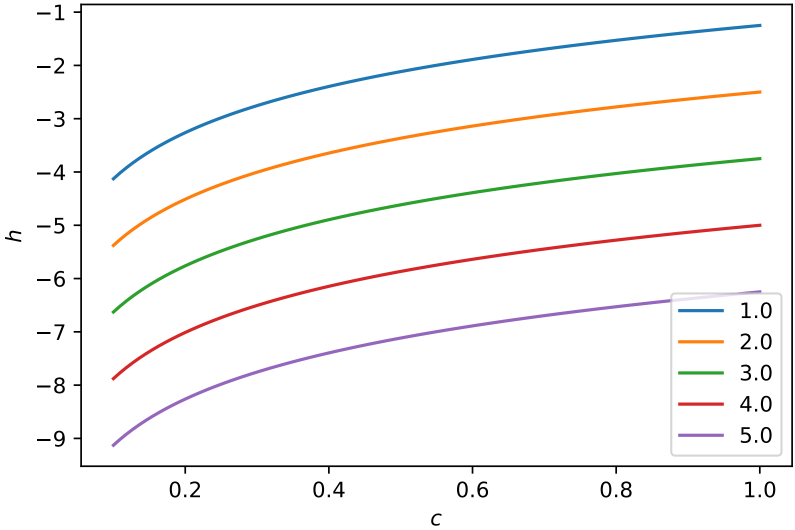
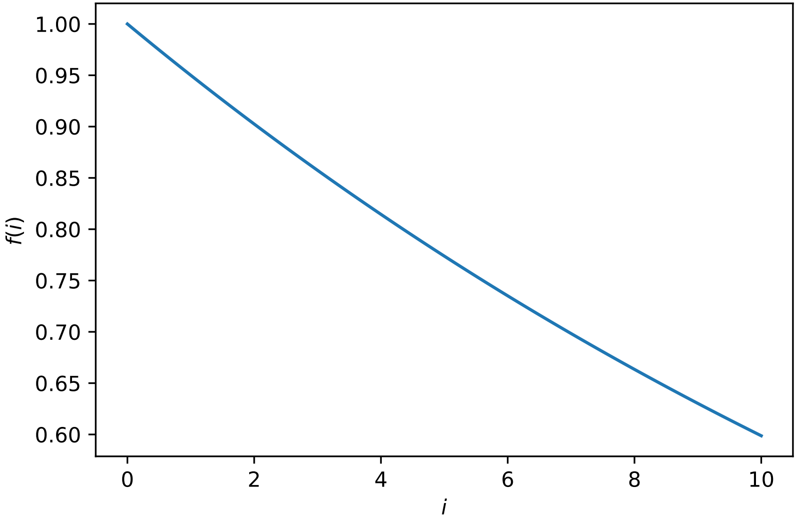


Figura: Preferência intertemporal



Famílias: restrição de "dinheiro adiantado"

As famílias estão sujeitas à restrição de "dinheiro adiantado"

$$P_t c_t^i = m_{t-1}^i + (g_t - 1)M_{t-1}$$

onde P_t é o preço do produto final em t, m_{t-1}^i é o dinheiro guardado em $t-1$, g_t é a taxa de crescimento bruta do estoque de moeda (de $t-1$ para t), M_{t-1} é o estoque de moeda em $t-1$, e portanto $(g_t - 1)M_{t-1}$ é a transferência recebida de (ou imposto pago para) o governo.

Caso $g_t > 1$, a família receberá uma transferência do governo. Caso $g_t < 1$, pagará imposto. Isso se dá pois

$$M_t = g_t M_{t-1}, \quad M_t = \int_0^1 m_t^i, \quad \ln g_{t+1} = \pi \ln g_t + \epsilon_{t+1}^g$$

Famílias: restrição orçamentária

A lei de crescimento do capital é

$$k_{t+1}^i = (1-\delta)k_t^i + i_t^i, \quad 0 \leq \delta \leq 1$$

onde δ é a taxa de depreciação do capital.

As famílias estão sujeitas à restrição orcámentária

$$P_t i_t^i + m_t^i = P_t w_t h_t^i + P_t r_t k_t^i + P_t \xi_t^i$$

onde i_t^i é o investimento, w_t é o salário, r_t é a taxa de aluguel, e ξ_t^i é o lucro.

