

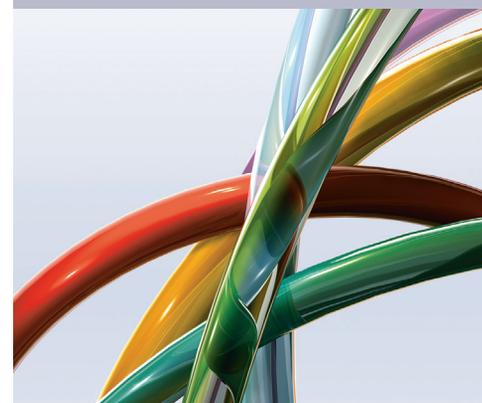
# Produção

Nos últimos três capítulos enfocamos o *lado da demanda* do mercado — as preferências e o comportamento dos consumidores. Agora, voltamos para o *lado da oferta*, examinando o comportamento dos produtores. Veremos o modo pelo qual as empresas organizam eficientemente a produção e como os custos de produção variam à medida que ocorrem alterações nos preços dos insumos e nos níveis de produção. Veremos também que há grandes semelhanças entre as decisões de otimização por parte das empresas e por parte dos consumidores. Em outras palavras, a compreensão do comportamento do consumidor vai nos ajudar a entender o comportamento do produtor.

Neste capítulo e no próximo examinaremos a **teoria da firma**, que mostra como uma empresa toma decisões de produção com base na minimização dos custos e como eles variam com o volume produzido. O conhecimento da teoria da produção e do custo ajudará a entender as características da oferta de mercado. A teoria da produção e do custo é de importância fundamental também para a administração econômica da empresa. Pense em alguns dos problemas com os quais uma empresa como a General Motors muitas vezes se defronta. Quantos equipamentos e quanta mão de obra na linha de montagem deverão ser empregados em novas fábricas de automóveis? Caso a empresa queira aumentar a produção, será que deveria contratar mais trabalhadores, construir novas fábricas, ou ambos? Será mais lógico que determinada fábrica de automóveis produza diferentes modelos ou que cada modelo seja produzido em uma fábrica separada? Quais os custos que a GM deveria esperar para o próximo ano? De que forma tais custos poderiam variar ao longo do tempo e como poderiam ser influenciados pelo nível de produção? Questões como essas não se aplicam apenas a empresas privadas, mas também a outros produtores de bens e serviços, como órgãos governamentais e organizações sem fins lucrativos.

## AS DECISÕES EMPRESARIAIS SOBRE A PRODUÇÃO

Nos capítulos 3 e 4, para estudar o comportamento do consumidor nós o dividimos em três etapas. Primeiro, explicamos como descrever as preferências do consumidor. Segundo, consideramos o fato de que os



### ESTE CAPÍTULO DESTACA

- |     |  |     |
|-----|--|-----|
| 6.1 | As empresas e suas decisões de produção    | 192 |
| 6.2 | Produção com um insumo variável (trabalho) | 196 |
| 6.3 | Produção com dois insumos variáveis        | 206 |
| 6.4 | Rendimentos de escala                      | 213 |

### LISTA DE EXEMPLOS

- |     |   |     |
|-----|---|-----|
| 6.1 | Uma função de produção para a saúde           | 201 |
| 6.2 | Malthus e a crise de alimentos                | 203 |
| 6.3 | Produtividade do trabalho e padrão de vida    | 204 |
| 6.4 | Uma função de produção para o trigo           | 211 |
| 6.5 | Rendimentos de escala na indústria de tapetes | 215 |

consumidores possuem restrições orçamentárias. Em seguida, vimos como, dadas as preferências e as restrições orçamentárias, eles podem escolher combinações de bens para maximizar sua satisfação. As decisões das empresas sobre a produção são semelhantes às dos consumidores sobre a compra de bens e, da mesma maneira, podem ser entendidas em três etapas:

