

Resenha David Romer - Capítulo 3: Crescimento Endógeno

Solicitada para a disciplina de Macroeconomia

Professor Paulo Ricardo Feistel

Por Thiago Santos da Silva

Este terceiro capítulo do livro de David Romer busca trazer respostas satisfatórias sobre as questões do crescimento econômico. O que ele trouxe até então mostrou que a acumulação de capital não é responsável por uma grande parte do crescimento de longo prazo ou das diferenças de renda entre os países, e mostrou que o principal determinante da renda nos modelos diferentes do capital é o fator “eficácia do trabalho” (A), que pode ser simbolizado como tecnologia ou conhecimento e é um fator exógeno, ou seja, vem de fora.

É possível que o progresso tecnológico seja a razão pela qual se pode produzir mais hoje do que noutros tempos a partir de uma determinada quantidade de capital e trabalho.

Estruturas e Premissas

Para entender melhor a acumulação de conhecimento precisamos de um espaço onde novas ideias são desenvolvidas. Posteriormente será abordado como os recursos são divididos entre o setor da produção convencional e o novo setor de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e como os insumos em P&D produzem novas ideias.

A visão apresentada nesta resenha é um pouco mecânica sobre a produção de novas tecnologias. E para iniciar o autor assume uma função produção padrão, em que capital e tecnologia são combinados para produzir melhorias na tecnologia de uma forma determinística. Ou seja, quanto mais investimento for feito em pesquisa, mais descobertas serão feitas. E a proposta deste capítulo de David Romer é descobrir o crescimento a longo prazo e para tal faz duas simplificações importantes. A primeira é aplicar a função Cobb-Douglas na função produção e P&D como funções de potência. E a segunda simplificação importante segue também o Modelo de Solow, no qual pega a fração da saída salva e as frações da força de trabalho e do estoque da capital utilizado no setor de P&D como exógenos e constantes.

Sendo mais específico, o modelo apresentado é uma versão simplificada dos modelos de P&D e crescimento desenvolvidos por Paul Romer (1990), Grossman e Helpman (1991a) e Aghion e Howitt (1992). Este modelo envolve quatro variáveis: trabalho (L), capital (K), tecnologia (A) e produto (Y). O modelo é definido em tempo contínuo, pois buscamos a longo prazo. E a análise envolve os dois setores, o da produção e o de pesquisa e desenvolvimento, onde são feitos acréscimos ao estoque de conhecimento. Nesse sentido, o fator **a** se multiplica pelo fator **L (aL)** no setor de P&D e o fator **1-aL** no setor de produção de bens. E a correlação com o capital é multiplicado por **a** para aplicar em P&D e o restante na produção de bens. Tanto **aL** quanto **aK** são exógenos e constantes. E ambos os setores podem fazer uso das ideias geradas em pesquisa e desenvolvimento.

E assim, a quantidade de produção produzida no tempo t é:

$$Y(t) = [(1 - a_K)K(t)]^\alpha [A(t)(1 - a_L)L(t)]^{1-\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1. \quad (3.1)$$

A função é idêntica ao Modelo de Solow, com exceção de **(1-aK)** e **(1-AL)** e da restrição à forma funcional Cobb-Douglas. E esta equação implica retornos constantes para o capital e o trabalho: com uma dada tecnologia, dobrar os insumos dobra a quantidade que pode ser produzida. Ou seja, produzir novas ideias depende das quantidades de capital e trabalho envolvidos na pesquisa e também do nível de tecnologia.

Se incluir o parâmetro de deslocamento com a produção generalizada Cobb-Douglas, obtemos:

$$\dot{A}(t) = B[a_K K(t)]^\beta [a_L L(t)]^\gamma A(t)^\theta, \quad B > 0, \quad \beta \geq 0, \quad \gamma \geq 0, \quad (3.2)$$

Mas não se espera que a função de produção de conhecimento tenha retornos constantes de escala para o capital e o trabalho. O que se pode verificar é um padrão constante de replicação: se os insumos dobrarem, os novos insumos podem fazer exatamente o que os antigos faziam, dobrando a quantidade produzida. E no caso da produção de conhecimento, a replicação exata do que os insumos existentes estavam fazendo faria com que o mesmo conjunto de descobertas fosse feito duas vezes, deixando A inalterado.

