



Curso On-Line de Economia

Intensivo de Revisão e Exercícios 2024

Aulas 22A e 22B/42 – Modelo de Solow II. Schumpeter.

O modelo básico de Solow mostra que a acumulação de capital não explica sozinha o crescimento econômico contínuo.

Uma alta taxa de poupança eleva temporariamente o crescimento, mas a economia **acaba alcançando um estado estacionário em que o capital e a produção se mantêm constantes.**

Vamos admitir, a partir de agora, que **a população e a população economicamente ativa** crescem a uma **taxa constante n .**

- Um aumento da **taxa de crescimento da população REDUZ o nível do capital per capita, k , e do produto per capita, y , do estado estacionário.**
- Um aumento da taxa de crescimento da população **aumenta a taxa de crescimento do produto agregado do estado estacionário.**

Como o crescimento populacional afeta o estado estacionário?

Para responder esta pergunta, devemos avaliar como o crescimento da população, juntamente com o investimento e a depreciação, influencia a acumulação de capital por trabalhador.

O investimento eleva o estoque de capital e a depreciação o reduz.

Lembrando que:

$y = K/L$ é o capital por trabalhador

$y = Y/L$ é a produção por trabalhador

Mas agora há uma terceira força que modifica a quantidade de capital por trabalhador: **o crescimento do número de trabalhadores faz com que o capital por trabalhador diminua.**

Considerando que o número de trabalhadores cresce com o tempo, a variação do estoque de capital por trabalhador é: $\Delta k = i - (\delta + n)k$

Esta equação mostra como o novo investimento, a depreciação e o crescimento da população influenciam o estoque de capital por trabalhador. **O novo investimento aumenta k , enquanto a depreciação e o crescimento da população o reduzem (ver sinal das variáveis).**



Assim, o termo $(\delta + n)k$ define o **investimento de manutenção**, a quantidade de investimento necessária para manter constante o estoque de capital por trabalhador.

$$\Delta k = i - (\delta + n)k$$

δ = depreciação
 δk = depreciação do capital
 n = população
 nk = n novos trabalhadores
 k = capital
 I = investimento

O **investimento de manutenção** compreende a depreciação do capital existente, que é igual a δk . Também compreende a quantidade de investimento necessária para proporcionar capital aos novos trabalhadores.

A **quantidade de investimento necessária para este fim é nk** , porque há n novos trabalhadores para cada trabalhador existente e porque k é a quantidade de capital para cada trabalhador.

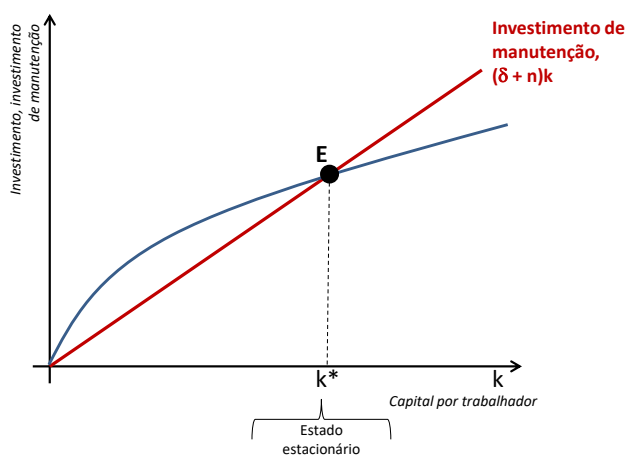
A equação mostra que o crescimento da população reduz a acumulação de capital por trabalhador de uma forma muito parecida com a depreciação.

A depreciação reduz k ao desgastar o estoque de capital, enquanto o **crescimento demográfico reduz k ao repartir o estoque de capital entre um número maior de trabalhadores.**

O **crescimento da população** é, assim como a depreciação, uma das razões pelas quais o estoque de capital por trabalhador diminui.

Se n é a taxa de crescimento da população e δ é a taxa de depreciação, $(\delta + n)k$ é o **investimento de manutenção**, ou seja, a quantidade de investimento necessária para manter constante o estoque de capital por trabalhador, k . Para que a economia se encontre em um novo estado estacionário, o investimento $sf(k)$ deve compensar os efeitos da depreciação e do crescimento da população $(\delta + n)k$. Este ponto é o ponto E do gráfico.