1. **Tecnologia de produção:** precisamos de um modo prático de descrever como os *insumos* (trabalho, capital e matérias-primas, por exemplo) podem ser transformados em *produção* (como carros e televisores). Assim como o consumidor pode alcançar determinado nível de satisfação comprando diferentes combinações de bens, uma empresa pode gerar determinado nível de produção usando diferentes combinações de insumos. Um fabricante de eletrônicos, por exemplo, pode produzir 10 mil televisores por mês empregando substancial quantidade de mão de obra (se os funcionários montarem os aparelhos à mão, por exemplo) e muito pouco capital, ou construindo uma fábrica capital intensiva, totalmente automatizada, e usando pouquíssima mão de obra.
2. **Restrições de custo:** as empresas precisam levar em conta o *preço* do trabalho, do capital e de outros insumos. Assim como o consumidor está sujeito a um orçamento limitado, a empresa terá de se preocupar com o custo de produção. Uma fábrica que produza, por exemplo, 10 mil televisores por mês vai querer fazê-lo de forma que minimize o custo total de produção, o qual é determinado em parte pelo preço dos insumos utilizados.
3. **Escolha de insumos:** dada a tecnologia de produção, o preço do trabalho e outros insumos, a empresa necessita escolher *quanto de cada insumo* vai usar em seu processo produtivo. Assim como o consumidor leva em conta o preço dos diferentes bens ao decidir a quantidade de cada um que será comprada, a empresa precisa levar em conta o preço dos diferentes insumos ao decidir a quantidade de cada um que será usada. Se nossa fábrica de eletrônicos opera em um país com baixos níveis salariais, talvez opte por produzir televisores usando muito trabalho e pouco capital.

#### teoria da firma

Explicação sobre como as empresas tomam decisões de minimização de custos e como esses custos variam com a produção.

Essas três etapas, que formam os alicerces da teoria da firma, serão discutidas em detalhes neste capítulo e no próximo. Também abordaremos outros aspectos importantes do comportamento da empresa. Por exemplo, supondo que a firma está sempre usando uma combinação de insumos que minimiza o custo, veremos como o custo total da produção varia conforme a quantidade produzida e como se pode escolher a quantidade que maximizará os seus lucros.

Começamos este capítulo discutindo a natureza da firma e perguntando as razões da existência das empresas. Em seguida, vamos mostrar como a tecnologia de produção da empresa pode ser representada na forma de uma *função de produção* — uma descrição resumida de como os insumos se transformam em produtos. Em seguida, usamos a função de produção para mostrar como a produção muda quando somente um dos insumos (trabalho) varia, mantendo-se fixos os demais insumos. Depois, passamos ao caso mais geral, no qual a empresa pode variar todos os seus insumos, e mostramos como ela escolhe uma combinação que minimiza os custos. Em particular, vamos prestar atenção à *escala* de operação da empresa. Será que há, por exemplo, vantagens tecnológicas capazes de tornar a empresa mais produtiva à medida que sua escala aumenta?

## 6.1 As empresas e suas decisões de produção

As empresas, conforme as conhecemos hoje, são uma invenção relativamente nova. Na primeira metade do século XIX, quase toda a produção era feita pelos agricultores, artesãos, indivíduos que fabricavam tecidos e roupas, e comerciantes que compravam e vendiam diversas mercadorias. Isso acontecia nos Estados Unidos, Europa e em todas as partes do mundo. O conceito de uma firma — dirigida por administradores que não são os

proprietários, e que contratam e administram um grande número de trabalhadores — nem sequer existia. As modernas corporações surgiram somente no final do século XIX.<sup>1</sup>

Hoje, aceitamos as empresas como algo comum. É difícil para nós imaginar a produção de automóveis sem grandes montadoras como a Ford e a Toyota, a produção de petróleo e gás natural sem empresas como a Petrobrás e a Shell, ou mesmo a produção de cereais matinais sem companhias como a Kellogg e a General Mills. Pare por um instante e pense se de fato precisamos de empresas para produzir os bens e serviços que consumimos regularmente. Essa foi a pergunta levantada por Ronald Coase em um famoso artigo de 1937: se os mercados trabalham tão bem na alocação de recursos, por que precisamos de empresas?<sup>2</sup>

## POR QUE EXISTEM EMPRESAS?

Será que precisamos mesmo de empresas para produzir carros? Por que os carros não poderiam ser fabricados por um grupo de indivíduos trabalhando independentemente e contratados entre si quando fosse apropriado, em vez de serem empregados da Chevrolet, por exemplo? Algumas pessoas não poderiam projetar um carro (por certo valor), outras comprariam o aço, alugariam o equipamento necessário para moldar o aço nas formas exigidas pelo projeto e depois fazer a moldagem (também por valores negociados), outras pessoas fariam as rodas e radiadores, ainda alguns montariam as diversas peças, e assim por diante, onde, novamente, cada tarefa seria realizada por um valor negociado?

