

TECNOLOGIA DE FRONTEIRA

Leitura

- Weil cap. 9

Tópicos

- Introdução
- Velocidade do progresso tecnológico
- Função de produção de tecnologia
- Progresso tecnológico diferenciado
- Conclusões
- Apêndice: versão aperfeiçoada da função de produção de tecnologia

INTRODUÇÃO

Introdução

- Tecnologia de fronteira: novas técnicas que estão saindo do desenvolvimento e instalando-se na produção
 - Grande promessa de produtividade mais alta.
 - Não é garantido que a tecnologia funcione.
 - Não fica muito tempo na fronteira; passa a comum (p.ex. automóveis) ou obsoleta (p.ex. telégrafo).
 - Exemplos de fronteira: computação quântica; terapia genética (geneterapia); supercapacitores.

Introdução

- Progresso tecnológico nos permite ter um padrão de vida elevado.
- Não é apenas a tecnologia que torna ricos os países ricos. Mas a tecnologia é essencial.
- A tecnologia de fronteira está sempre mudando.
- O progresso tecnológico rápido data de apenas 250 anos atrás nos países mais avançados.
- Ondas de progresso se revezam com a lentidão.

Introdução

- Processo de mudança tecnológica.
 - Tecnologia nos países mais avançados, onde está a fronteira.
 - Velocidade do avanço da tecnologia.
 - Fatores que determinam o avanço.
 - Futuro do progresso tecnológico
 - Avanço tecnológico continuará na mesma velocidade?
 - As invenções estão cada vez mais difíceis?
 - O progresso tecnológico diferenciado nos setores da economia pode levar a problemas no futuro?

**VELOCIDADE DO PROGRESSO
TECNOLÓGICO**

Velocidade do progresso tecnológico

- Progresso tecnológico

- Invenções revolucionárias específicas

- Exemplos: produção de alimentos (8500 a.C.); roda (3400 a.C.); escrita (3000 a.C.); cabresto (250); relógio mecânico (1275); tipo móvel (1453); motor a vapor (1768); manufatura têxtil (segunda metade do século XVIII); rede elétrica (final do século XIX); produção em massa de automóveis (1908); transistor (1947); ARPANET (1969); reação em cadeia da polimerase (1985).
 - Como julgar a importância de uma invenção em relação a outra?
 - Concentração de invenções nos últimos séculos

Velocidade do progresso tecnológico

- Progresso tecnológico
 - Exercício de contabilidade do crescimento
 - A maior parte da mudança da produtividade está associada ao progresso tecnológico.

Velocidade do progresso tecnológico

- *Progresso tecnológico antes do século XVII*
 - Problemas:
 - Dados disponíveis são escassos.
 - Não há dados sobre acumulação de capital físico e capital humano.
 - Dados sobre população e renda per capita são estimativas imprecisas.
 - Resultados devem ser considerados como aproximações grosseiras.
 - Papel importante da terra nas economias pré-industriais.

Velocidade do progresso tecnológico

- Função de produção Cobb-Douglas com fatores de produção trabalho (L) e terra (X).

$$Y = AX^{\beta} L^{1-\beta}$$

- β é a fração da renda nacional paga aos proprietários de terra.
- Y é o produto.
- A é a produtividade.

Equação 9.1

$$y = A \left(\frac{X}{L} \right)^\beta$$

Velocidade do progresso tecnológico

- Aplica-se o logaritmo.

$$\ln y = \ln A + \beta \ln X - \beta \ln L$$

- Diferencia-se a expressão com relação ao tempo.

Equação 9.2

$$\hat{y} = \hat{A} + \beta \hat{X} - \beta \hat{L}$$

Velocidade do progresso tecnológico

- Considera-se uma área geográfica de tamanho constante ($\hat{X} = 0$).
- Substituindo e rearranjando vem a expressão a seguir.

Equação 9.3

$$\hat{A} = \hat{y} + \beta \hat{L}$$

Velocidade do progresso tecnológico

- O cálculo da taxa de crescimento da produtividade necessita de dados sobre taxas de crescimento da renda per capita e da população.
- É preciso usar uma medida para β , o expoente da terra na função de produção.
 - Utiliza-se a evidência de Kremer (1993) de que nas economias pré-industriais a parcela da renda nacional paga aos proprietários de terra era de aproximadamente $1/3$. Logo, $\beta = 1/3$.

Tabela 9.1 Contabilidade do crescimento para a Europa, A.D. 500–1700

Period	Annual Growth Rate of come per Capita, \hat{Y}	Annual Growth Rate of Population, \hat{L}	Annual Growth Rate of Productivity, \hat{A}
500–1500	0.0%	0.1%	0.033%
1500–1700	0.1%	0.2%	0.166%

Velocidade do progresso tecnológico

- No período de 500 a 1500, a renda per capita não teve alteração na Europa, onde se ajustava bem o modelo malthusiano. A população cresceu no período 0,1% a.a., implicando uma taxa de crescimento da produtividade de 0,033% a.a.
- A produtividade cresceu em 1000 anos um fator de 1,39. Ou seja, com uma dada população e uma dada terra, haveria uma produção 39% maior em 1500 do que em 500.

Velocidade do progresso tecnológico

- No período de 1500 a 1700, a renda per capita passou a crescer na Europa a uma taxa de 0,1% a.a. e a população a 0,2% a.a., resultando em uma taxa de crescimento da produtividade de 0,166% a.a., que é cinco vezes a taxa do período anterior.
- Mesmo no segundo período, a produtividade crescia a uma taxa extremamente baixa pelos padrões atuais (0,54% a.a. nos EUA para 1975-2009).

Velocidade do progresso tecnológico

- *Revolução Industrial*
 - Geralmente datada de 1760 a 1830 na Grã-Bretanha e um pouco depois na Europa continental e na América do Norte.
 - Rápida inovação tecnológica em várias indústrias.
 - Mecanização da produção, transferindo tarefas dos artesãos para máquinas que poderiam trabalhar mais rápido e sem cansar.

Velocidade do progresso tecnológico

- Áreas de mudança mais importantes:
 - Têxteis
 - Principalmente algodão
 - Afetou fiação, tecelagem e estamparia. A fiação de 454 g (1 libra) de algodão passou de 500 horas para 3 horas.
 - Produção britânica de tecidos de algodão aumentou por um fator de 125 entre 1770 e 1841, e os preços desabaram.
 - Uso de roupas íntimas se tornou comum pela primeira vez.