O crescimento da população no Modelo de Solow





Nossa análise com crescimento da população é muito parecida com a anterior. Primeiro, substituímos i por $sf(k)$. A equação pode expressar-se da seguinte forma:

$$\Delta k = sf(k) - (\delta + n)k$$

No estado estacionário, o efeito positivo que o investimento produz no estoque de capital por trabalhador compensa exatamente os efeitos negativos da depreciação e do crescimento da população. Ou seja, em k^* , $\Delta k = 0$ e $i^* = \delta k^* + nk^*$.

Uma vez que a economia se encontre em seu estado estacionário, o investimento terá dois fins:

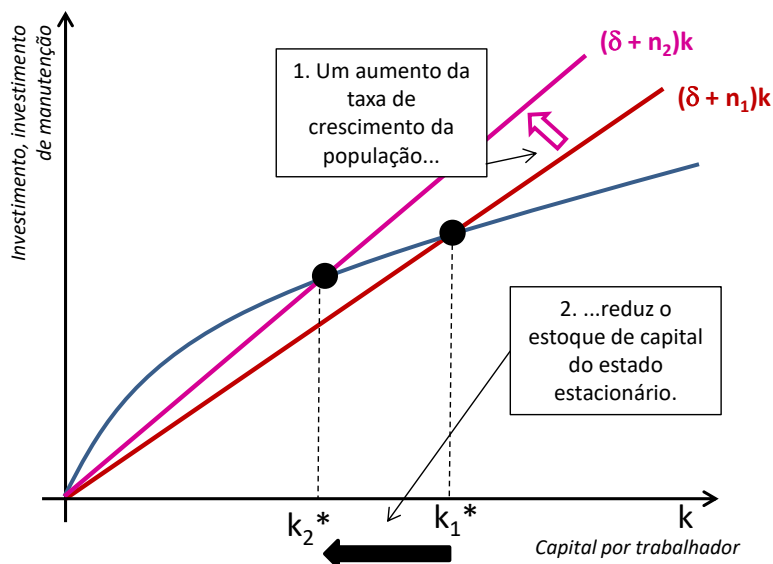
1. Uma parte (δk^*) **repõe o capital depreciado**;
2. O resto (nk^*) proporciona aos novos trabalhadores a quantidade de capital correspondente ao estado estacionário.

Os efeitos do crescimento populacional

Um aumento da taxa de crescimento da população de n_1 para n_2 desloca a reta que representa o crescimento da população e a depreciação em sentido ascendente. **O novo estado estacionário k_2^* tem um nível mais baixo de capital por trabalhador do que o inicial k_1^* .**

Portanto, o modelo de Solow diz que as economias que tem umas taxas mais altas de crescimento da população apresentam níveis mais baixos de capital por trabalhador, y , e, portanto, rendas menores.

O crescimento da população no Modelo de Solow



Considerando que a produção do estado estacionário é $f(k^*)$ e o investimento do estado estacionário é $(\delta + n)k^*$, podemos expressar o consumo correspondente ao estado estacionário da seguinte forma:

$$c^* = f(k^*) - (\delta + n)k^*$$



Recordemos que $PMgK = \delta$, ou seja, no nível de capital da regra de ouro, o produto marginal do capital é igual à taxa de depreciação.

Considerando o crescimento da população, no estado estacionário da regra de ouro, o produto marginal do capital, uma vez descontada a depreciação, é igual à taxa de crescimento da população, ou seja, $PMgK - \delta = n$.

Acrescentaremos **a análise dos efeitos das mudanças tecnológicas no modelo**.
O progresso tecnológico não é explicado e sim, considerado como dado exogenamente. Veremos como ele se relaciona com as outras variáveis no processo de crescimento econômico.

O avanço tecnológico no Modelo de Solow

O **progresso técnico exógeno aumenta** com o tempo **a capacidade de produção da economia**.

A eficiência do trabalho

Para que possamos incorporar o progresso tecnológico, devemos voltar à função de produção que relaciona o capital total, K , e o trabalho total, L , com a produção total, Y . Até agora, a função de produção era: $Y = F(K, L)$

Agora a expressaremos da seguinte forma: $Y = F(K, L \times E)$

Onde E é uma nova variável (um pouco abstrata) chamada de **eficiência do trabalho**.

A eficiência do trabalho pretende refletir os conhecimentos da sociedade sobre os métodos de produção. **Conforme a tecnologia existente melhora, a eficiência do trabalho aumenta e cada hora de trabalho resulta em uma produção de bens e serviços maior.**

Podemos interpretar que o termo $L \times E$ mede o número de trabalhadores efetivos.

Consideramos o número de trabalhadores reais como L e a eficiência de cada um, E .