Ou então pense em outro exemplo: nós — autores deste livro — trabalhamos para universidades, que são basicamente empresas que oferecem serviços de educação junto com pesquisa. Recebemos salários mensais e, em troca, devemos ensinar regularmente (para alunos recrutados por nossas “empresas” e em salas de aula que as “empresas” oferecem), realizar pesquisa e escrever (nos escritórios que nossas “empresas” nos dão) e executar tarefas administrativas. Não poderíamos simplesmente evitar as universidades e oferecer nossos serviços de ensino com pagamento por hora em salas alugadas para alunos que aparecem e nos pagam e, de modo semelhante, realizar pesquisa com base em um preço pago de acordo com a realização do trabalho? Precisamos mesmo de escolas e universidades, com todos os seus custos adicionais?

Em princípio, carros poderiam realmente ser produzidos por uma grande quantidade de trabalhadores independentes, e uma educação poderia ser ofertada por diversos professores independentes. Esses trabalhadores ofereceriam seus serviços por valores negociados, e esses valores seriam determinados pela oferta e demanda do mercado. Porém, não levaria muito tempo para notar que tal sistema de produção seria extremamente ineficaz. Pense em como seria difícil para os trabalhadores independentes decidirem quem fará o que para produzir carros, e para negociar os valores que cada um cobrará por tarefa. E se houvesse qualquer mudança no projeto do carro, todas essas tarefas e valores teriam que ser renegociados. Para os carros produzidos dessa forma, a qualidade provavelmente seria péssima, e o custo astronômico.

As empresas oferecem um meio de *coordenação* de extrema importância, cuja falta seria muito sentida se os trabalhadores operassem de modo independente. As empresas eliminam a necessidade de que cada trabalhador negocie cada tarefa que realizará e os preços a serem pagos por essas tarefas. As empresas podem evitar esse tipo de negociação por meio de administradores que *direcionam a produção de trabalhadores assalariados* — eles dizem aos trabalhadores o que e quando fazer, e os trabalhadores (bem como os próprios administradores) simplesmente recebem seus salários mensais ou semanais.

1 Para entender a história clássica do desenvolvimento da corporação moderna, consulte Alfred Chandler, Jr., *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*, Cambridge: Harvard University Press, 1977.

2 Ronald Coase, “The Nature of the Firm”, *Economica* v. 4, 1937, p. 386-405. Coase ganhou o Prêmio Nobel de Economia em 1991.

É claro que não há garantias de que uma empresa operará de modo eficiente, e há muitos exemplos de firmas que são ineficientes. Os administradores nem sempre podem monitorar o que os trabalhadores estão fazendo, e os próprios administradores às vezes tomam decisões que são do seu interesse, contrariando o melhor interesse da empresa. Como resultado, a teoria da firma (e, de modo geral, a *economia organizacional*) tornou-se uma área importante da pesquisa microeconômica. A teoria tem aspectos positivos (explicando por que administradores e trabalhadores se comportam de determinada maneira) e aspectos normativos (explicando como as firmas podem ser mais bem organizadas, de modo que operem da forma mais eficiente possível).<sup>3</sup> Discutiremos alguns aspectos da teoria mais adiante neste livro. Neste ponto, enfatizamos apenas que as empresas existem porque permitem que bens e serviços sejam produzidos de uma forma mais eficiente do que sem elas.

## A TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO

O que as empresas fazem? Vimos que elas organizam e coordenam as atividades de grandes quantidades de trabalhadores e administradores. Mas para que finalidade? No nível mais fundamental, elas adquirem *insumos* e os transformam em *produtos*. Esse processo produtivo, transformar insumos em produtos, é a essência do que uma empresa faz. Os insumos, que também são chamados **fatores de produção**, são tudo aquilo que a empresa utiliza no processo produtivo. Em uma padaria, por exemplo, os insumos incluem o trabalho de seus empregados; matérias-primas, como farinha e açúcar; e o capital investido nos fornos, batedeiras e em outros equipamentos necessários à produção de pães, bolos e confeitos.