A restrição orçamentária real da famílias é

$$k_{t+1}^i + \frac{m_t^i}{P_t} = w_t h_t^i + r_t k_t^i + \xi_t^i + (1-\delta)k_t^i$$

Famílias: maximização de utilidade

A família maximizará

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\ln c_t^i + B h_t^i \right]$$

sujeita à restrição de "dinheiro adiantado"'

$$P_t c_t^i = m_{t-1}^i + (g_t - 1) M_{t-1}$$

e à retrição orçamentária real

$$k_{t+1}^i + \frac{m_t^i}{P_t} = w_t h_t^i + r_t k_t^i + \xi_t^i + (1 - \delta) k_t^i$$

Famílias: condições de primeira ordem

As condições de primeira ordem do problema da família são

$$\frac{B}{w_t} = E_t \left[\frac{B\beta}{w_{t+1}} \left(r_{t+1} + (1-\gamma) \right) \right]$$

e

$$-E_t \left[\frac{\beta}{c^i_{t+1} P_{t+i}} \right] = \frac{B}{w_t P_t}$$

Empresa de bens finais

Empresa de bens finais: definições

Existe um contínuo de empresas intermediarias, indexadas por $k \in [0, 1]$, cada uma produzindo um bem diferente. O contínuo de bens intermediarios produzidos em t, $Y_t(k)$ (com preço $P_t(k)$), $k \in [0, 1]$, é "empacotado" por uma empresa de bens finais e se torna os bens finais em t, Y_t.

Empresa de bens finais: maximização de lucro

A função de produção e os custos se dão por

$$Y_t = \left[\int_0^1 Y_t(k)^{\frac{\psi-1}{\psi}} dk\right]^{\frac{\psi}{\psi-1}} \qquad C_t = \int_0^1 P_t(k) Y_t(k) dk$$

os lucros, portanto, se dão pela expressão

$$P_t Y_t - C_t$$

e o problema de maximização é

$$\max_{\{Y_t(k)\}} P_t \left[\int_0^1 Y_t(k)^{\frac{\psi-1}{\psi}} dk\right]^{\frac{\psi}{\psi-1}} - \int_0^1 P_t(k) Y_t(k) dk$$

Empresas de bens finais: demanda por produtos intermediários e regra de precificação

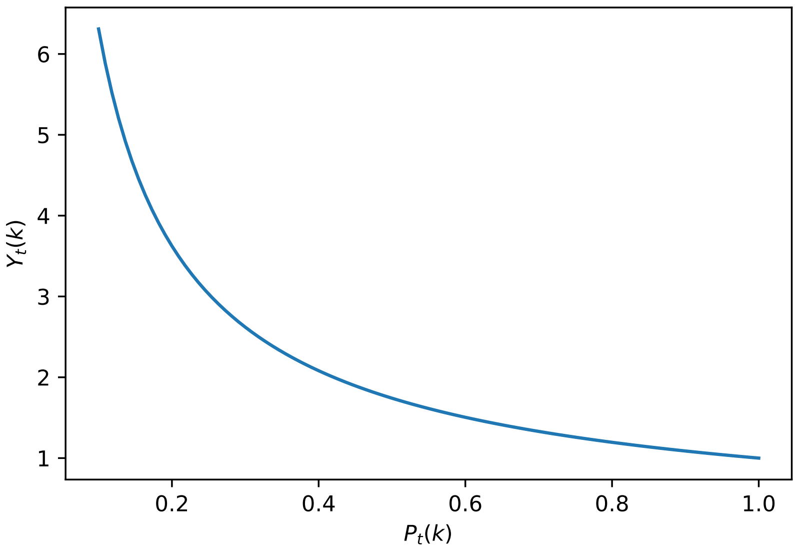
Resolvendo o problema de maximização cheamos à demanda da empresa de bens finais por produtos das empresas de bens intermediários

$$Y_t(k) = Y_t \left(\frac{P_t}{P_t(k)} \right)^{\psi}$$

e à regra de preficiação dos bens finais

$$P_t = \left[\int_0^1 P_t(k)^{1-\psi} dk \right]^{\frac{1}{1-\psi}}$$

Figura: Demanda da empresa final por produtos das empresas intermediárias



Empresas de bens intermediários

Empresas de bens intermediários: função de produção

$$Y_t(k) = \lambda K_t^{\theta}(k) H_t^{1-\theta}(k), \quad \ln \lambda_{t+1} = \gamma \ln \lambda_t + \epsilon_{t+1}^{\lambda}$$

onde $K_t(k)$ e $H_t(k)$ são o capital e o trabalho empregados pela empresa k em t.