Assim, L mede o número de trabalhadores que há na população ativa, enquanto $L \times E$ mede tanto os trabalhadores como a tecnologia com que se equipa o trabalhador representativo.

$$Y = F(K, L \times E)$$

Esta nova função de produção estabelece que a produção total, Y , depende da quantidade de capital, K , e da quantidade de **trabalhadores efetivos, $L \times E$** .

A hipótese mais simples sobre o progresso tecnológico é o que considera que **a eficiência do trabalho, E , cresce a uma taxa constante, g** . Por exemplo, se $g = 0,02$, cada unidade de trabalho fica 2% mais eficiente a cada ano: a produção aumenta como se a população ativa fosse sido aumentada em 2% mais do que realmente aumentou.

Diz-se que **este tipo de progresso tecnológico aumenta a eficiência do trabalho** e g é a taxa de progresso tecnológico que aumenta a eficiência do trabalho.



Como a população ativa L está crescendo a uma taxa n e a eficiência de cada unidade de trabalho, E , a taxa g , **o número de trabalhadores efetivos, $L \times E$, está crescendo a taxa $n + g$.**

O estado estacionário com progresso tecnológico

O que acontece com o acréscimo do progresso tecnológico é semelhante ao que acontece com o aumento populacional. O progresso tecnológico não provoca o aumento do número de trabalhadores reais, mas como cada trabalhador gera um número maior de unidades de trabalho com o tempo, **o progresso tecnológico faz com que o número de trabalhadores efetivos aumente.**

Quando não havia progresso tecnológico, analisamos a economia em quantidades por trabalhador. Agora podemos generalizar este enfoque analisando a economia em quantidades por trabalhador efetivo.

Agora $k = K/(L \times E)$ representa o capital por trabalhador efetivo e $y = Y/(L \times E)$ a produção por trabalhador efetivo.

Com estas definições, podemos escrever novamente $y = f(k)$

Analisamos a economia exatamente como fizemos quando analisamos o crescimento da população. A equação que mostra a evolução de K com o tempo agora é:

$$\Delta k = sf(k) - (\delta + n + g)k$$

A variação do estoque de capital Δk é, como antes, o investimento $sf(k)$ menos o investimento de manutenção $(\delta + n + g)k$.

$$\Delta k = sf(k) - (\delta + n + g)k$$

No entanto, como agora $k = K/E \times L$, **o investimento de manutenção inclui três termos.** Para manter constante k , é necessário:

- δk para repor o capital depreciado
- nk para proporcionar capital aos novos trabalhadores
- gk para proporcionar capital aos novos trabalhadores efetivos criados pelo progresso tecnológico.

A inclusão do progresso tecnológico não altera muito nossa análise do estado estacionário. Há um nível de k , representado por k^* , em que o capital por trabalhador efetivo e a produção por trabalhador efetivo são constantes. Este estado estacionário representa, como antes, o equilíbrio da economia no longo prazo.

O progresso tecnológico que aumenta a eficiência do trabalho a uma taxa g entra em nossa análise de uma forma parecida ao crescimento populacional.

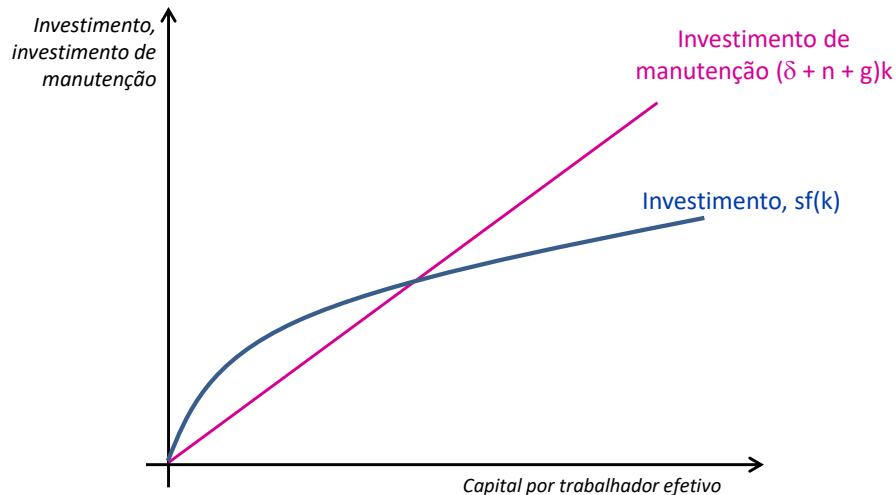
Agora que k é a quantidade de capital por trabalhador efetivo, um aumento do número de trabalhadores efetivos provocado pelo progresso tecnológico tende a reduzir k .