Como se vê, podemos dividir os insumos em amplas categorias gerais de *trabalho*, *matérias-primas* e *capital*, podendo cada uma delas incluir subdivisões mais limitadas. O trabalho abrange os trabalhadores especializados (carpinteiros, engenheiros) e os não especializados (trabalhadores agrícolas), bem como os esforços empreendedores dos administradores da empresa. As matérias-primas incluem o aço, o plástico, a eletricidade, a água e quaisquer outros materiais que a empresa adquira e transforme em um produto final. O capital inclui o terreno, as instalações, o maquinário e outros equipamentos, bem como os estoques.

## A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

As empresas podem transformar os insumos em produtos de várias maneiras, usando várias combinações de mão de obra, matérias-primas e capital. Podemos descrever a relação entre os insumos do processo produtivo e o produto resultante como uma *função de produção*. Uma **função de produção** indica o produto máximo (volume de produção),  $q$ , que uma empresa produz para cada combinação específica de insumos.<sup>4</sup> Embora na prática as empresas usem inúmeros insumos, para simplificar nossa análise, vamos nos concentrar em apenas dois insumos: o trabalho,  $L$  (labor), e o capital,  $K$ . Podemos então escrever a expressão da função de produção como

$$q = F(K, L) \quad (6.1)$$

Essa equação nos diz que a quantidade de produto depende da quantidade de dois insumos, capital e trabalho. Por exemplo, a função de produção poderia descrever o número de computadores pessoais que seriam produzidos a cada ano por uma empresa que possui uma fábrica com mil metros quadrados e determinado número de operários na linha de montagem. Ou poderia descrever a colheita que um agricultor pode obter com determinada quantidade de equipamentos e trabalhadores.

### fatores de produção

Insumos que entram no processo produtivo (por exemplo, trabalho, capital e matérias-primas).

### função de produção

Função que mostra o produto (ou produção) máximo que uma empresa pode obter para cada combinação específica de insumos.

3 A literatura sobre a teoria da firma é muito vasta. Um dos livros clássicos é Oliver Williamson, *Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications*, New York: Free Press, 1975. (Como reconhecimento pelo seu trabalho acadêmico, Williamson recebeu o Prêmio Nobel de Economia em 2009.)

4 Neste capítulo e nos seguintes, usaremos a variável  $q$  para o produto da empresa e a variável  $Q$  para o produto do setor.

É importante ter em mente que os insumos e produtos são *fluxos*. Assim, por exemplo, nosso fabricante de computadores pessoais emprega certa quantidade de trabalho *por ano* para produzir determinado número de máquinas naquele ano. Embora ele seja dono da fábrica e das máquinas, podemos pensar que paga certo montante anual pelo uso disso tudo. Para simplificarmos, ignoraremos muitas vezes as referências ao tempo, mencionando apenas as quantidades de trabalho, capital e produto. A menos que seja expressamente indicado, entretanto, estaremos nos referindo sempre a quantidades de trabalho e de capital usados a cada ano e o produto anual.

Como a função de produção permite que os insumos sejam combinados em proporções variadas, o produto pode ser gerado de diversas maneiras. Na Equação 6.1, isso pode significar empregar mais capital e menos trabalho, ou vice-versa. Por exemplo, o vinho pode ser produzido de modo intensivo em trabalho, empregando muitas pessoas, ou, então, de modo intensivo em capital, ou seja, usando muitas máquinas e poucos trabalhadores.

Observe que a Equação 6.1 aplica-se a uma *dada tecnologia*, isto é, um determinado grau de conhecimento a respeito dos diversos métodos que poderiam ser utilizados para transformar insumos em produtos. À medida que a tecnologia se torna mais avançada e a função de produção se modifica, uma empresa pode passar a obter maior volume de produção dado o mesmo conjunto de insumos. Por exemplo, uma nova linha de montagem mais rápida poderia permitir que um fabricante de hardware produzisse mais computadores de alta velocidade em um determinado período.