Propriedades

- Produtividade marginal decrescente em cada um dos fatores
- Retornos constantes de escala

Figura: Função de produção: capital

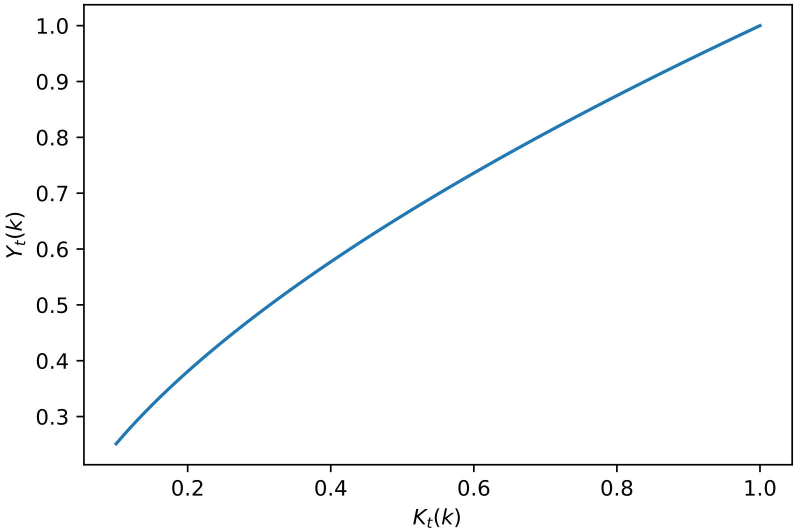
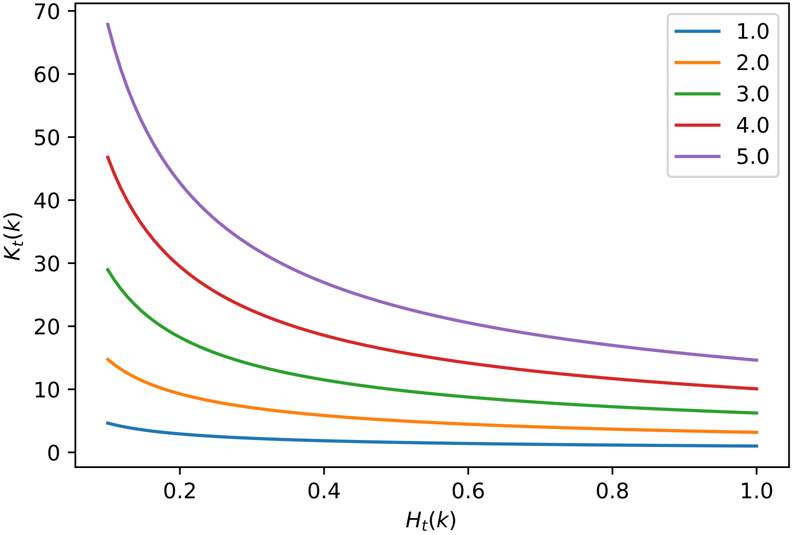


Figura: Função de produção: capital



Empresas de bens intermediários: problema de minização

Uma empresa que está maximizando a expressão acima está, ao mesmo tempo, minimizando custos. O problema de minimização de custos é

$$\min_{K_{t+i}(k),H_{t+i}(k)} r_{t+i}K_{t+i}(k) + w_{t+i}H_{t+i}(k)$$

sujeito à tecnologia de produção

$$Y_{t+i}(k) = \lambda_{t+i}K^{\theta}_{t+i}(k)H^{1-\theta}_{t+i}(k)$$

A minimização resulta na expressão

$$\frac{(1-\theta)r_{t+i}}{\theta w_{t+i}} = \frac{H_{t+i}(k)}{K_{t+i}(k)}$$

Empresas de bens intermediários: demandas por trabalho e capital

Combinando a última expressão com a função de produção, chegamos à demanda da empresa k por trabalho,

$$H_{t+i}(k) = \frac{Y_{t+i}(k)}{\lambda_{t+i}} \left[\frac{r_{t+i}(1-\theta)}{w_{t+i}\theta} \right]^{\theta}$$

e à sua demanda por capital,

$$K_{t+i}(k) = \frac{Y_{t+i}(k)}{\lambda_{t+i}} \left[\frac{r_{t+i}(1-\theta)}{w_{t+i}\theta} \right]^{\theta-1}$$