No estado estacionário, o investimento, $sf(k)$ contraria as reduções de k atribuíveis



à depreciação, ao crescimento da população e ao progresso tecnológico.

Progresso tecnológico e o modelo de crescimento de Solow



Os efeitos do progresso tecnológico

O quadro seguinte mostra como se comportam quatro variáveis chave no estado estacionário com progresso tecnológico.

O capital por trabalhador efetivo, k , é constante no estado estacionário. Dado que $y = f(k)$, **a produção por trabalhador efetivo também é constante.**

São estas quantidades por trabalhador efetivo que são constantes no estado estacionário. Desta informação também podemos deduzir o que ocorre com as outras variáveis que não se expressam por trabalhador efetivo.

Por exemplo, a produção por trabalhador real $Y/L = y \times E$. Como y é constante no estado estacionário e E está crescendo a uma taxa g , **a produção por trabalhador também deve estar crescendo a taxa g no estado estacionário.**

Da mesma forma, **a produção total da economia é $Y = y \times (E \times L)$.** Como y é constante no estado estacionário, E está crescendo a taxa g e L está crescendo a taxa n , **a produção total cresce a uma taxa $n + g$ no estado estacionário.**

Com a introdução do progresso tecnológico, nosso modelo pode explicar finalmente os contínuos aumentos do nível de vida que podemos observar.

O progresso tecnológico pode gerar um crescimento contínuo da produção por trabalhador. Segundo o Modelo de Solow, o progresso tecnológico é, portanto, o único que pode explicar os níveis de vida continuamente crescentes.

Por outro lado, uma elevada taxa de poupança gera uma elevada taxa de crescimento somente até que se alcance o estado estacionário.

Uma vez que a economia se encontre nele, a taxa de crescimento da produção por trabalhador depende unicamente da taxa de progresso tecnológico.



Variável	Equação	Taxa de crescimento no estado estacionário
Capital por trabalhador efetivo	$k = K/(E \times L)$	0
Produção por trabalhador efetivo	$y = Y/(E \times L) = f(k)$	0
Produção por trabalhador	$Y/L = y \times E$	g
Produção total	$Y = y \times (E \times L)$	$n + g$

A introdução do progresso tecnológico também modifica o critério para alcançar a regra de ouro. Agora, o nível de capital da regra de ouro é o estado estacionário que maximiza o consumo por trabalhador efetivo.

Seguindo os mesmos argumentos de antes, podemos demonstrar que, no estado estacionário, o consumo por trabalhador efetivo é:

$$C^* = f(k^*) - (\delta + n + g)k^*$$

O consumo se maximiza no estado estacionário se:

$$PmgK = \delta + n + g \quad \text{ou}$$
$$PmgK - \delta = n + g$$

Ou seja, no nível de capital da regra de ouro, **o produto marginal líquido do capital, $PmgK - \delta$ é igual à taxa de crescimento da produção total, $n + g$.**

Como nas economias reais há crescimento demográfico e progresso tecnológico, devemos usar o critério para saber se teremos mais ou menos capital que o do estado estacionário da regra de ouro.

A tecnologia aumenta o capital por trabalhador já que aumenta a produtividade.

No modelo de Solow, como vimos, a produção só poderia ser alterada mediante inclusão de novos fatores de produção ou por melhoria tecnológica.

Como o crescimento da força de trabalho é exógeno ao modelo, ou seja, ele cresce a uma taxa natural, é necessário que haja poupança per capita para que esses novos trabalhadores estejam igualmente equipados com capital em relação aos anteriores empregados. Essa poupança é utilizada para o **alargamento do capital**.

Também a poupança será utilizada para aumentar a relação capital/trabalho. A essa poupança, dá-se o nome de **aprofundamento do capital**.

No estado estacionário, a poupança per capita é igual ao *alargamento do capital*, onde y e k são constantes.

O gráfico ilustra o modelo de Solow no estado estacionário. O eixo horizontal representa o capital por trabalhador (k) e o eixo vertical representa o investimento e a depreciação. Uma curva azul, rotulada 'Investimento, $sf(k)$ ', mostra o investimento por trabalhador. Uma linha magenta, rotulada 'Depreciação, δk ', mostra a taxa de depreciação por trabalhador. O ponto de equilíbrio ocorre onde as duas curvas se cruzam, correspondendo ao nível de capital k^* e ao nível de investimento/depreciação dk^* . Pontos adicionais k_1 , k_2 e dk_1 , dk_2 são marcados para demonstrar a convergência para o estado estacionário.