E é possível também que haja retornos decrescentes em P&D. Pois as interações entre os pesquisadores, os custos fixos de instalação podem ser o suficiente em P&D para dobrar o capital e o trabalho mais que o dobro da produção.

O parâmetro Θ (theta) reflete o efeito do estoque de conhecimento existente sobre o sucesso de P&D, que pode trazer retornos crescentes para qualquer área e as ideias e descobertas geradas em P&D podem fornecer ferramentas que tornam as futuras descobertas mais fáceis. Por isso Θ (theta) é positivo. E em P&D, as descobertas mais fáceis surgem primeiro e na medida em que o estoque de conhecimento vai aumentando, fica mais difícil de fazer novas descobertas.

No modelo que David Romer apresenta, as variáveis de \mathbf{K} e \mathbf{A} são endógenas. Portanto, o autor começa considerando o modelo sem capital, definindo α e β como zero.

O modelo sem capital: a dinâmica da acumulação de conhecimento

Quando não há capital no modelo, a função de produção para a saída se torna:

$$Y(t) = A(t)(1 - a_L)L(t). \quad (3.5)$$

E a função de produção de novos conhecimentos passa a ser:

$$\dot{A}(t) = B[a_L L(t)]^\gamma A(t)^\theta. \quad (3.6)$$

A equação (3.5) implica que o produto por trabalhador é proporcional a \mathbf{A} e, por isso, a taxa de crescimento do produto por trabalhador é igual à taxa de crescimento de \mathbf{A} . Portanto, David Romer concentra na dinâmica de \mathbf{A} , que é dada por

$$\begin{aligned} g_A(t) &\equiv \frac{\dot{A}(t)}{A(t)} \\ &= Ba_L^\gamma L(t)^\gamma A(t)^{\theta-1}. \end{aligned} \quad (3.7)$$

O que se busca é a taxa de crescimento de \mathbf{A} (conhecimento ou tecnologia).

$$\frac{\dot{g}_A(t)}{g_A(t)} = \gamma n + (\theta - 1)g_A(t). \quad (3.8)$$

Que multiplicando os dois lados pela taxa de crescimento de conhecimento ($g_A(t)$) obtemos:

$$\dot{g}_A(t) = \gamma n g_A(t) + (\theta - 1)[g_A(t)]^2. \quad (3.9)$$

A quantidade inicial de trabalhadores e de conhecimento determinam a taxa de crescimento de conhecimento. Para saber melhor como a taxa de crescimento se comporta, precisamos analisar o caso em que o estoque de conhecimento é menor que a média ($\theta < 1$), quando é maior que a média ($\theta > 1$) e quando é normal ($\theta = 1$).

Caso 1: em que o estoque de conhecimento é menor que a média ($\theta < 1$)

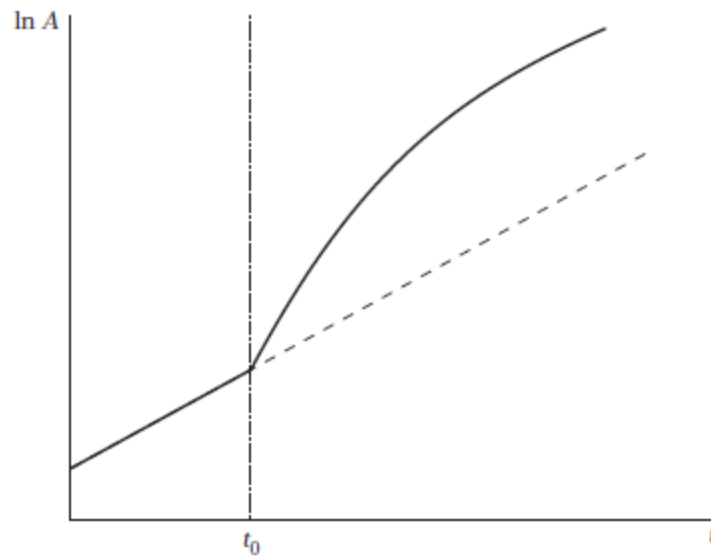
Quando o conhecimento é menor que a média, a taxa de aprendizagem só tende a aumentar para introduções ao conhecimento, mas assuntos complexos passam a ficar difíceis de ser compreensíveis.