Empresas de bens intermediários: função de custo

Substituindo as demandas na função de custo chegamos em

$$r_{t+i}\frac{Y_{t+i}(k)}{\lambda_{t+i}}\left[\frac{r_{t+i}(1-\theta)}{w_{t+i}\theta}\right]^{\theta}+w_{t+i}\frac{Y_{t+i}(k)}{\lambda_{t+i}}\left[\frac{r_{t+i}(1-\theta)}{w_{t+i}\theta}\right]^{\theta-1}$$

que pode ser escrita como a expressão para os custos reais da empresa k quando produz a quantidade de bens $Y_{t+i}(k)$,

$$\frac{w_{t+i}}{(1-\theta)\lambda_{t+i}}\left[\frac{r_{t+i}(1-\theta)}{w_{t+i}\theta}\right]^{\theta}Y_{t+i}(k)$$

Empresas de bens intermediários: rigidez de preços

A cada período t, uma fração $0 < 1 - \rho < 1$ de empresas selecionadas aleatoriamente podem escolher seu preço para o período t, $P_t^*(k)$. A outra fração ρ de empresas seguem uma "rule of thumb", onde o preço $P_t(k)$ é simplesmente o preço do período anterior, $P_{t-1}(k)$.

Empresas de bens intermediários: problema de maximização

Uma vez que o preço é definido no em t, há uma probabilidade de ρ^i para cada período $t+i$ de o preço continuar o mesmo. A empresa leva esse fato em consideração na escolha de preço em t. Uma empresa que escolhe o preço em t escolherá o preço $P_t^*(k)$ de forma a maximizar

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \rho^i \left[P_t^*(k) Y_{t+i} \left(\frac{P_{t+i}}{P_t^*(k)} \right)^{\psi} - P_{t+i} r_{t+i} K_{t+i}(k) - P_{t+i} w_{t+i} H_{t+i}(k) \right]$$

sujeito a

$$Y_{t+i} \left(\frac{P_{t+i}}{P_t^*(k)} \right)^{\psi} = \lambda_{t+i} K_{t+i}^{\theta}(k) H_{t+i}^{1-\theta}(k)$$

A restrição de produção mostra que em cada período a empresa produzirá todos os bens demandados ao preço corrente.

Empresas de bens intermediários: valor de mercado

O que a empresa maximiza não é o seu valor de mercado. O valor de mercado da firma depende das expectativas sobre o lucro gerado quando a empresa escolher o preço no futuro.

O preço que a empresa escolhe no futuro é independente da escolha de hoje, então escolhas futuras de preços não entram no problema de maximização.

De qualquer modo, seguir a estratégia de maximização explicitada acima cada vez que houver a oportunidade de escolher preço levará à maximização do valor de mercado da empresa.

Empresas de bens intermediários: problema de maximização - cont

Lembrando que

$$\frac{w_{t+i}}{(1-\theta)\lambda_{t+i}}\left[\frac{r_{t+i}(1-\theta)}{w_{t+i}\theta}\right]^{\theta} Y_{t+i}(k)$$

e

$$E_t\sum_{i=0}^{\infty}\beta^i\rho^i\left[P_t^*(k)Y_{t+i}\left(\frac{P_{t+i}}{P_t^*(k)}\right)^{\psi}-P_{t+i}r_{t+i}K_{t+i}(k)-P_{t+i}w_{t+i}H_{t+i}(k)\right]$$

Os custos totais podem ser substituidos na expressão do problema de maximização. O resultado é que uma empresa intermediária quer resolver

$$\max_{P_t^*(k)} E_t\sum_{i=0}^{\infty}(\beta\rho)^i Y_{t+i}\left(\frac{P_{t+1}}{P_t^*(k)}\right)^{\psi}\left[P_t^*(k)-\frac{P_{t+i}w_{t+i}}{(1-\theta)\lambda_{t+i}}\left[\frac{r_{t+i}(1-\theta)}{w_{t+i}\theta}\right]^{\theta}\right]$$

Empresas de bens intermediários: precificação

O resultado importante do problema de maximização é a regra de precificação para a empresa intermediária k em t

$$P_t^*(k) = \frac{\psi}{\psi - 1} \frac{E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\beta\rho)^i P_{t+i} Y_{t+i}(k) \frac{w_{t+i}}{(1-\theta)\lambda_{t+i}} \left[\frac{r_{t+i}(1-\theta)}{w_{t+i}^{\theta}} \right]^{\theta}}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\beta\rho)^i Y_{t+i}(k)}$$