Hipótese de Convergência

Quanto mais pobre for um país, mais rapidamente ele tende a crescer, até chegar a um estado estacionário.

Solow afirmou que países mais pobres têm uma taxa de crescimento de capital e produto por unidade de eficiência maior que os países mais ricos, desde que esses países mais pobres apresentem um capital por trabalhador inferior ao do estado estacionário.

O fato foi consistente com países como Coreia e Japão, mas não explicou, por exemplo, o longo período de estagnação vivenciado por países africanos.

A hipótese da convergência afirma que, se dois países tiverem a mesma taxa de poupança e a mesma depreciação, estarão no mesmo ponto estacionário.

A justificativa para se defender a convergência entre países estava no fato da utilização de fatores de produção que estão sujeitos à Lei dos Rendimentos Marginais Decrescentes, o que faria a renda *per capita* dos países tenderem a igualar-se.

O produto por trabalhador tende a ser maior em países cuja relação capital/trabalho é maior. Mas o **rendimento do capital é maior em países cuja renda per capita é menor**. Por isso, **há um fluxo de capital de países de renda per capita maior para os de renda per capita menor**, elevando a relação **capital/trabalho**.

Ao contrário do capital, o trabalho seguiria um **fluxo inverso**, ou seja, de países pobres para países ricos, aumentando a convergência entre países.

Mas o que se verificou, na prática, é que a convergência não aconteceu e a distância entre países ricos e pobres não se reduziu.

Em outras palavras: "tal hipótese, no entanto, não se verificou na prática".

Resíduo de Solow

O Resíduo de Solow é uma forma de medir o progresso técnico ou aumento da produtividade total dos fatores.

Por definição, mudanças no nível de tecnologia explicam todas as mudanças na produtividade que não se devem a mudanças nos insumos ou crescimento da população.

Os insumos, os produtos, o aumento populacional são observáveis. Mas os níveis de tecnologia não. Assim, todo o crescimento que não é explicado pela mudança nos insumos é atribuído ao progresso técnico. Esta forma de medi-lo é denominado Resíduo de Solow.



Fomento ao progresso tecnológico

O modelo de Solow indica que o crescimento continuado da renda por trabalhador deve vir do progresso tecnológico. No entanto, considera que este é exógeno, não explica. Os determinantes do progresso tecnológico ficam sem a explicação adequada neste modelo.

Apesar disso, muitas medidas adotadas pelos governos tem por objetivo fomentar o progresso tecnológico. A maioria estimula o setor privado a dedicar recursos à inovação tecnológica. Por exemplo, o sistema de patentes pode conceder um monopólio temporário aos inventores de novos produtos, a legislação fiscal pode conceder isenções às empresas que fazem pesquisa e desenvolvimento.

O processo de destruição criativa – Joseph Schumpeter

Em seu livro *Capitalismo, socialismo e democracia*, publicado em 1942, Joseph Schumpeter sugeriu que o progresso econômico é produzido através de um processo de **destruição criativa**.

Segundo ele, a **força motriz do progresso é o empresário** que tem a ideia de um novo produto, de um novo método para produzir um produto existente ou de alguma outra inovação.

Quando o empresário comercializa seu novo produto, **tem certo grau de poder de monopólio sobre sua inovação**: assim, é a perspectiva de obter ganhos monopolísticos que o motiva.

A entrada de novas empresas é bom para os consumidores, que agora tem uma variedade maior de opções, mas é ruim para as empresas existentes, que podem ter dificuldades para competir.

Se o novo produto é suficientemente melhor do que os que já existem, **as antigas empresas podem chegar a ser expulsas do mercado**. O processo continua se renovando ao longo do tempo.

A **empresa inovadora se converte em uma empresa consolidada** que disfruta de uma elevada rentabilidade até que seu produto é substituído pelo produto de outro empresário que aparece com uma nova geração de inovações.

A história confirma a tese de Schumpeter de que **o progresso tecnológico beneficia a alguns e prejudica a outros**.

Diante da perspectiva de serem **vítimas da destruição criativa**, não é incomum ver a empresários de um setor recorrendo aos poderes públicos para impedir a entrada de novos competidores mais eficientes.

Restringir, por exemplo, a atuação de grandes empresas (WalMart) para impedir que os pequenos sejam prejudicados pode custar frear o ritmo do progresso tecnológico e o crescimento da produtividade.