Velocidade do progresso tecnológico

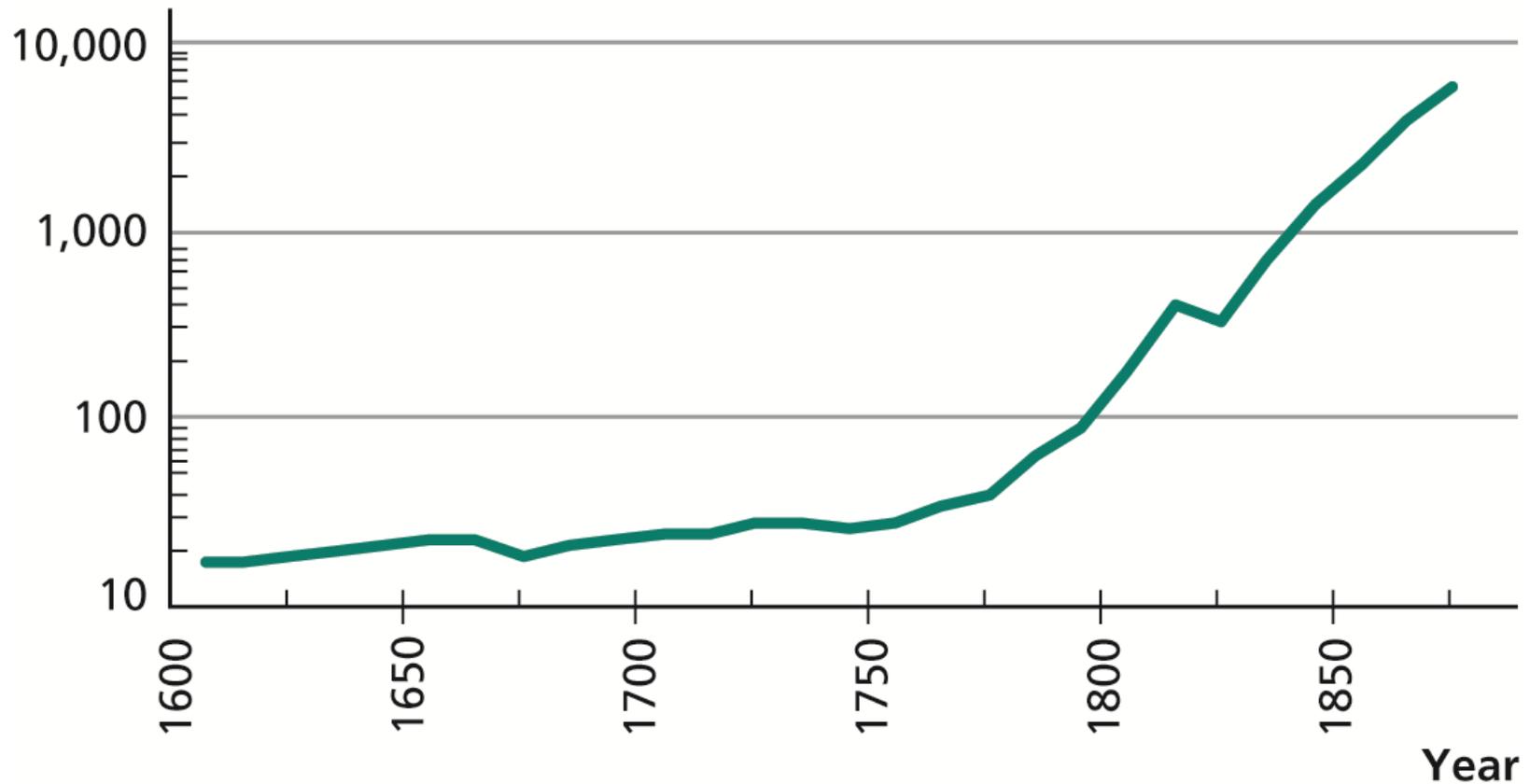
- Áreas de mudança mais importantes:
 - Energia
 - Motor a vapor utilizando carvão foi um rompimento com o passado, pois até então as fontes de energia mecânica eram vento, água, animais e músculos do homem.
 - A produção de carvão multiplicou por 10 entre 1750 e 1850.
 - Motor a vapor foi usado no barco a vapor (Robert Fulton em 1807) e nas estradas de ferro (a primeira foi aberta em 1825).

Velocidade do progresso tecnológico

- Áreas de mudança mais importantes:
 - Metalurgia
 - Substituição da madeira por carvão na fundição do ferro diminuiu abruptamente o custo da produção de ferro.
 - A produção de ferro aumentou de 34.000 toneladas em 1760 para 680.000 toneladas em 1830 e 5.960.000 toneladas em 1870.
 - Em 1825, a Inglaterra produzia metade do ferro do mundo, mesmo tendo apenas 2% da população mundial.
 - Ferro era usado na construção de edifícios, pontes e estradas de ferro.

Figura 9.1 Produção britânica de ferro, 1600–1870

Thousands of tons (ratio scale)



Source: Riden (1977).

Velocidade do progresso tecnológico

- Juntamente com mudanças na tecnologia de produção vieram mudanças na estrutura global da economia, na forma como as pessoas trabalhavam e viviam.
 - Entre 1760 e 1831, a fração da força de trabalho britânica empregada em agricultura, silvicultura e pesca caiu pela metade, de 48% para 25%.
 - No mesmo período, a fração da força de trabalho empregada em indústria e mineração aumentou de 22% para 41%.