Empresas de bens finais: preço

Lembrando que

$$P_t = \left[\int_0^1 P_t(k)^{1-\psi} dk \right]^{\frac{1}{1-\psi}}$$

Combinandao a equação de precificação de bens finais, o fato que todas as empresas de bens intermediários escolhem o mesmo preço, e que todas as empresas de bens finais que não ajustam o preço mantém o mesmo do período anterior, chegamos na expressão para o nível de preços geral da economia

$$P_t^{1-\psi} = \rho P_{t-1}^{1-\psi} + (1-\rho) \left(P_t^* \right)^{1-\psi}$$

Condições de equilíbrio

Condições de equilíbrio: famílias

Já que todas as famílias são identicas e existe uma massa de uma unidade de famílias, no equilíbrio a economia precisa preencher as condições

$$C_t = c_t^i$$

$$K_t = k_t^i$$

$$H_t = h_t^i$$

$$M_t = m_t^i$$

Condições de equilíbrio: mercado de trabalho

Equilíbrio no mercado de fatores requer que a oferta seja igual à demanda tanto para trabalho quanto para capital. No mercado de trabalho, o equilíbrio requer que

$$H_t = \int_0^1 H_t(k)dk$$

já que a demanda por trabalho de uma empresa intermediária é dada por

$$H_t(k) = \frac{Y_t(k)}{\lambda_t}\left[\frac{r_t(1-\theta)}{w_t\theta}\right]^{\theta}$$

a condição de equilíbrio para o mercado de trabalho é

$$H_t = \frac{1}{\lambda_t}\left[\frac{r_t(1-\theta)}{w_t\theta}\right]^{\theta}\int_0^1 Y_t(k)dk$$

Condições de equilíbrio: mercado de capital

No mercado de capital

$$K_t = \int_0^1 K_t(k)dk$$

já que a demanda por trabalho de uma empresa intermediária é dada por

$$K_t(k) = \frac{Y_{t+i}(k)}{\lambda_{t+i}} \left[\frac{r_t(1-\theta)}{w_t\theta} \right]^{\theta}$$

a condição de equilíbrio para o mercado de trabalho é

$$K_t = \frac{1}{\lambda_t} \left[\frac{r_t(1-\theta)}{w_t\theta} \right]^{\theta-1} \int_0^1 Y_t(k)dk$$

Condições de equilíbrio: lucros

Já que todas as famílias donas das empresas intermediárias de forma igual, lucros agregados pagos às famílias são

$$P_t\xi_t = \int_0^1 P_t(k)Y_t(k)dk - P_t\frac{w_t}{(1-\theta)\lambda_t}\left[\frac{r_t(1-\theta)}{w_t\theta}\right]\theta\int_0^1 Y_t(k)dk$$

Já que as empresas finais são perfeitamente competitivas e não produzem lucros

$$P_tY_t = \int_0^1 P_t(k)T_t(k)dk$$

substituindo essa expressão na equação dos lucros totais e removendo o preço atual, P_t, chegamos aos lucros excessivos

$$\xi_t = Y_t - \frac{w_t}{(1-\theta)\lambda_t}\left[\frac{r_t(1-\theta)}{w_t\theta}\right]\theta\int_0^1 Y_t(k)dk$$

O modelo completo

O modelo completo

O modelo completo é encontrado combinando as condições de primeira ordem das famílias agregadas e suas restrições orçamentárias, as condições de primeira ordem das empresas intermediárias and sua restrição orçamentária, a regra de precificação de bens finais, as condições de agragação e a regra de crescimento da base monetária.

O modelo completo - famílias

Condições de primeira ordem das famílias

$$\frac{B}{w_t} = E_t\left[\frac{B\beta}{w_{t+1}}\left(r_{t+1} + (1-\gamma)\right)\right]$$