Usaremos g^*_A para denotar o valor positivo único da taxa de crescimento de conhecimento que implica essa dificuldade da aprendizagem em assuntos mais complexos.

$$g^*_A = \frac{\gamma}{1 - \theta} n. \quad (3.10)$$

Quando o trabalhador aprende mais, o seu resultado do trabalho é mais eficiente, ou seja, sua aprendizagem implica em resultados positivos ao crescimento da firma. E a economia está em um caminho equilibrado. Este seria o primeiro modelo de crescimento endógeno (sem interferência de fatores externos).

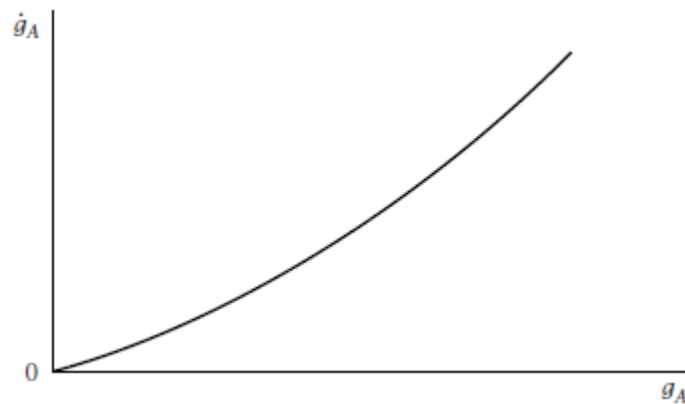
Este modelo implica que a taxa de crescimento de longo prazo da produção por trabalhador é uma função crescente da taxa de crescimento populacional, n . O autor afirma que o crescimento populacional é necessário para o crescimento sustentado da produção por trabalhador. A aprendizagem dos trabalhadores causa um aumento imediato na taxa de crescimento de conhecimento e depois mantém sua linha de crescimento natural, que pode ser chamado de aumento de nível, como David Romer apresenta no gráfico a seguir:



Intuitivamente, o autor afirma que o fato do estoque de conhecimento ser abaixo da média significa que a contribuição de conhecimento adicional para a produção de novos conhecimentos não é forte o suficiente para ser autossustentável. E essa análise implica que um aumento em conhecimento por trabalhador resulta em um aumento na taxa de crescimento de conhecimento seguido por um retorno gradual ao seu nível inicial, gerando um efeito de nível, mas não um efeito de crescimento no caminho de conhecimento.

Caso 2: em que o estoque de conhecimento é acima da média ($\theta > 1$)

Esse caso se refere a quando a produção de novos conhecimentos aumenta mais do que proporcionalmente com o estoque existente:



Quando o estoque de conhecimento é acima da média, isso significa que a taxa de crescimento de conhecimento é positivo para todos os valores de crescimento de conhecimento. E as implicações para este caso são muito diferentes daquela do caso anterior. O autor demonstra no diagrama de fases que a economia exibe um crescimento cada vez maior (ascendente), em vez de convergir para um caminho de crescimento equilibrado intuitivamente, David Romer afirma que o conhecimento é tão útil na produção de novo conhecimento que cada aumento marginal em seu nível resulta em muito mais conhecimento novo que a taxa de crescimento de conhecimento aumenta em vez de diminuir. E uma vez iniciada a acumulação de conhecimento, a economia embarca em um caminho de crescimento cada vez maior.

O impacto de um aumento na fração da força de trabalho envolvida em P&D agora é dramático, e um aumento no conhecimento do trabalhador causa um aumento imediato no crescimento do conhecimento.

Caso 3, em que o estoque de conhecimento está na média ($\theta=1$)

Quando o estoque de conhecimento é igual a 1, o conhecimento existente é produtivo o suficiente para gerar novos conhecimentos para que a produção de novos conhecimentos seja proporcional ao estoque.

Se o crescimento populacional for positivo, a taxa de crescimento de conhecimento se mantém positiva ao longo do tempo e a dinâmica do modelo é semelhante àquela em que o estoque de conhecimento é acima da média. Mas se não houver crescimento populacional, a taxa de crescimento de conhecimento fica constante. Ou seja, o caminho de crescimento econômico depende do crescimento populacional e as mudanças em conhecimento por trabalhador afetam a taxa de crescimento de longo prazo da economia.