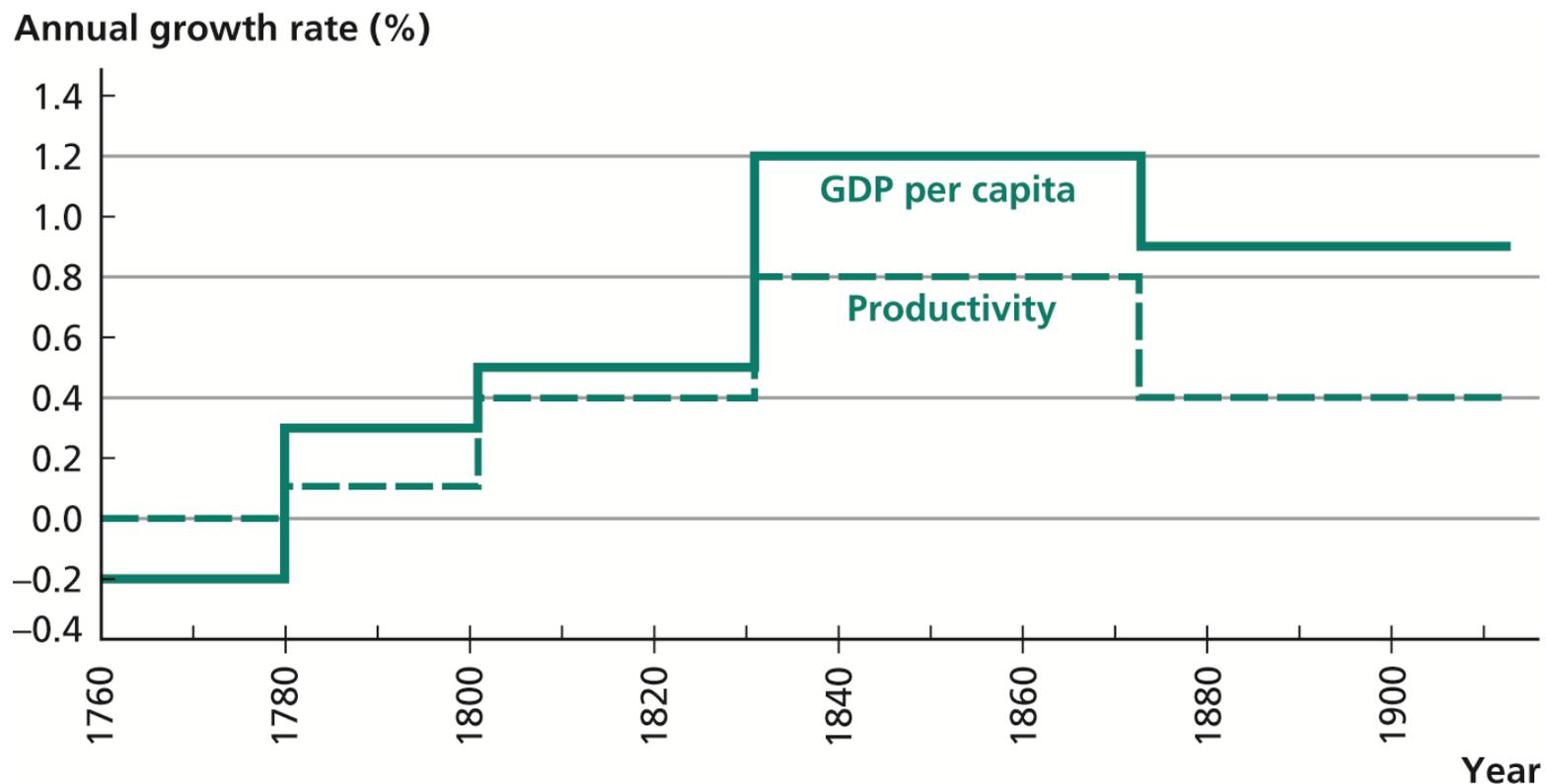
Velocidade do progresso tecnológico

- A fração da população britânica vivendo em cidades aumentou de 16% para 50% no período 1700-1850.
- Foram construídos 4.000 quilômetros de canais na Grã-Bretanha entre 1760 e 1835 para transportar alimentos, matérias-primas e produtos acabados.

Velocidade do progresso tecnológico

- Como a Revolução Industrial afetou o crescimento econômico britânico?
 - Apesar da reviravolta tecnológica da Revolução Industrial, a velocidade do crescimento econômico foi muito baixa pelos padrões modernos.
 - Em 1801-1831, o PIB per capita britânico cresceu a 0,5% a.a. e a produtividade a 0,4% a.a., mesmo com o país sendo a potência política e econômica do mundo.

Figura 9.2 Crescimento do produto e da produtividade do Reino Unido, 1760–1913



Source: Crafts (1996).

Velocidade do progresso tecnológico

- O crescimento da produtividade e do produto não parou nem se desacelerou com o fim da Revolução Industrial em 1830.
- No final do século XIX, a produção em massa nas fábricas substituiu as indústrias descentralizadas no campo.
- Historiadores identificam uma Segunda Revolução Industrial em 1860-1900, com inovações nas indústrias de químicos, eletricidade e aço.

Velocidade do progresso tecnológico

- Balanço sobre a Revolução Industrial:
 - Crescimento não foi muito rápido.
 - Crescimento não se desacelerou no final.

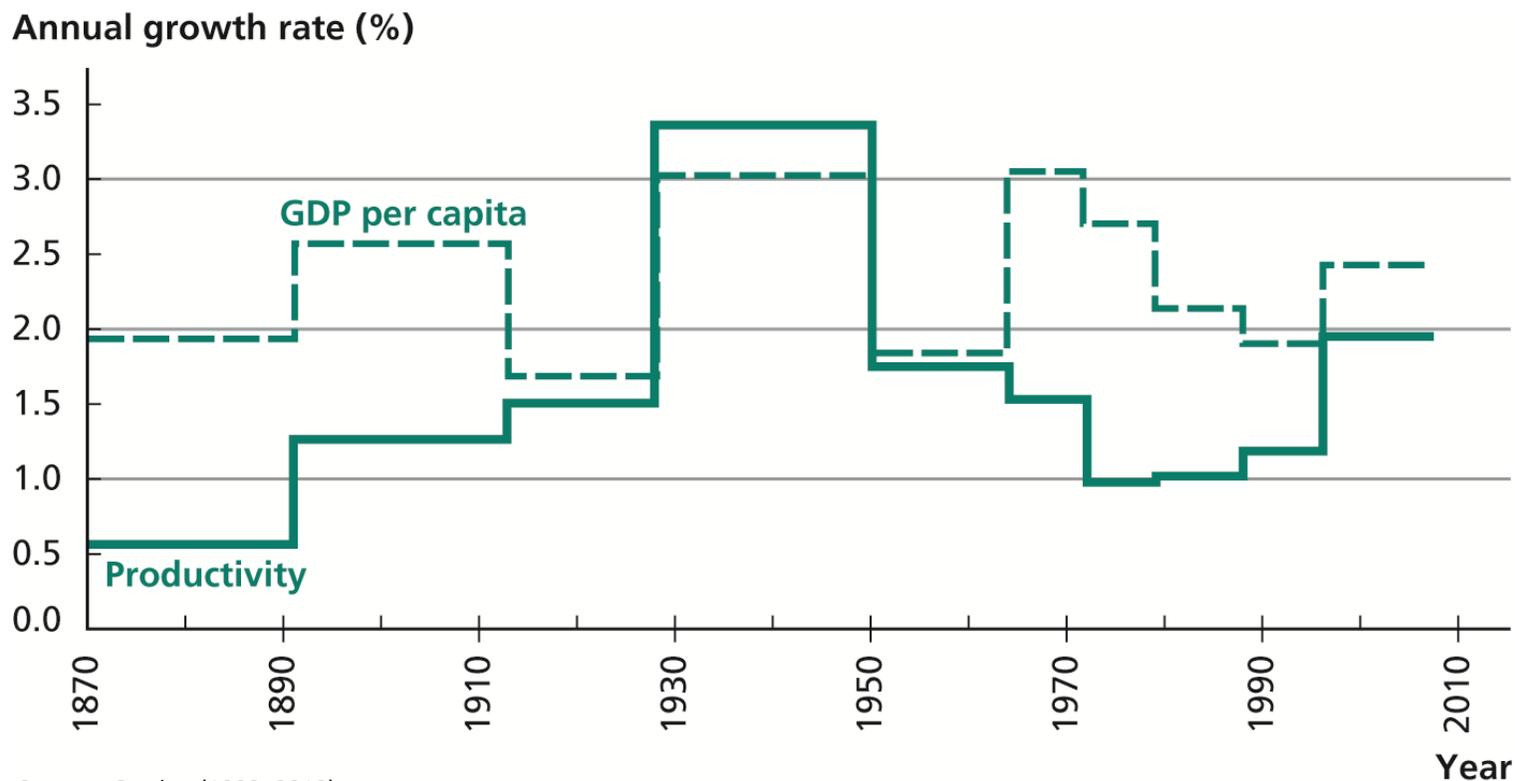
Velocidade do progresso tecnológico

- O que há de realmente revolucionário nesse período?
 - Tecnologias introduzidas foram revolucionárias, mas seu impacto imediato sobre o crescimento econômico foi pequeno porque foram inicialmente confinadas a algumas poucas indústrias.
 - A Revolução Industrial foi um início. A mudança tecnológica rápida, a substituição de processos de produção antigos e a introdução contínua de novos bens surgiram nesse período.
 - O padrão de crescimento contínuo que se iniciou foi revolucionário em relação ao que veio anteriormente.

Velocidade do progresso tecnológico

- *Progresso tecnológico desde a Revolução Industrial*
- Entre 1870 e 2007 os EUA superaram a Grã-Bretanha e se tornaram o país mais tecnologicamente avançado do mundo.

Figura 9.3 Crescimento do produto e da produtividade dos EUA, 1870–2007



Velocidade do progresso tecnológico

- Aspectos importantes:
 - Houve um período de crescimento elevado da produtividade total de fatores de 1890 a 1971.
 - Período mais impactante sobre o dia-a-dia das pessoas.
 - Difusão de várias tecnologias: lâmpada, refrigeração, ar condicionado, telefone, automóvel, viagem aérea, rádio, televisão e encanamento doméstico.

Velocidade do progresso tecnológico

- Aspectos importantes:
 - Redução abrupta do crescimento da produtividade a partir do início da década de 1970.
 - *Desaceleração da produtividade*
 - Passou de 1,99% a.a. em 1890-1971 para 1,06% a.a. entre 1972 e 1995. Ocorreu nos EUA e no mundo desenvolvido.
 - A causa foi provavelmente uma queda da eficiência da economia dos EUA.
 - Afetou indústrias relacionadas a produção e energia, devido aos aumentos do preço do petróleo em 1973 e 1979. Recessões de 1974 e 1981-1983 deixou muito capital ocioso.

Velocidade do progresso tecnológico

- Aspectos importantes:
 - Aumento da taxa de crescimento da produtividade a partir de meados da década de 1990.
 - Crescimento da produtividade de 1,95% a.a. entre 1995 e 2007. Mesma média do período anterior à desaceleração da produtividade.
 - Terceira Revolução Industrial (?)
 - Centrada em tecnologias de informação (computação e telecomunicações).

FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DE TECNOLOGIA

Função de produção de tecnologia

- Thomas Edison: “gênio é 1% inspiração e 99% transpiração”.
- O progresso tecnológico não ocorre espontaneamente, mas é o resultado de um esforço deliberado.
- Função de produção de tecnologia: é um função em que o produto é novas tecnologias e os insumos são as coisas que usamos para criar novas tecnologias.

Função de produção de tecnologia

- Economia moderna: insumos são trabalho e capital humano de pesquisadores, juntamente com o capital (laboratórios, computadores, etc.) que eles usam.
- Em 1950-2007, o número de pesquisadores envolvidos com P&D nos países G-5 (EUA, Reino Unido, França, Alemanha e Japão) aumentou de 251.000 para 3,5 milhões (um fator de 14).

Função de produção de tecnologia

- Com relação ao produto da função de produção de tecnologia, a melhor evidência é a taxa de crescimento da produtividade. Temos um crescimento da produtividade em queda ou, na melhor das hipóteses, constante, no período após a Segunda Guerra Mundial.
 - Apesar da imperfeição da medida, os dados não mostram um aumento de longo prazo da taxa de progresso tecnológico.

Função de produção de tecnologia

- Comparando insumos e produtos, temos um fato: *o insumo para o progresso tecnológico cresceu muito ao longo do tempo, enquanto que a taxa de crescimento da tecnologia não cresceu.*
 - Quais as implicações deste fato?
- A função de produção de tecnologia usada anteriormente possui duas hipóteses importantes sobre como as novas tecnologias produtivas são criadas.

Equação 9.4

$$\hat{A} = \frac{L_A}{\mu}$$

Função de produção de tecnologia

- O conhecimento científico é cumulativo.
- A natureza cumulativa do progresso tecnológico possui efeitos positivos e negativos sobre a facilidade de se fazer P&D:
 1. Pesquisadores de hoje possuem uma base maior de conhecimento para construir um conjunto maior de ferramentas do que os que vieram antes. Logo, os pesquisadores de hoje deveriam ser mais produtivos do que os do passado. (efeito positivo)

Função de produção de tecnologia

2. Pesquisadores de hoje devem ter mais dificuldade em fazer descobertas ou em imaginar novas tecnologias do que os do passado, pois as descobertas mais fáceis já foram feitas. Logo, os pesquisadores de hoje deveriam ser menos produtivos do que os do passado. (efeito negativo)
 - “Efeito esgotamento” ou “efeito exaustão” (fishing out effect)
 - Os pesquisadores de hoje devem ter mais esforços a fim de aprender o necessário para trabalhar na fronteira.

Função de produção de tecnologia

- A função de produção usada no texto faz uma hipótese importante: supõe que a taxa de crescimento da tecnologia depende apenas dos recursos destinados para P&D, e não do nível de tecnologia.
 - Os benefícios de ter melhores ferramentas para trabalhar cancelam exatamente os efeitos negativos de já ter feito as descobertas mais fáceis.

Função de produção de tecnologia

- A hipótese de que os efeitos se cancelam provavelmente *não* é justificada.
 - Como os insumos de trabalho para P&D aumentaram muito e a velocidade do progresso tecnológico permaneceu constante ou caiu, temos que provavelmente o efeito dominante é o negativo de já ter feito as descobertas fáceis.
 - A predominância do efeito negativo pode ser vista de outra forma: as grandes invenções do passado eram resultado de inventores trabalhando sozinhos, enquanto as invenções atualmente são resultado de grandes equipes com muito dinheiro.

Função de produção de tecnologia

- A função de produção de tecnologia faz outra hipótese: a taxa de crescimento da tecnologia é proporcional ao número de pessoas envolvidas com P&D.
- Essa hipótese é razoável?
 - Para muitas atividades econômicas, sim.

Função de produção de tecnologia

- Essa hipótese é razoável?
 - Para a função de produção de tecnologia, essa hipótese *não* é apropriada. Esta função é caracterizada por retornos decrescentes de escala.
 - Como o conhecimento é não-rival e muitos grupos de pessoas estão tentando criar o mesmo acréscimo de conhecimento, temos que os esforços da maioria deles será desperdiçado. Uma vez que uma pessoa tenha criado o conhecimento e divulgado (ou patenteado), os esforços dos demais terão sido desperdiçados. (duplicação de esforços)

Função de produção de tecnologia

- Exemplos de esforços desperdiçados:
 - Charles Darwin e Alfred Wallace – teoria da seleção natural.
 - Henry Bessemer e William Kelley – processo de Bessemer para produção de aço.
 - Alexander Graham Bell e Elisha Gray – invenção do telefone
 - Gray chegou duas horas depois para registrar a patente.

Função de produção de tecnologia

- Quanto mais esforços são destinados a P&D, maior é a chance de duplicação de esforços.
 - A destinação de mais esforços para P&D não vai gerar um aumento proporcional da velocidade do progresso tecnológico.

Função de produção de tecnologia

- São necessárias duas modificações da função de produção:
 1. À medida que o nível de tecnologia aumenta, a obtenção de novas descobertas se torna cada vez mais difícil.
 2. À medida que os esforços destinados a P&D aumentam, a eficácia de cada pesquisador cai.
 - Ambas implicam que cada vez mais insumos são necessários para manter a velocidade atual do progresso tecnológico.

Função de produção de tecnologia

- É possível manter a velocidade do progresso tecnológico, ou ela irá diminuir?
- Fontes possíveis de crescimento no montante de trabalho destinado a P&D:
 - A força de trabalho total poderia crescer.
 - Não deve acontecer, pois as taxas de crescimento da população não devem aumentar e a incorporação de mulheres na força de trabalho deve se desacelerar.

Função de produção de tecnologia

- A fração da força de trabalho envolvida com pesquisa poderia crescer.
 - É possível, mas não obviamente no muito longo prazo por causa do limite de 100%. A fração da força de trabalho envolvida com P&D nos EUA aumentou de 0,25% em 1950 para 0,92% em 2007. Aumentos semelhantes ocorreram em outros países da fronteira. O limite para aumento da fração deve ser bem abaixo de 100%, uma vez que nem todos os membros da força de trabalho são capazes de fazer pesquisa científica.

Função de produção de tecnologia

- Novos membros poderiam ser adicionados à lista de países que fazem pesquisa de fronteira.
 - É possível. Muitos países na fronteira de pesquisa são novos. A adição de novos membros permite que o grupo de países de fronteira expanda o conjunto de trabalhadores do qual os pesquisadores podem ser retirados.

Tabela 9.2 Patentes e patentes por milhão de residentes, EUA, 2010

Country	Patents	Patents per Million Residents
Taiwan	9,635	418.5
Japan	46,978	368.2
Israel	1,917	260.7
Finland	1,232	234.4
Switzerland	1,889	247.8
Sweden	1,594	175.7
South Korea	12,508	257.2
Germany	13,633	167.0
Canada	5,513	163.3
Hong Kong	716	101.0
Singapore	633	123.2
Luxembourg	44	88.4
Denmark	766	138.9
Netherlands	1,919	115.8
Iceland	25	80.9
Austria	905	110.2
Australia	2,079	96.6
Belgium	896	86.0
France	5,038	77.8
Norway	448	95.8
United Kingdom	5,038	80.8
Ireland	275	59.5
New Zealand	232	54.6
Italy	2,254	37.1

Source: U.S. Patent and Trademark Office, http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/cst_all.htm

Função de produção de tecnologia

- Conclusão: o progresso tecnológico contínuo exige a destinação de um número crescente de trabalhadores para P&D. Não há nenhuma restrição imediata que impeça essa expansão.
- No muito longo prazo, supondo que ocorra a estabilização da população mundial, o montante de trabalho destinado à P&D irá parar de crescer. Com isso, a taxa de crescimento da tecnologia irá diminuir.

**PROGRESSO TECNOLÓGICO
DIFERENCIADO**

Progresso tecnológico diferenciado

- A velocidade do progresso tecnológico é muito diferente em vários setores da economia.
- Mudanças diferenciadas na tecnologia produtiva são refletidas em mudanças nos preços relativos de bens.
 - Bens onde haja maior crescimento da produtividade se tornam baratos em relação a bens onde o avanço tecnológico foi lento.

Progresso tecnológico diferenciado

- O que as taxas diferenciadas de progresso tecnológico implicam para o crescimento econômico?
 - O progresso tecnológico é mais importante quando ocorre em um setor maior.

Progresso tecnológico diferenciado

- A taxa média de progresso tecnológico para a economia como um todo será uma média ponderada das taxas de progresso nos diversos setores da economia, com os pesos proporcionais à fração do produto total obtida naquele setor (tamanho do setor).
 - Para um setor grande (p. ex. produção de automóveis), o peso será grande.
 - Um aumento modesto de produtividade no setor de produção de automóveis tem um peso maior do que um aumento imenso de produtividade na produção de escovas de dente.

Progresso tecnológico diferenciado

- A taxa média de progresso tecnológico tem um impacto direto sobre o crescimento do produto na economia como um todo.
 - No modelo do capítulo anterior, o produto por trabalhador cresce no estado estacionário à taxa de crescimento da produtividade, que por sua vez reflete a taxa de progresso tecnológico.

Progresso tecnológico diferenciado

- Exemplos teóricos

1. Pão e queijo

- Dois bens são complementos perfeitos, consumidos à razão fixa de um para um.
- Produtividade no setor de pães cresce à taxa de 2% a.a., e a produtividade na indústria de queijo não cresce.
- Recursos (capital e trabalho) saem da produção de pães e vão para a produção de queijo.

Progresso tecnológico diferenciado

- Movimento de fatores da indústria de alta produtividade (pães) para a indústria de baixa produtividade (queijo) diminui o crescimento da produtividade e em parte compensa o progresso tecnológico que ocorre na indústria de pães.
- No longo prazo, a produção de pães estará tão avançada tecnologicamente que a economia irá destinar recursos insignificantes para a produção de pães. Quase todo o capital e o trabalho serão destinados à produção de queijo.

Progresso tecnológico diferenciado

- A cada ano algum capital e trabalho usados na produção de pães será deslocado para a indústria do queijo, mas a indústria de pães usará tão poucos recursos que estes acréscimos à indústria de queijo terão um efeito minúsculo sobre a produção de queijo.
- O crescimento do produto da economia como um todo será quase nulo, isto é, quase a taxa de crescimento da produtividade da indústria de queijo.

Progresso tecnológico diferenciado

- *Representação matemática do problema*
- Funções de produção de pães (b) e queijo (c):

$$Y_b = A_b L_b$$

$$Y_c = A_c L_c$$

Progresso tecnológico diferenciado

- A produção de bens finais em termos per capita é dada por

$$y_b = A_b$$

$$y_c = A_c$$

- No longo prazo teremos $\hat{y}_b = \hat{A}_b$ e $\hat{y}_c = \hat{A}_c$.

Progresso tecnológico diferenciado

- O trabalho L constante é alocado entre os dois setores de produção de bens finais (pleno emprego):

$$L = L_b + L_c$$

- A proporção de trabalho em cada setor é dada por $\gamma_i \equiv \frac{L_i}{L}$, onde $i = b, c$. Logo

$$\gamma_b + \gamma_c = 1$$

Progresso tecnológico diferenciado

- Para um preço relativo fixo entre pães e queijo, dado por um, temos que a produção de bens finais é dada por

$$Y = Y_b + Y_c$$

- Em termos por trabalhador, temos

$$\frac{Y}{L} = \frac{L_b}{L} \frac{Y_b}{L_b} + \frac{L_c}{L} \frac{Y_c}{L_c}$$

$$y = \gamma_b y_b + \gamma_c y_c$$

Progresso tecnológico diferenciado

- Substituindo a função de produção dos dois setores, vem

$$y = \gamma_b A_b + \gamma_c A_c$$

- Os pesos γ_b e γ_c são constantes em um dado momento no tempo. São também constantes no longo prazo. O valor dos pesos no longo prazo depende da relação entre os dois bens (complementares ou substitutos).

Progresso tecnológico diferenciado

- No caso, os bens são complementares perfeitos. A dinâmica do trabalho se dá pela saída de um setor dinâmico (pães) para o outro estagnado (queijo) a fim de manter a mesma quantidade produzida.

Logo, temos

$$\dot{L}_c = -\dot{L}_b$$

Progresso tecnológico diferenciado

- Se no instante inicial temos $\gamma_b = \gamma_c = 1/2$, então a taxa de crescimento no momento inicial é dada pela média entre as taxas de crescimento da produtividade.
- No longo prazo, temos para bens complementares perfeitos que $\gamma_b \cong 0$ e $\gamma_c \cong 1$, dado que o setor de pães é mais dinâmico que o de queijo. Daí vem que $y \cong A_c$, o que implica $\hat{y} \cong \hat{A}_c$. O setor menos dinâmico dá o ritmo de crescimento da economia.

Progresso tecnológico diferenciado

2. Manteiga e margarina

- Dois bens são substitutos perfeitos, de modo que os consumidores irão consumir o mais barato.
- Produtividade na indústria de margarina cresce à taxa de 2% a.a., enquanto a produtividade da indústria de manteiga é constante.
- No instante inicial, a manteiga é mais barata que a margarina.
- Consumidores consomem manteiga.

Progresso tecnológico diferenciado

- Taxa de progresso tecnológico inicial é a da indústria de manteiga, que é nula.
- Com o progresso tecnológico na margarina, o preço da margarina cai em relação ao da manteiga.
- Em um dado momento, a margarina se torna mais barata que a manteiga. A economia deixa de produzir apenas manteiga e passa a produzir apenas margarina.
- A taxa de crescimento da economia como um todo aumenta, pois o progresso tecnológico relevante agora é o da indústria de margarina.

Progresso tecnológico diferenciado

- Neste segundo exemplo, a taxa de crescimento da tecnologia se acelera ao longo do tempo.

Progresso tecnológico diferenciado

- *Representação matemática do problema*
- Funções de produção de manteiga (b) e margarina (m):

$$Y_b = A_b L_b$$
$$Y_m = A_m L_m$$

Progresso tecnológico diferenciado

- A produção de bens finais em termos per capita é dada por

$$y_b = A_b$$

$$y_m = A_m$$

- No longo prazo teremos $\hat{y}_b = \hat{A}_b$ e $\hat{y}_m = \hat{A}_m$.

Progresso tecnológico diferenciado

- O trabalho L constante é alocado entre os dois setores de produção de bens finais (pleno emprego):

$$L = L_b + L_m$$

- A proporção de trabalho em cada setor é dada por $\gamma_i \equiv \frac{L_i}{L}$, onde $i = b, m$. Logo

$$\gamma_b + \gamma_m = 1$$

Progresso tecnológico diferenciado

- Para um preço relativo fixo entre manteiga e margarina, dado por um, temos que a produção de bens finais é dada por

$$Y = Y_b + Y_m$$

- Em termos por trabalhador, temos

$$\frac{Y}{L} = \frac{L_b}{L} \frac{Y_b}{L_b} + \frac{L_m}{L} \frac{Y_m}{L_m}$$

$$y = \gamma_b y_b + \gamma_m y_m$$

Progresso tecnológico diferenciado

- Substituindo a função de produção dos dois setores, vem

$$y = \gamma_b A_b + \gamma_m A_m$$

- Os pesos γ_b e γ_c são constantes em um dado momento no tempo. São também constantes no longo prazo. O valor dos pesos no longo prazo depende da relação entre os dois bens (complementares ou substitutos).

Progresso tecnológico diferenciado

- No caso, os bens são substitutos perfeitos. Inicialmente temos $L_b = L$, o que implica $\gamma_b = 1$ e $\gamma_m = 0$. Daí vem que $y = A_b$, o que implica $\hat{y} = \hat{A}_b$. Inicialmente, o crescimento da economia é dado pelo crescimento da produtividade do setor estagnado.

Progresso tecnológico diferenciado

- A dinâmica do trabalho se dá pela saída de um setor estagnado (manteiga) para um setor dinâmico (margarina) quando o preço da margarina cai o suficiente por meio do aumento da produtividade. No longo prazo, temos que $L_m = L$, o que implica $\gamma_b = 0$ e $\gamma_m = 1$. Daí vem que $y = A_m$, o que implica $\hat{y} = \hat{A}_m$. No longo prazo, o crescimento da economia é dado pelo crescimento da produtividade do setor dinâmico.

Progresso tecnológico diferenciado

- Conclusões
 - A diferença principal é o que acontece com a fração do gasto destinada ao setor com progresso tecnológico rápido.
 - Exemplo 1: cai ao longo do tempo, e por isso a taxa de progresso tecnológico cai ao longo do tempo.
 - Exemplo 2: aumenta ao longo do tempo, e por isso a taxa de progresso tecnológico aumenta ao longo do tempo.

Progresso tecnológico diferenciado

- Conclusão geral:
 - Se a fração da renda gasta em setores com crescimento tecnológico rápido aumenta ao longo do tempo, então as taxas de crescimento da tecnologia e do produto total também aumentam.
 - Se a fração gasta com estes setores cai, então as taxas de crescimento da tecnologia e do produto total caem.

Progresso tecnológico diferenciado

- *Progresso tecnológico no mundo real: bens versus serviços*
 - Bens: progresso tecnológico é alto.
 - Serviços: em muitos casos, o progresso tecnológico é baixo.
 - EUA: fração do consumo total gasto com serviços aumentou de 40% em 1950 para 67% em 2010.

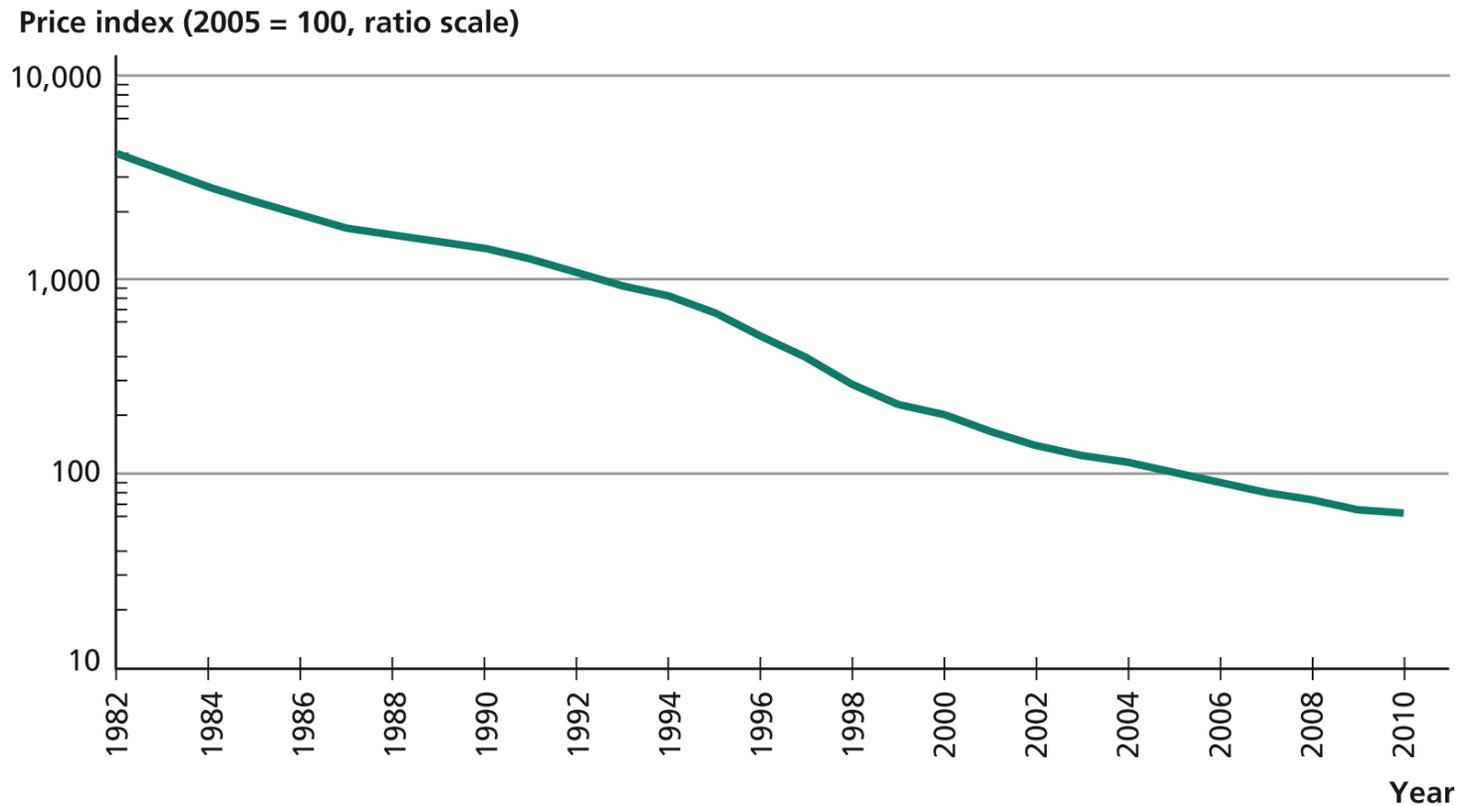
Progresso tecnológico diferenciado

- Atividade econômica está se deslocando para o setor com menor crescimento da produtividade.
 - William J. Baumol: chama esse deslocamento de *doença do custo*.
- Isso implica um crescimento da tecnologia mais baixo no futuro.
- Essa conclusão pode ser alterada se a mudança tecnológica futura nos dois setores for diferente da do passado.

Progresso tecnológico diferenciado

- *Progresso tecnológico no mundo real: tecnologia da informação*
 - Avanço tecnológico rápido e preços em queda.
 - Entre 1982 e 2010, o índice de preços de computadores caiu em média 13,8% a.a., com uma queda no período por um fator de 65.

Figura 9.5 Preço dos computadores, 1982–2010

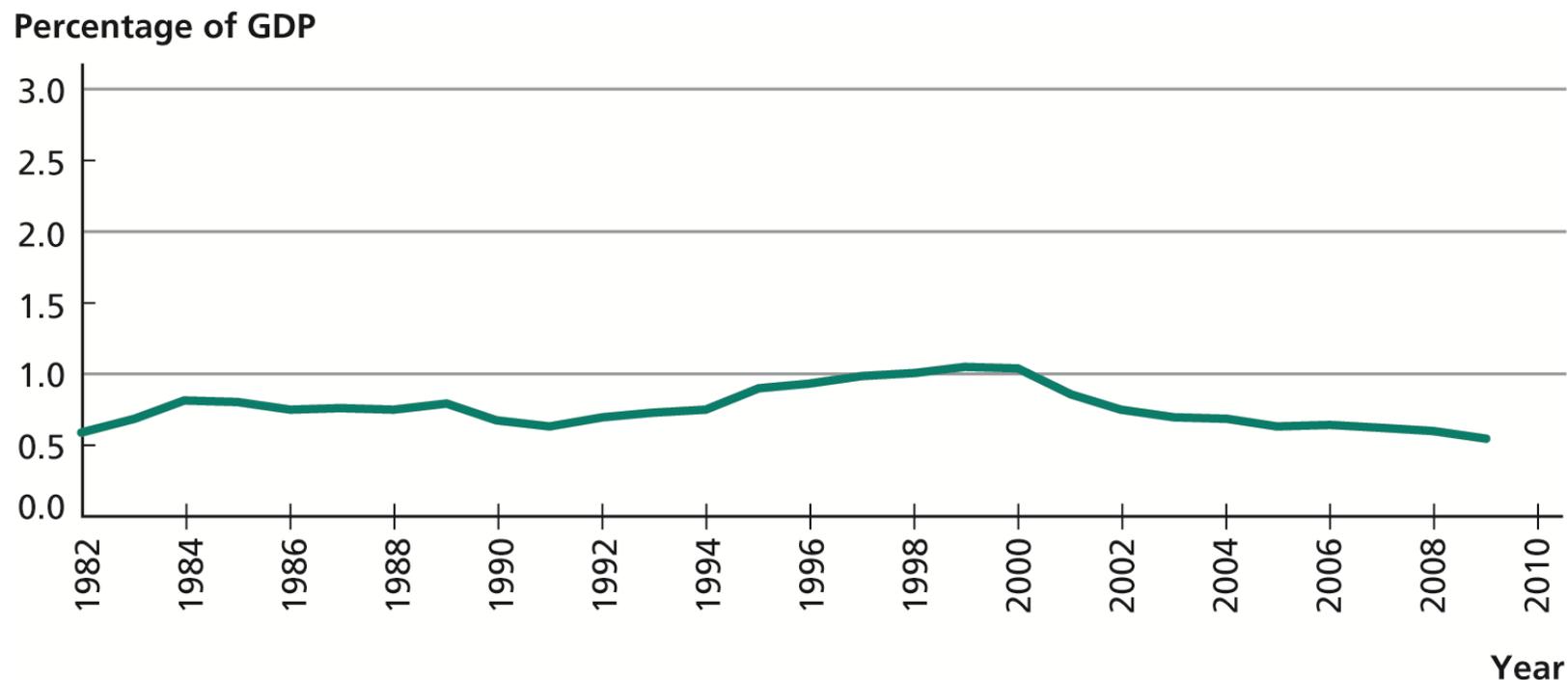


Source: U.S. Department of Commerce, National Income and Product Accounts, Table 1.5.4. Includes both computers and peripherals.

Progresso tecnológico diferenciado

- Como a taxa de crescimento da tecnologia da economia como um todo será afetada?
 - Não está claro se o montante total do gasto com computadores irá aumentar, baixar ou permanecer constante. Até aqui, a resposta parece ser “permanecer constante”.

Figura 9.6 Investimento em computadores como percentual do PIB, 1982–2009

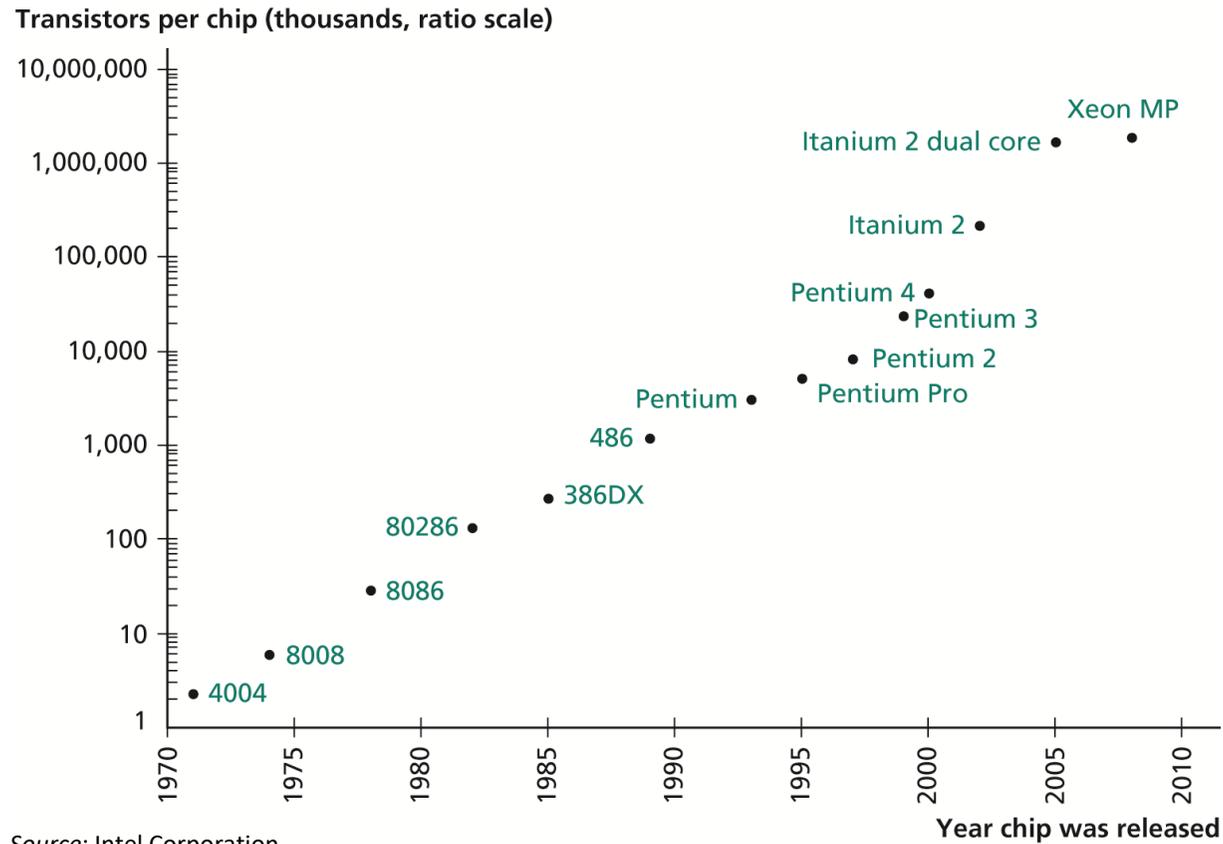


Source: U.S. Department of Commerce, National Income and Product Accounts, Table 5.5.5. Includes both computers and peripherals.

Progresso tecnológico diferenciado

- *Curiosidade: Lei de Moore*
 - O poder dos microprocessadores irá dobrar a cada 18 meses.

Figura 9.4 Lei de Moore vista nos microprocessadores da Intel



CONCLUSÕES

Conclusões

- Progresso tecnológico: fonte principal de crescimento econômico no longo prazo.
- Revolução Industrial acelerou o progresso tecnológico.
- Velocidade da mudança variou: ondas de crescimento rápido se alternaram com períodos de lentidão.

Conclusões

- Transformação de níveis de vida em termos quantitativos e qualitativos.
- Dia-a-dia mudou mais nos últimos 200 anos do que nos 7.000 anos anteriores.

Conclusões

- O avanço rápido vai continuar?
 - A fração das pessoas envolvidas com P&D aumentou, mas o progresso tecnológico permaneceu aproximadamente constante. Há um efeito negativo da P&D passada sobre o progresso tecnológico corrente. Isso requer mais insumos direcionados para P&D. Isso é possível.

Conclusões

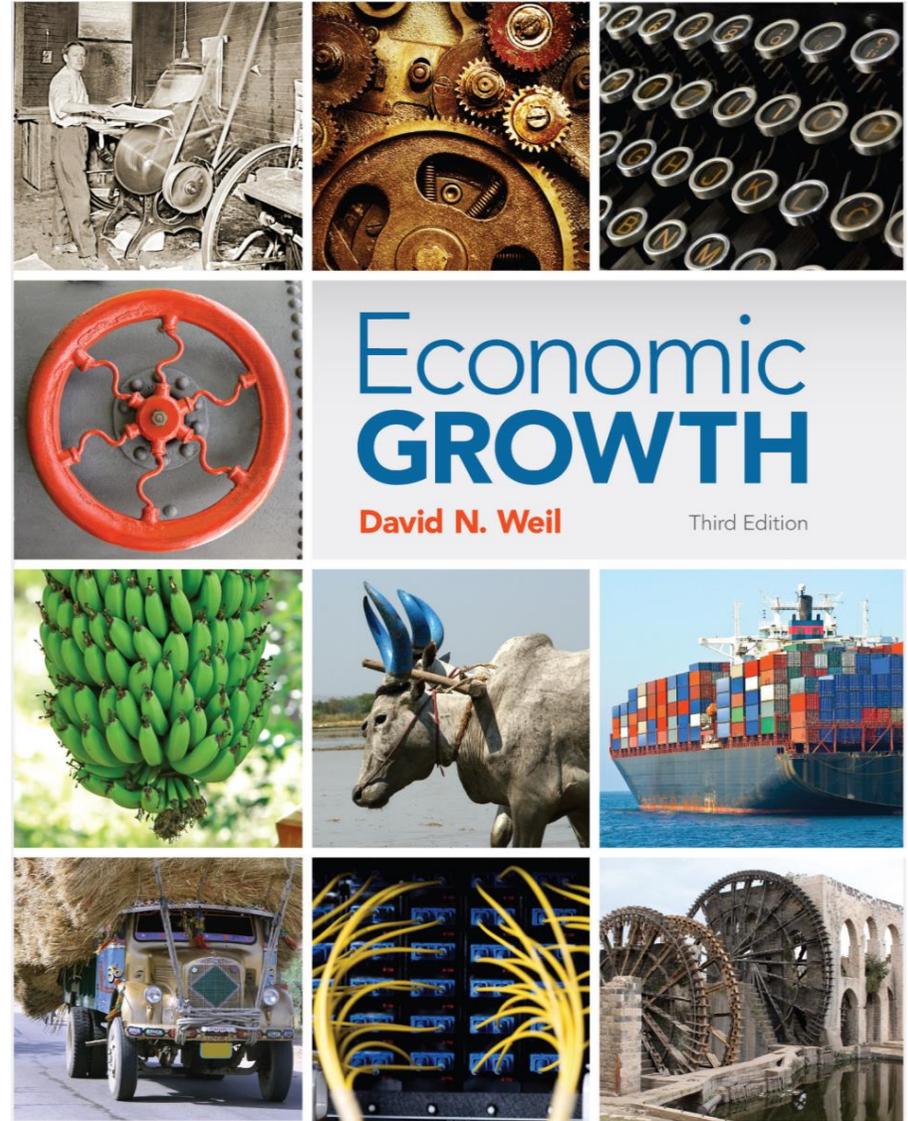
- O avanço rápido vai continuar?
 - É importante o setor em que o progresso tecnológico ocorre. Para que o padrão de vida suba, o progresso tecnológico deve ocorrer nos setores que representam uma fração grande do gasto total. É preciso avaliar se essa fração está crescendo ou diminuindo ao longo do tempo.

Vídeo

- “A Guerra Elétrica – a disputa entre Edison, Westinghouse e Tesla”
- <http://www.youtube.com/watch?v=vewg4uviZAw>

Capítulo 9

Apêndice: Versão aperfeiçoada da função de produção de tecnologia



Apêndice

- Função de produção completa

$$\hat{A} = \left(\frac{1}{\mu} \right) L_A^\lambda A^{-\varphi}$$

$$0 < \lambda < 1$$

$$0 < \varphi < 1$$

- λ : capta a duplicação dos esforços. Quanto mais próximo de 1, menor a duplicação dos esforços.

Apêndice

- Função de produção completa

$$\hat{A} = \left(\frac{1}{\mu} \right) L_A^\lambda A^{-\varphi}$$

$$0 < \lambda < 1$$

$$0 < \varphi < 1$$

- φ : capta o efeito esgotamento. Quanto mais próximo de 1, mais presente estará o efeito negativo.