e

$$-E_t\left[\frac{\beta}{c^i_{t+1}P_{t+i}}\right] = \frac{B}{w_t P_t}$$

Restrição *cash-in-advance* agregada

$$P_t C_t = g_t M_{t-1}$$

O modelo completo - famílias

Restrição orçamentária real agregada

$$K_{t+i} + \frac{M_t}{P_t} = w_t H_t + r_t K_t + \xi_t + (1 - \delta) K_t$$

Usamos o fato de que toda a renda vai para as famílias e soma para a produção

$$Y_t = w_t H_t + r_t K_t + \xi_t$$

e assim a restrição orçamenária real será

$$K_{t+1} + \frac{M_t}{P_t} = Y_t + (1 - \gamma) K_t$$

O modelo completo - empresas intermediárias

Regra de precificação para empresas intermediárias que escolhem preço em t

$$P_t^*(k) = \frac{\psi}{\psi - 1} \frac{E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\beta\rho)^i P_{t+i} Y_{t+i}(k) \frac{w_{t+i}}{(1-\theta)\lambda_{t+i}} \left[\frac{r_{t+i}(1-\theta)}{w_{t+i}^{\theta}}\right]^{\theta}}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\beta\rho)^i Y_{t+i}(k)}$$

Condição de primeira ordem para minimização de custos

$$\frac{(1-\theta) r_{t+i}}{\theta w_{t+i}} = \frac{H_{t+i}(k)}{K_{t+i}(k)}$$

Função de produção agregada

$$\int_0^1 Y_t(k) dk = \lambda K_t^{\theta} H_t^{1-\theta}$$

O modelo completo - empresas finais

Preço do bem final

$$P_t^{1-\psi} = \rho P_{t-1}^{1-\psi} + (1-\rho)\left(P_t^*\right)^{1-\psi}$$

O modelo completo - base monetária e processos estocásticos

Regra de crescimento da base monetária

$$M_t = g_t M_{t-1}$$

Processo estocástico do crescimento da base monetária

$$\ln g_{t+1} = \pi \ln g_t + \epsilon_{t+1}^g$$

Processo estocástico da tecnologia

$$\ln \lambda_{t+1} = \gamma \ln \lambda_t + \epsilon_{t+1}^\lambda$$

Resolução do modelo

Resolução do modelo: passos

- Estado estacionário
- Linearização logarítmica
- Resolução

Estado estacionário

Estado estacionário: definição

O estado estacionário se da quando os choques são nulos, ou seja

$$\lambda_t = \bar{\lambda} = 1$$

e

$$g_t = \bar{g} = 1$$

Estado estacionário: condições de primeira ordem das famílias

As condições de primeira ordem das famílias são

$$\frac{1}{\beta} = \bar{r} + (1 - \theta)$$

e

$$\beta \bar{w} = -B\bar{C}$$

Estado estacionário: restrições das famílias

As restrições (de dinheiro adiantado e orçamentária) das famílias são

$$\bar{C} = \frac{\bar{M}}{\bar{P}}$$

e

$$\frac{\bar{M}}{\bar{P}} = \bar{w}\bar{H} + \bar{\xi} + (\bar{r} - \delta)\bar{K} = \bar{Y} - \delta\bar{K}$$

Estado estacionário: preços e demanda por bens finais

A regra de determinação de preços finais se torna

$$\bar{P}_t^{1-\psi} = \rho \bar{P}_{t-1}^{1-\psi} + (1-\rho)\left(\bar{P}_t^*\right)^{1-\psi}$$

ou

$$\bar{P} = \bar{P}^*(k) = \bar{P}(k)$$

Substituindo a equação acima da função de demanda por bens intermediários nós temos

$$\bar{Y}(k) = \bar{Y}\left(\frac{\bar{P}}{\bar{P}(k)}\right)^{\psi} = \bar{Y}$$

Estado estacionário: regra de precificação de bens intermediários

$$\bar{P}_t^* = \frac{\psi}{\psi - 1}\bar{P}\frac{\bar{w}}{(1-\theta)\bar{\gamma}}\left[\frac{\bar{r}(1-\theta)}{\bar{w}\theta}\right]^\theta$$

ou

$$\frac{\psi}{\psi - 1} = \frac{1}{\frac{\bar{w}}{(1-\theta)}\left[\frac{\bar{r}(1-\theta)}{\bar{w}\theta}\right]^\theta}$$

Estado estacionário: salário e demandas por trablho e capital

O salário no estado estacionário é

$$\bar{w} = \left[\frac{(\psi - 1)(1 - \theta)^{1-\theta}\theta^{\theta}}{\psi \bar{r}^{\theta}} \right]^{\frac{1}{1-\theta}}$$

A demanda por trabalho é

$$\bar{H} = \left[\frac{\bar{r}(1 - \theta)}{\bar{w}\theta} \right]^{\theta} \bar{Y}$$

A demanda por capital é

$$\bar{K} = \left[\frac{\bar{r}(1 - \theta)}{\bar{w}\theta} \right]^{\theta-1} \bar{Y}$$

Estado estacionário: lucros e produto

Os lucros se dão por

$$\bar{\xi} = \bar{Y}\left(1 - \frac{\bar{w}}{(1-\theta)}\left[\frac{\bar{r}(1-\theta)}{\bar{w}\theta}\right]^{\theta}\right) = \frac{\bar{Y}}{\psi}$$

O produto se da por

$$\bar{Y} = \frac{-\beta\bar{w}}{B\left(\bar{w}\left[\frac{\bar{r}(1-\theta)}{\bar{w}\theta}\right]^{\theta} + \frac{1}{\psi} + (\bar{r}-\gamma)\left[\frac{\bar{r}(1-\theta)}{\bar{w}\theta}\right]^{\theta-1}\right)}$$

Linearização logarítmica

Linearização logarítmica: definição

$$\tilde{X}_t = \ln X_t - \ln \bar{X}$$

Linearização logarítmica: sistema de equações

$$0 = \tilde{w}_t + \beta\bar{r}E_t\tilde{r}_{t+1} - E_t\tilde{w}_{t+1}$$

$$0 = \tilde{M}_t - \tilde{M}_{t-1} - \tilde{g}_t$$

$$0 = \beta E_t\tilde{P}_{t+1} + \frac{(1-\theta)(1-\rho)(1-\beta\rho)}{\rho}\tilde{w}_t - \frac{(1-\rho)(1-\beta\rho)}{\rho}\tilde{\lambda}_t$$

$$+\frac{\theta(1-\rho)(1-\beta\rho)}{\rho}\tilde{r}_t - (1+\beta)\tilde{P}_t + \tilde{P}_{t-1}$$

$$0 = \tilde{g}_t + \tilde{M}_{t-1} - \tilde{P}_t - \tilde{C}_t$$

$$0 = \bar{Y}\tilde{Y}_t + (1-\delta)\bar{K}\tilde{K}_t - \bar{K}\tilde{K}_{t+1} - \frac{\bar{M}}{\bar{P}}\tilde{M}_t + \frac{\bar{M}}{\bar{P}}\tilde{P}_t$$

$$0 = \tilde{w}_t + \tilde{P}_t - \tilde{M}_t - \pi\tilde{g}_t$$

$$0 = \tilde{\lambda}_t + (1-\theta)\tilde{H}_t + \theta\tilde{K}_t - \tilde{Y}_t$$