As funções de produção descrevem o que é *tecnicamente viável* quando a empresa opera *eficientemente*, ou seja, quando utiliza cada combinação de insumos da forma mais eficaz possível. A suposição de que a produção seja sempre tecnicamente eficiente nem sempre é válida, porém, é razoável esperar que as empresas que busquem lucros não desperdicem recursos.

## CURTO PRAZO *VERSUS* LONGO PRAZO

Ajustar os insumos à produção, dosando diferentes quantidades de trabalho e capital, não é um processo rápido. Uma nova fábrica precisa ser planejada e construída; máquinas e outros equipamentos básicos precisam ser encomendados e produzidos. Tais atividades podem demorar um ano ou mais para ser completadas. Portanto, se temos por referência as decisões de produção em um curto período, como um mês ou dois, é provável que a empresa não seja capaz de substituir muito trabalho por capital.

Como as empresas têm de considerar se os insumos podem ser substituídos uns pelos outros, e, nos casos em que isso pode ocorrer, quanto tempo é necessário para a substituição, é importante distinguir entre curto e longo prazos quando analisamos a produção. **Curto prazo** refere-se ao período no qual a quantidade de um ou mais fatores de produção não pode ser modificada. Em outras palavras, no curto prazo há sempre pelo menos um fator que não pode ser modificado; esse fator é, por isso, denominado **insumo fixo**. O **longo prazo** corresponde ao período necessário para tornar variáveis *todos* os insumos.

Como é de se esperar, os tipos de decisão que as empresas podem tomar são muito diferentes no curto e no longo prazos. No curto prazo, as empresas podem variar a intensidade de utilização de determinada fábrica e equipamentos; no longo prazo, as empresas podem modificar o tamanho das fábricas. Todos os insumos fixos no curto prazo correspondem aos resultados de decisões anteriores de longo prazo baseadas em estimativas das empresas daquilo que poderiam produzir e vender com lucro.

Não há um período específico, por exemplo, um ano, que separe o curto prazo do longo prazo. Em vez disso, é necessário que se faça distinção entre eles caso a caso. Por exemplo, o longo prazo pode ser tão curto quanto um dia ou dois, no caso de um balcão para uma criança vender limonada, e tão longo quanto cinco ou dez anos, no caso de um fabricante de produtos petroquímicos ou de uma indústria automobilística.

### curto prazo

Período em que a quantidade de um ou mais fatores de produção não pode ser modificada.

### insumo fixo

Fator de produção que não pode variar.

### longo prazo

Tempo necessário para que todos os insumos de produção possam se tornar variáveis.

Veremos que, no longo prazo, as empresas podem variar a quantidade de todos os insumos a fim de minimizar o custo de produção. Antes de abordarmos esse caso geral, porém, vamos começar com uma análise de curto prazo, na qual somente um insumo do processo produtivo pode variar. Vamos, pois, pressupor que o capital seja o insumo fixo, e o trabalho, o variável.

## 6.2 Produção com um insumo variável (trabalho)

Quando uma empresa tem de decidir quanto vai adquirir de determinado insumo, ela tem de comparar o custo com o benefício que obterá. Às vezes, é interessante olhar para o benefício e o custo de um ponto de vista *incremental*, procurando saber qual seria o produto adicional que resultaria de certo incremento do insumo. Outras vezes, vem a ser mais interessante fazer comparações na *média*, considerando o resultado de um aumento substancial do insumo. Analisaremos os benefícios e os custos de ambos os modos.

Quando o capital é fixo, mas o trabalho é variável, o único jeito de a empresa aumentar a produção é aumentando o insumo trabalho. Imagine, por exemplo, que você esteja administrando uma fábrica de roupas. Embora disponha de determinada quantidade de equipamentos, você poderia contratar mais ou menos trabalho para operar as máquinas. Você tem de tomar uma decisão sobre a quantidade de trabalho que contratará e a quantidade de roupas que produzirá. Para tomar essa decisão, necessitará saber de que forma o volume de produção,  $q$ , aumenta (se é que aumenta) à medida que o insumo trabalho,  $L$ , cresce.