1-aL é a fração dos recursos da sociedade dedicada à produção de bens para consumo atual, isso significa que se o conhecimento por trabalhador for baixo, o crescimento econômico também o será. E **aL** é a fração dedicada a um bem (ou seja, o conhecimento) que é útil para a produção de produtos no futuro. Assim, é possível pensar em **aL** como uma medida da taxa de poupança nesta economia.

Se o estoque de conhecimento está na média e o crescimento populacional é nulo, significa que o crescimento a longo prazo será linear.

A importância dos retornos à escala dos fatores produzidos

David Romer expõe a importância do estoque de conhecimento, que determina se há retornos decrescentes, crescentes ou constantes de escala para os fatores de produção produzidos.

O crescimento do trabalho é exógeno e o autor eliminou o capital do modelo, ficando o conhecimento como único fator produzido. Há retornos constantes de conhecimento na produção de bens. Assim, retornos crescentes, decrescentes ou constantes, para o conhecimento, nesta economia é determinado pelos retornos de escala para o conhecimento na produção de conhecimento.

A importância do crescimento populacional

É importante lembrar que quando o estoque de conhecimento é abaixo da média, o crescimento populacional é necessário para o crescimento a longo prazo da renda *per capita*. E quando o estoque de conhecimento está na média ($\theta=1$) e não há crescimento populacional ($n=0$), o crescimento de longo prazo é uma função crescente do nível da população.

Quando o estoque de conhecimento é acima da média ($\theta>1$) e o crescimento populacional aumenta ($n>0$), se mostra que um aumento no crescimento populacional faz com que a renda per capita seja maior do que seria antes. Ou seja, quando há mais pessoas para fazer descobertas, mais descobertas são feitas. E quando mais descobertas são feitas, o estoque de conhecimento cresce mais rápido e a produção por pessoa também cresce mais rápido.

É importante de relevar que o fator **A** (conhecimento) pode ser usado em qualquer lugar do mundo, o modelo demonstra com isso que o aumento do crescimento da população mundial aumenta o crescimento também da renda mundial. Sendo as pessoas um insumo essencial para a produção de conhecimento, e com isso, o crescimento populacional acaba sendo benéfico para o crescimento mundial do conhecimento.

A natureza do Conhecimento e os Determinantes da Alocação de Recursos para P&D

Visão Geral

David Romer considerou a taxa de poupança, s , e as frações de insumos dedicados à pesquisa e desenvolvimento (**P&D**), conhecimento por trabalhador (**aL**) e conhecimento por capital (**aK**). Até então foi descrita a variável do conhecimento produzida por pesquisa e desenvolvimento. Dos tipos de conhecimento há os que são altamente abstratos e os que são altamente aplicados, de um lado o conhecimento científico básico e com ampla aplicabilidade e do outro lado está o conhecimento sobre produtos específicos. Os diferentes tipos de conhecimento desempenham papéis importantes no crescimento econômico, um exemplo é que as invenções do passado, se tivessem causado resultados diferentes poderiam tornar o mundo atual diferente também.

David Romer demonstra que todos os conhecimentos do mundo têm algo em comum: eles podem ser utilizados para colaborar na construção de novos conhecimentos. No entanto, os bens econômicos privados são diferentes: eles não podem ser usados simultaneamente por duas ou mais pessoas.

Uma implicação fundamental do conhecimento é que a produção e a alocação dele não podem ser completamente governadas pelas forças competitivas do mercado e o custo marginal de fornecer um item de conhecimento a um usuário adicional, uma vez que o conhecimento foi descoberto, é zero. E afirma que a produção de conhecimento não pode ser motivada pelo desejo de ganho econômico privado. Sendo assim, o desenvolvimento não é motivado pelas forças de mercado ou o conhecimento é vendido acima de seu custo marginal.

O conhecimento não tem rivais, mas pode ser excludente, ou seja, as pessoas podem ser impedidas de utilizar por conta da licença de uso proprietário. No qual determinadas leis oferecem direitos privados de uso das patentes sobre projetos e descobertas, habilitando os produtores de conteúdo a obterem propriedade sobre o mesmo; que são conhecidos como *copyright*, “todos os direitos reservados”. Por outro lado, há também licenças de uso que permitem o compartilhamento, reutilização, mixagem e reorganização que são conhecidos como *Creative Commons*.

O autor se volta adiante para as principais forças que governam a alocação de recursos para o desenvolvimento do conhecimento, que são: apoio à pesquisa científica básica, incentivos privados para P&D e inovação, oportunidades alternativas para indivíduos talentosos e “aprender fazendo”.

Apoio à Pesquisa Científica Básica

É dado como pressuposto que o conhecimento científico básico já esteja disponibilizado de forma relativamente acessível, bem como o acesso a muitos artigos de pesquisa científica, realizada em universidades, no entanto estas pesquisas não buscam retornos financeiros no mercado. Mas são apoiados por governos, instituições e indivíduos ricos. A economia desse tipo de conhecimento é subsidiada e seus resultados são doados como contribuição.

Incentivos Privados para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

Muitas inovações são motivadas inteiramente pelo desejo de ganho privado, desde a introdução de produtos novos até a melhoria de produtos já existentes. E para que a pesquisa e desenvolvimento traga retornos financeiros, ela deve ser ao menos um pouco excludente, diz o autor. Assim, o desenvolvedor obtém o controle exclusivo sobre o uso da ideia e licencia seu uso aos produtores de bens finais. Mas existem três externalidades¹ distintas de P&D: (1) o efeito do excedente do consumidor, (2) o efeito de roubo de negócios e (3) o efeito de P&D.

1 - O primeiro é que os indivíduos ou empresas que licenciam de inovadores obtêm algum excedente, representando uma externalidade positiva;

2 - O efeito do roubo de negócios é que a introdução de uma tecnologia superior normalmente torna as tecnologias existentes menos atraentes e, portanto, prejudica os proprietários dessas tecnologias, representando uma externalidade negativa;

¹ Externalidade é uma situação resultante da tomada de decisões por organizações econômicas, que acarreta custos ou benefícios para outras pessoas ou organizações. Quando é negativa induzem uma quantidade comercializada maior do que a socialmente desejável e quando é positiva induzem uma quantidade comercializada menor do que a socialmente desejável.

3 - O efeito da P&D é que geralmente se supõe que os inovadores não controlam o uso de seu conhecimento na produção de conhecimento adicional.

O efeito líquido dessas três externalidades é ambíguo. É possível construir exemplos em que a externalidade que rouba o negócio supera tanto o excedente do consumidor quanto as externalidades de P&D. Em geral, acredita-se que a externalidade geral de P&D seja positiva. Mas se os inovadores tem controle incompleto sobre o uso de suas ideias na produção de bens, há uma razão adicional de que o retorno privado para P&D está abaixo do retorno social. E o primeiro indivíduo a criar uma invenção recebe direitos exclusivos sobre a invenção pode criar outros incentivos para alguns tipos de P&D.

Oportunidades Alternativas para Indivíduos Talentosos

Baumol (1990) e Murphy, Shleifer e Vishny (1991) observam que as principais inovações e avanços no conhecimento são frequentemente o resultado do trabalho de indivíduos extremamente talentosos. Por isso, é importante incentivar a criação de inovações, porque muitas vezes os talentosos nascem num meio sem incentivos para o desenvolvimento, ou seja, pessoas sem condições financeiras.

Aprender Fazendo

A ideia central de David Romer sobre a acumulação de conhecimento é que, à medida em que os indivíduos produzem bens, eles inevitavelmente pensam em maneiras de melhorar o processo de produção. E o acúmulo de conhecimentos ocorre em parte como um efeito colateral da atividade econômica convencional. Este tipo de acumulação do conhecimento é conhecido como “aprender fazendo”.

Quando “aprender fazendo é a fonte do progresso tecnológico, a taxa de acumulação de conhecimento não depende da fração dos recursos da economia envolvidos em P&D, mas de quanto conhecimento novo é gerado pela atividade econômica convencional. Então a função produção do “aprender fazendo” é:

$$Y(t) = K(t)^\alpha [A(t)L(t)]^{1-\alpha}. \quad (3.22)$$

E o caso mais simples, segundo Romer, de aprender fazendo é quando a aprendizagem ocorre como um efeito colateral da produção de novo capital. E com base nessa formulação, o aumento de conhecimento se torna função do aumento de capital, o estoque de conhecimento passa a ser uma função do estoque de capital:

$$A(t) = BK(t)^\phi, \quad B > 0, \quad \phi > 0. \quad (3.23)$$