$$0 = \tilde{H}_t = \tilde{w}_t - \tilde{K}_t - \tilde{r}_t$$

Resolução

Resolução: definições

$$x_t = [\tilde{K}_{t+1}, \tilde{M}_t, \tilde{P}_t]$$

$$y_t = [\tilde{r}_t, \tilde{w}_t, \tilde{C}_t, \tilde{Y}_t, \tilde{H}_t]$$

$$z_t = [\tilde{\lambda}_t, \tilde{g}_t]$$

Resolução: sistema de equações

$$0 = Ax_t + Bx_{t-1} + Cy_t + Dz_t$$

$$0 = E_t[Fx_{t+1} + Gx_t + Hx_{t-1} + Jy_{t+1} + Ky_t + Lz_{t+1} + Mz_t]$$

$$z_{t+1} = Nz_t + \epsilon_{t+1}$$

Resolução: solução

$$
\begin{aligned}
x_{t+1} &= Px_t + Qz_t \\
y_t &= Rx_t + Sz_t
\end{aligned}
$$

Resultados

Resultados: respostas a um choque tecnológico

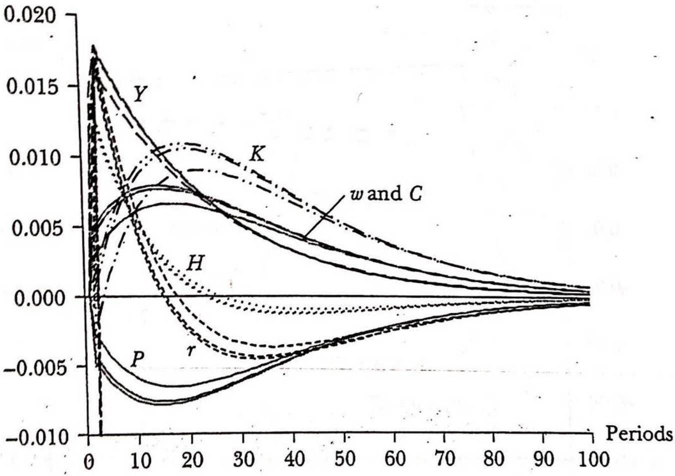
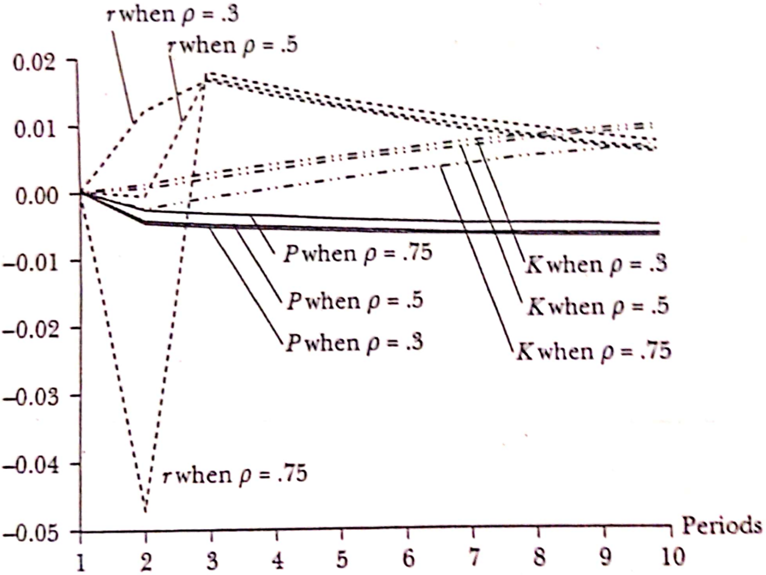


FIGURE 10.1 Responses of the model's variables to a technology shock: $\rho =$ .3, .5, .75

Resultados: respostas a um choque tecnológico - continuação



Resultados: respostas a um choque de crescimento monetário

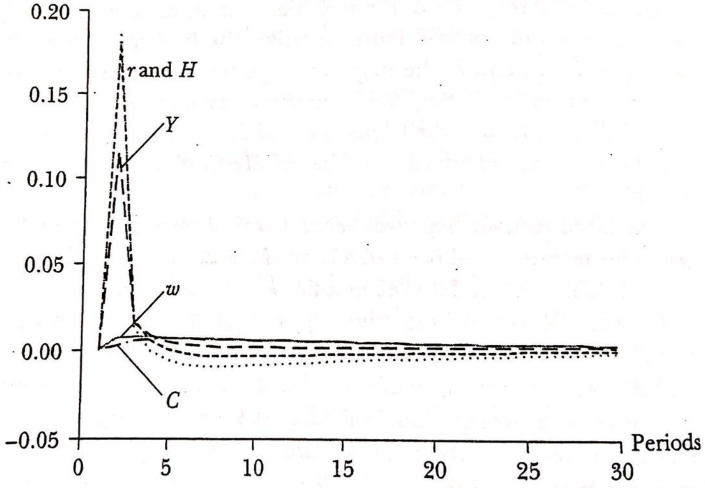


FIGURE 10.4 Response to a .01 money growth shock for economy where $\rho = .75$

Resultados: respostas a um choque de crescimento monetário - continuação

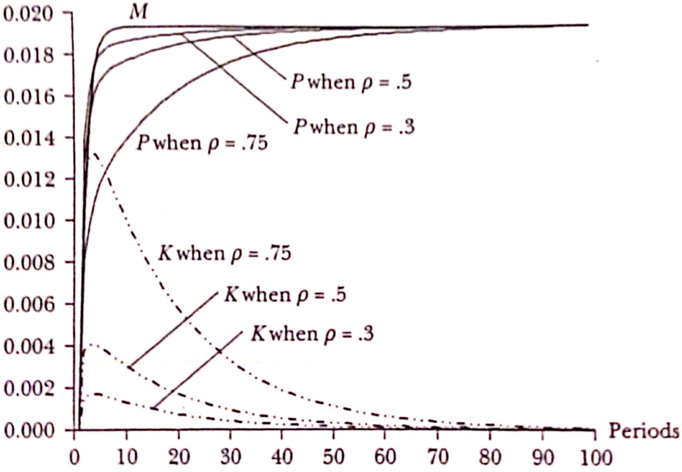


FIGURE 10.6 Responses of money, prices, and capital to a money growth shock for economies with $\rho = .3$, $.5$, and $.75$

FIM