A Tabela 6.1 contém essas informações. As primeiras três colunas apresentam o volume de produto que pode ser produzido em um mês com diferentes quantidades de trabalho e mantendo-se o capital fixo em 10 unidades. A primeira coluna apresenta a quantidade de trabalho, a segunda coluna indica a quantidade fixa de capital e a terceira mostra o volume de produção obtido. Quando o insumo trabalho é zero, o volume de produção também é zero. Dessa forma, o volume de produção eleva-se à medida que o trabalho aumenta para um insumo de até 8 unidades. Além de tal ponto, o produto total diminui: enquanto de início cada unidade de trabalho é capaz de obter uma vantagem cada vez maior do equipamento e de instalações disponíveis, após determinado ponto, quantidades adicionais de trabalho não são mais úteis e podem ser contraproducentes. Cinco pessoas podem operar uma linha de montagem melhor do que duas, porém dez pessoas podem tropeçar umas nas outras.

TABELA 6.1 Produção com um insumo variável				
Quantidade de trabalho ( $L$ )	Quantidade de capital ( $K$ )	Produto total ( $q$ )	Produto médio ( $q/L$ )	Produto marginal ( $\Delta q/\Delta L$ )
0	10	0	—	—
1	10	10	10	10
2	10	30	15	20
3	10	60	20	30
4	10	80	20	20
5	10	95	19	15
6	10	108	18	13
7	10	112	16	4
8	10	112	14	0
9	10	108	12	-4
10	10	100	10	-8

## PRODUTO MÉDIO E PRODUTO MARGINAL

A contribuição do trabalho ao processo produtivo poderia ser descrita em uma base *média* e uma *marginal* (ou incremental) do trabalho. A quarta coluna da Tabela 6.1 apresenta o **produto médio** do trabalho ( $PM_L$ ), o qual é o produto por unidade de insumo trabalho. O produto médio é calculado pela divisão do produto total,  $q$ , pela quantidade total de insumo trabalho,  $L$ . O produto médio do trabalho mede a produtividade da força de trabalho da empresa, em termos de quantos produtos cada unidade de trabalho produz em média. Em nosso exemplo, o produto médio aumenta inicialmente, porém, passa a cair quando o insumo trabalho se torna superior a quatro.

A quinta coluna da Tabela 6.1 apresenta o **produto marginal** do trabalho ( $PMg_L$ ). Produto marginal do trabalho é o volume de produção *adicional* gerado ao acrescentar 1 unidade de insumo trabalho. Por exemplo, com o capital fixo em 10 unidades, quando o insumo trabalho aumenta de 2 para 3, o produto total é elevado de 30 para 60, ocasionando um volume adicional de produção igual a 30 unidades ( $60 - 30$ ). O produto marginal do trabalho pode ser expresso como  $\Delta q/\Delta L$ , isto é, a variação no volume de produção,  $\Delta q$ , resultante do aumento de uma unidade no insumo trabalho,  $\Delta L$ .

Lembre-se de que o produto marginal do trabalho depende da quantidade de capital empregado. Se o insumo capital aumentar de 10 para 20, por exemplo, é bastante provável que o produto marginal do trabalho aumente. Por quê? Isso ocorre porque os trabalhadores adicionais possivelmente serão mais produtivos se tiverem mais capital para utilizar. Da mesma forma que o produto médio, o produto marginal inicialmente aumenta, depois diminui — nesse caso, após a terceira unidade de trabalho.

Resumindo, temos:

$$\text{Produto médio do trabalho} = \text{Produto total/insumo trabalho} = q/L$$

$$\text{Produto marginal do trabalho} = \text{Variação do produto total/variação do insumo trabalho} = \Delta q/\Delta L$$

## AS INCLINAÇÕES DA CURVA DE PRODUTO

A Figura 6.1 apresenta graficamente as informações contidas na Tabela 6.1. (Interligamos todos os pontos da figura com linhas cheias.) A Figura 6.1(a) mostra que o volume de produção aumenta até atingir o valor máximo de 112; após esse ponto, apresenta diminuição. Essa parte da curva de produto total encontra-se tracejada, indicando que produzir com mais que oito trabalhadores não é economicamente racional; nunca pode ser lucrativo utilizar quantidades adicionais de um insumo custoso para gerar uma produção *menor*.

A Figura 6.1(b) apresenta as curvas de produto médio e de produto marginal. (As unidades do eixo vertical foram trocadas, de produção mensal para produção mensal por trabalhador.) