

# 6 MODELO SIMPLES DO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO

O modelo neoclássico de crescimento nos permite pensar em por que alguns países são ricos enquanto outros são pobres, considerando a tecnologia e a acumulação de fatores como exógenos. O modelo de Romer fornece os fundamentos microeconômicos para um modelo de fronteira tecnológica e das razões do crescimento da tecnologia ao longo do tempo. Responde pormenorizadamente a nossas indagações relativas ao “motor do crescimento”. Neste capítulo, trataremos da questão lógica seguinte, que se relaciona com a maneira como a tecnologia se difunde entre países e porque a tecnologia adotada em alguns países é tão mais avançada do que em outros.

## 6.1 MODELO BÁSICO

O quadro que apresentaremos se desenvolve naturalmente em torno do modelo de Romer visto no Capítulo 5. O componente que acrescentaremos ao modelo é um caminho para a transferência de tecnologia. Tornaremos endógeno o mecanismo através do qual diferentes países adquirem a capacidade de usar vários bens de capital intermediários.

Como no modelo de Romer, os países obtêm um produto homogêneo,  $Y$ , utilizando mão-de-obra,  $L$ , e um conjunto de bens de capital,  $x_j$ . O “número” de bens de capital que os trabalhadores podem empregar é limitado pelo seu nível de qualificação,  $h$ :<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Esta função de produção é também considerada por Easterly, King *et al.* (1994).

$$Y = L^{1-\alpha} \int_0^h x_j^\alpha dj. \quad (6.1)$$

Mais uma vez, pense na integral como em um somatório. Um trabalhador altamente qualificado pode usar mais bens de capital do que um trabalhador pouco qualificado. Por exemplo, um trabalhador altamente qualificado pode usar máquinas-ferramentas computadorizadas que não são adequadas aos trabalhadores cujas qualificações estão abaixo de um certo nível.

No Capítulo 5, focalizamos a invenção de novos bens de capital como motor do crescimento da economia mundial. Aqui, nosso foco será oposto. Imaginaremos estar examinando o desempenho econômico de um único pequeno país, potencialmente bem afastado da fronteira tecnológica. Esse país cresce mediante o aprendizado da utilização dos bens de capital mais avançados que já estão disponíveis para o resto do mundo. Enquanto podemos considerar que o modelo do Capítulo 5 se aplica à OCDE ou ao mundo como um todo, esse modelo se aplica melhor a uma economia específica.

Uma unidade de qualquer bem de capital intermediário pode ser produzida com uma unidade de capital bruto. Para simplificar as coisas, vamos supor que essa transformação se faz sem esforço e que pode ser desmanchada também sem esforço. Assim,

$$\int_0^{h(t)} x_j(t) dj = K(t), \quad (6.2)$$

isto é, a quantidade total de bens de capital de todos os tipos empregada na produção é igual à oferta total de capital bruto. Os bens intermediários são tratados simetricamente no modelo, de modo que  $x_j = x$ , para todo  $j$ . Esse fato, junto com a equação (6.2) e a função de produção (6.1), implica que a tecnologia de produção agregada para essa tecnologia toma a forma da conhecida função Cobb-Douglas

$$Y = K^\alpha (hL)^{1-\alpha} \quad (6.3)$$

Observe que o nível de qualificação de um indivíduo,  $h$ , entra na equação tal como uma tecnologia aumentadora de mão-de-obra.

O capital,  $K$ , é acumulado mediante a renúncia ao consumo, e a equação da acumulação de capital é padrão:

$$\dot{K} = s_K Y - dK,$$

onde  $s_K$  é a participação do investimento no produto da economia (o restante se destina ao consumo) e  $d$  é uma constante exponencial maior que zero que representa a taxa de depreciação.

Nosso modelo difere daquele do Capítulo 3 em termos da acumulação de qualificações,  $h$ . Ali, o nível individual de qualificação era simplesmente função dos anos de escolaridade. Aqui, generalizaremos a idéia como se segue. "Qualificação" será definido agora como o conjunto de bens intermediários que uma pessoa aprendeu a utilizar. À medida que as pessoas progredem do uso de enxadas e bois para o uso de agrotóxicos e tratores, a economia cresce. As pessoas aprendem a usar os bens de capital mais avançados de acordo com

$$\dot{h} = \mu e^{\psi v} A^\gamma h^{1-\gamma}. \quad (6.4)$$

Nessa equação,  $u$  denota o tempo que uma pessoa destina à acumulação de qualificações em vez de trabalhar. Empiricamente, podemos pensar em  $u$  como em anos de escolaridade, embora seja óbvia a possibilidade de aprendizado de habilidades à margem da instrução formal.  $A$  representa a fronteira tecnológica mundial. É o índice dos bens de capital mais avançados inventados até o momento. Supomos que  $\mu > 0$  e  $0 < \gamma \leq 1$ .<sup>2</sup>

A equação (6.4) apresenta alguns aspectos que merecem comentário. Primeiro, observe que preservamos a estrutura exponencial básica da acumulação de qualificações. O dispêndio de tempo adicional na acumulação de qualificações aumentará proporcionalmente o nível de qualificações. Como no Capítulo 3, isso se destina a acompanhar a evidência microeconômica dos retornos à escolaridade. Segundo, os dois últimos termos sugerem que a variação na qualificação é a média (geométrica) ponderada do nível de qualificação na fronteira,  $A$ , e do nível individual de qualificação,  $h$ .

Para visualizar mais claramente as implicações da equação (6.4) quanto à acumulação de qualificações, podemos dividir ambos os lados por  $h$ :

$$\frac{\dot{h}}{h} = \mu e^{\psi u} \left(\frac{A}{h}\right)^\gamma. \quad (6.5)$$

Essa equação torna clara a hipótese implícita de que é mais difícil aprender a usar um bem intermediário que está correntemente próximo à fronteira. Quanto mais próximo da fronteira,  $A$ , estiver o nível de qualificação de uma pessoa,  $h$ , menor será a razão  $A/h$  e mais lenta será a sua acumulação de qualificações. Isso implica, por exemplo, que levava muito mais tempo aprender a usar computadores trinta anos atrás, quando era uma novidade, do que hoje.

Supõe-se que a fronteira tecnológica evolua em decorrência do investimento em pesquisa feito pelas economias avançadas. A partir dos resultados

<sup>2</sup> A equação (6.4) lembra uma relação analisada por Nelson e Phelps (1966) e, mais recentemente, por Bils e Klenow (1996).

do modelo de Romer, supomos que a fronteira tecnológica se expanda a uma taxa constante,  $g$ :

$$\frac{\dot{A}}{A} = g.$$

Um modelo mais completo permitiria que as pessoas escolhessem trabalhar seja no setor de bens finais seja no setor de pesquisa, como no Capítulo 5. Em um modelo como esse,  $g$  seria uma função dos parâmetros da função de produção de idéias e da taxa de crescimento da população mundial. Contudo, para simplificar a análise, não desenvolveremos essa versão mais completa. Nesse modelo, vamos imaginar que há no mundo um conjunto de idéias que podem ser usadas à vontade por qualquer país. A fim de tirar partido dessas idéias, todavia, o país precisa aprender a usá-las.

## 6.2 ANÁLISE DO ESTADO ESTACIONÁRIO

Como nos capítulos anteriores, vamos imaginar que a taxa de investimento da economia e o tempo que as pessoas destinam à acumulação de qualificações em vez de trabalhar são dados exogenamente e são constantes. É uma hipótese que se está tornando cada vez mais desagradável e que será analisada mais detidamente no próximo capítulo. Também suporemos que a força de trabalho da economia cresce à taxa exógena e constante  $n$ .

Para encontrar a trajetória de crescimento equilibrado dessa economia, pense na equação de acumulação de qualificações (6.5). Ao longo da trajetória de crescimento equilibrado, a taxa de crescimento de  $h$  deve ser constante. Uma vez que  $h$  entra na função de produção, equação (6.3), como uma tecnologia aumentadora de mão-de-obra, a taxa de crescimento de  $h$  determinará a taxa de crescimento do produto por trabalhador,  $y \equiv Y/L$ , e o capital por trabalhador,  $k \equiv K/L$ . Da equação (6.5) sabemos que  $\dot{h}/h$  será constante se, e apenas se,  $A/h$  for constante, de modo que  $h$  e  $A$  precisam crescer à mesma taxa. Portanto, temos

$$g_y = g_k = g_h = g_A = g, \quad (6.6)$$

onde, como de costume,  $g_x$  representa a taxa de crescimento da variável  $x$ . A taxa de crescimento da economia é dada pela taxa de crescimento do capital humano ou da qualificação e essa taxa de crescimento está condicionada pela taxa de crescimento da fronteira tecnológica mundial.

Para encontrar o nível de renda ao longo dessa trajetória de crescimento equilibrado, procedemos como habitualmente. A equação de acumulação de capital implica que, ao longo da trajetória de crescimento equilibrado, a razão capital-produto é dada por

$$\left(\frac{K}{Y}\right)^* = \frac{s_K}{n + g + d}.$$

Substituindo esses valores na função de produção, equação (6.3), depois de reescrevê-la em termos de produto por trabalhador, temos

$$y^*(t) = \left(\frac{s_K}{n + g + d}\right)^{\alpha/1-\alpha} h^*(t), \tag{6.7}$$

onde o asterisco (\*) é usado para representar as variáveis ao longo da trajetória de crescimento equilibrado. Tornamos explícito o fato de que  $y$  e  $h$  variam ao longo do tempo usando o índice  $t$ .

Ao longo da trajetória de crescimento equilibrado, a razão do nível de qualificação da nossa pequena economia relativamente ao bem de capital mais avançado inventado até o momento é determinada pela equação de acumulação de qualificações (6.5). Sabendo que  $g_h = g$ , temos

$$\left(\frac{h}{A}\right)^* = \left(\frac{\mu}{g} e^{\psi u}\right)^{1/\gamma}.$$

Essa equação nos diz que quanto mais tempo as pessoas destinam à acumulação de qualificações, mais próxima da fronteira tecnológica está a economia.<sup>3</sup>

Usando essa equação para substituir  $h$  na equação (6.7), podemos escrever o produto por trabalhador ao longo da trajetória de crescimento equilibrado como uma função de variáveis e parâmetros exógenos:

$$y^*(t) = \left(\frac{s_K}{n + g + d}\right)^{\alpha/1-\alpha} \left(\frac{\mu}{g} e^{\psi u}\right)^{1/\gamma} A^*(t), \tag{6.8}$$

As equações (6.6) e (6.8) representam as principais descrições das implicações do nosso modelo simplificado em relação ao crescimento econômico e ao desenvolvimento. Lembre-se que a equação (6.6) mostra que, ao longo da trajetória de crescimento equilibrado, o produto por trabalhador aumenta à taxa de crescimento do nível de qualificação da força de trabalho. Essa taxa de crescimento é dada pela taxa de crescimento da fronteira tecnológica.

<sup>3</sup>Para assegurar-nos que a razão  $h/A$  é menor que um, supomos que  $\mu$  é suficientemente pequeno.

A equação (6.8) caracteriza o nível de produto por trabalhador ao longo da trajetória de crescimento equilibrado. O leitor atento observará a semelhança entre essa equação e a solução do modelo neoclássico apresentada na equação (3.8) do Capítulo 3. O modelo desenvolvido no presente capítulo, ao destacar a importância das idéias e da transferência de tecnologia, oferece uma interpretação do modelo neoclássico de crescimento segundo uma "nova teoria do crescimento". Aqui, as economias crescem porque aprendem a utilizar novas idéias geradas em todo o mundo.

Fazem-se oportunos outros comentários relativos a essa equação. Primeiro, o termo inicial da equação (6.8) já é conhecido a partir do modelo de Solow original. Esse termo indica que economias que investem mais em capital físico serão mais ricas, e economias cujas populações crescem muito depressa serão mais pobres.

O segundo termo da equação (6.8) reflete a acumulação de qualificações. Economias que destinam mais tempo à acumulação de qualificações estarão mais próximas da fronteira tecnológica e serão mais ricas. Observe que esse termo se assemelha ao termo do capital humano na ampliação do modelo de Solow que apresentamos no Capítulo 3. Contudo, aqui tornamos explícito o significado da acumulação de qualificações. Neste modelo, as qualificações correspondem à capacidade de utilizar bens de capital mais avançados. Como no Capítulo 3, a maneira como a acumulação de qualificações afeta a determinação do produto está de acordo com a evidência microeconômica sobre acumulação de capital humano.

Terceiro, o último termo da equação é simplesmente a fronteira tecnológica mundial. Esse é o termo que gera o crescimento do produto por trabalhador ao longo do tempo. Como nos capítulos anteriores, neste modelo o motor do crescimento é a mudança tecnológica. A diferença em relação ao Capítulo 3 é que agora entendemos, a partir da análise do modelo de Romer, de onde vem a mudança tecnológica.

Quarto, o modelo propõe uma resposta às indagações quanto ao porquê das diferenças de níveis tecnológicos entre economias. Por que máquinas avançadas e novos fertilizantes são usados na agricultura dos Estados Unidos enquanto na Índia ou na África subsaariana ainda prevalecem métodos agrícolas muito mais intensivos em mão-de-obra? A resposta destacada por este modelo é que o nível de qualificação das pessoas nos EUA é muito superior ao dos países em desenvolvimento. As pessoas nos países desenvolvidos aprenderam, ao longo dos anos, a usar bens de capital muito avançados, enquanto as pessoas nos países em desenvolvimento investiram menos tempo no aprendizado do uso das novas tecnologias.

Nessa explicação está implícita a hipótese de que as tecnologias estão disponíveis para uso em qualquer lugar do mundo. Até certo ponto essa é uma hipótese válida. As empresas multinacionais estão sempre buscando novos lugares para investir e esse investimento pode envolver o uso de tecnologia avançada. Por exemplo, a tecnologia da telefonia celular mostrou-se muito útil em uma economia como a da China: em vez de construir a infra-estrutura

associada à telefonia fixa, várias empresas estão competindo para oferecer comunicações celulares. Empresas multinacionais estão construindo redes elétricas em vários países, incluindo a Índia e as Filipinas. Esses exemplos sugerem que as tecnologias estão disponíveis para fluírem muito rapidamente em torno do mundo, desde que a economia tenha infra-estrutura e treinamento para empregar as novas tecnologias.

Ao explicar as diferenças em tecnologia por meio das diferenças em qualificação, esse modelo não pode explicar uma das observações empíricas apresentadas no Capítulo 3. Ali foi calculada a produtividade total dos fatores (PTF) – a produtividade agregada dos insumos de um país, incluindo capital físico e humano – e documentado que os níveis da PTF variam consideravelmente entre os países. Essa variação não é explicada pelo presente modelo, no qual a produtividade total dos fatores é igual em todos os países. Então, o que explica essas diferenças? Esta é uma das questões a serem tratadas no próximo capítulo.<sup>4</sup>

### 6.3 TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

No modelo que acabamos de delinear, a transferência de tecnologia ocorre porque as pessoas de uma economia aprendem a usar bens de capital mais avançados. Para simplificar o modelo, supusemos que os projetos de novos bens de capital estavam livremente disponíveis para os produtores de bens intermediários.

Na prática, a transferência de tecnologia é bem mais complicada. Por exemplo, pode-se imaginar que os projetos dos novos bens de capital precisem ser ligeiramente alterados em diferentes países. O câmbio de um automóvel pode precisar ser passado para o outro lado do carro, ou a fonte de energia de um aparelho elétrico pode precisar de alterações para adaptar-se a padrões diferentes.

A transferência de tecnologia também levanta a questão da proteção internacional às patentes. Os direitos de propriedade intelectual válidos em um país também são aplicados em outro país? Sendo assim, novos projetos podem necessitar de registro do inventor antes de poderem ser utilizados. Como foi observado no Capítulo 4, a capacidade de se vender as próprias idéias em um mercado global gera retornos à invenção, incentivando assim a pesquisa.

Os custos de adaptação ou de licenciamento de novos projetos se assemelham, em certos aspectos, aos custos fixos da invenção. Pense, no caso, qual o inventor do nosso hipotético software WordTalk está decidindo se cria ou não uma versão do software para a China. De certo modo, adaptar o software

<sup>4</sup> Falando de modo rigoroso, devemos ser cautelosos ao aplicar as evidências do Capítulo 3 a este modelo. Por exemplo, aqui o expoente  $(1/\gamma)$  sobre o tempo despendido na acumulação de qualificações é um parâmetro adicional.

para a língua chinesa quase equivale à criação de um programa totalmente novo. Pode ser necessário fazer desembolsos iniciais substanciais para alterar o programa. O fato de que a China seja um mercado potencialmente imenso pode tornar viável o pagamento desses custos. Mas, naturalmente, somente quando os direitos de propriedade intelectual são respeitados. Além disso, as qualificações da força de trabalho chinesa são claramente relevantes; não é apenas o número de habitantes da China o que importa, mas o número de pessoas que possui computadores e tem capacidade de usá-los.<sup>5</sup>

#### 6.4 ENTENDENDO AS DIFERENÇAS NAS TAXAS DE CRESCIMENTO

Uma das principais implicações da equação (6.8) é que todos os países registram a mesma taxa de crescimento no longo prazo, dada pela taxa de expansão da fronteira tecnológica mundial. Nos Capítulos 2 e 3, consideramos isso como sendo apenas um dado. O modelo simples de transferência de tecnologia que apresentamos neste capítulo oferece uma justificação para essa hipótese.<sup>6</sup>

Em modelos embasados na difusão da tecnologia, a conclusão de que todos os países registram uma taxa de crescimento comum é típica. Bélgica e Cingapura não crescem apenas, ou mesmo principalmente, em consequência das idéias geradas por cidadãos de cada um desses países. As populações desses países são simplesmente pequenas demais para gerar um grande número de idéias. Na verdade, essas economias crescem ao longo do tempo porque – em maior ou menor medida – são bem-sucedidas no aprendizado do emprego de novas tecnologias inventadas em outros lugares. No final, a difusão das tecnologias, mesmo que isso leve muito tempo, impede qualquer economia de ficar demasiadamente para trás.<sup>7</sup>

Como é que essa previsão de que todos os países terão a mesma taxa de crescimento de longo prazo se reflete na evidência empírica? Em particular, sabemos que as taxas médias de crescimento das duas ou três décadas mais recentes variaram muito entre os países (ver Capítulo 1). Enquanto a economia dos EUA cresceu 1,4%, a economia japonesa cresceu 5% ao ano entre 1950 e 1990. Diferenças também se registram em longos períodos. Por exemplo, de 1870 a 1994, os Estados Unidos cresceram a uma taxa média de 1,8%, enquan-

<sup>5</sup> Isto se relaciona de certo modo com a idéia de Basu e Weil (1996) de que certas tecnologias só são adequadas uma vez que tenha sido atingido um certo patamar de desenvolvimento. Para usar um de seus exemplos, os trens japoneses mais modernos não serão muito úteis em uma economia como a de Bangladesh, que depende de bicicletas e carros de boi.

<sup>6</sup> O restante desta seção está embasado em Jones (1997a).

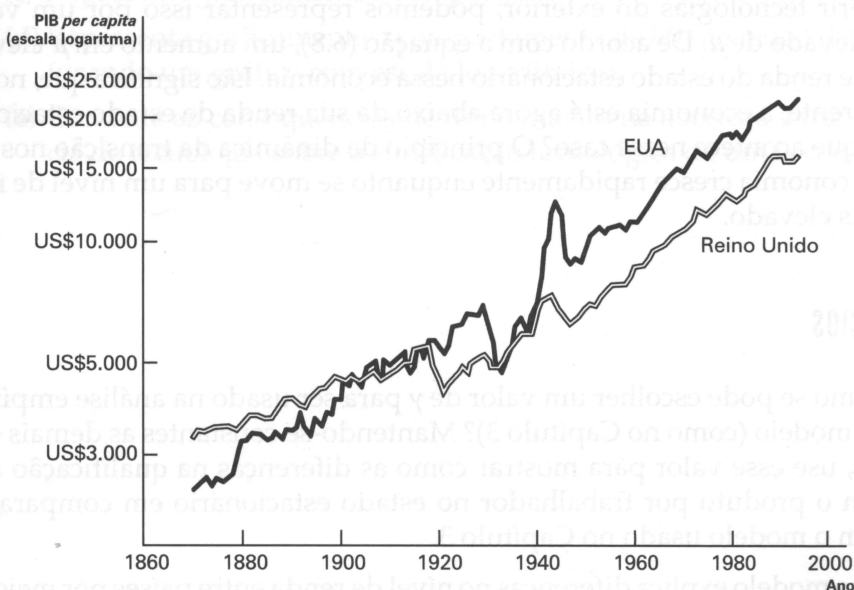
<sup>7</sup> Uma exceção importante é notável e será vista no Capítulo 7. Imagine que as políticas de um país sejam tão ruins que impeçam as pessoas de auferir um retorno sobre seus investimentos. Isto pode impedir qualquer investimento e resultar em uma "armadilha de desenvolvimento" na qual a economia não cresce.

to o Reino Unido cresceu bem mais lentamente, 1,3%. Essa grande variação nas taxas médias de crescimento, observadas empiricamente, estarão desmentindo o modelo?

A resposta é não, e é importante entender o porquê. A razão já foi apresentada no Capítulo 3. Mesmo sem diferenças nas taxas de crescimento de longo prazo entre um país e outro, podemos explicar a grande variação das taxas de crescimento pela *dinâmica da transição*. Enquanto os países mudam sua posição na distribuição de renda de longo prazo, eles podem crescer a taxas diferentes. Países que estão “abaixo” de sua trajetória de crescimento equilibrado do estado estacionário deveriam crescer a taxas superiores a  $g$ , ocorrendo o inverso com os países que se situam “acima” dessa trajetória. O que leva as economias a se afastarem do estado estacionário? Inúmeros fatores. Um choque no estoque de capital do país (destruído por uma guerra, por exemplo) é um caso típico. Uma reforma política que aumenta o investimento em capital e em acumulação de qualificações é outro.

Isto pode ser ilustrado examinando-se mais de perto o comportamento das economias dos Estados Unidos e do Reino Unido nos últimos 125 anos. A Figura 6.1 representa graficamente o logaritmo do PIB *per capita* dos dois países de 1870 a 1994. Como já foi dito, o crescimento dos EUA no período foi meio ponto percentual maior que o crescimento do Reino Unido. Contudo, um exame atento da Figura 6.1 mostra que quase toda essa diferença foi registrada no período anterior a 1950, enquanto os Estados Unidos se sobrepu-

FIGURA 6.1 RENDA NOS ESTADOS UNIDOS E NO REINO UNIDO – 1870-1994.



Fonte: Maddison (1995).

nham ao Reino Unido como economia-líder do mundo. De 1870 a 1950, os Estados Unidos cresceram a uma taxa anual de 1,7%, enquanto a taxa do Reino Unido era de apenas 0,9%. Contudo, a partir de 1950, o crescimento das duas economias foi praticamente idêntico. Os Estados Unidos cresceram à taxa anual de 1,95% entre 1950 e 1994, enquanto o Reino Unido crescia à taxa de 1,98%.

O exemplo sugere que temos que ser extremamente cautelosos ao interpretar diferenças em taxas de crescimento médio entre os países. Mesmo ao longo de períodos muito extensos elas podem diferir. É isto o que prevê o modelo. Contudo, isso não quer dizer que a taxa de crescimento de longo prazo subjacente varie entre uma economia e outra. O fato de que o Japão experimentou um crescimento bem mais veloz que o dos Estados Unidos nos últimos quarenta anos diz muito pouco a respeito da taxa de crescimento de longo prazo subjacente desses países. Inferir que o Japão continuará registrando seu desempenho extraordinário seria análogo a concluir nos anos 1950 que os EUA cresceriam permanentemente a taxas superiores às do Reino Unido. A história nos mostrou que pelo menos essa inferência era incorreta.

O modelo apresentado neste capítulo ilustra outro ponto importante. O princípio da dinâmica da transição não é apenas uma característica da equação da acumulação de capital no modelo neoclássico de crescimento, como foi o caso do Capítulo 3. No presente modelo, a dinâmica da transição envolve não apenas a acumulação de capital mas também uma especificação de transferência de tecnologia na equação (6.4). Por exemplo, imagine que um país resolva reduzir tarifas e barreiras comerciais e abrir sua economia ao resto do mundo. Essa reforma política pode melhorar a capacidade do país de transferir tecnologias do exterior; podemos representar isso por um valor mais elevado de  $\mu$ . De acordo com a equação (6.8), um aumento em  $\mu$  eleva o nível de renda do estado estacionário nessa economia. Isto significa que, no nível corrente, a economia está agora abaixo da sua renda de estado estacionário. O que acontece nesse caso? O princípio da dinâmica da transição nos diz que a economia cresce rapidamente enquanto se move para um nível de renda mais elevado.

## EXERCÍCIOS

1. Como se pode escolher um valor de  $\gamma$  para ser usado na análise empírica do modelo (como no Capítulo 3)? Mantendo-se constantes as demais coisas, use esse valor para mostrar como as diferenças na qualificação afetam o produto por trabalhador no estado estacionário em comparação com o modelo usado no Capítulo 3.
2. Esse modelo explica diferenças no nível de renda entre países por meio de diferenças em  $s_K$  e  $\mu$ . O que é insatisfatório nessa explicação?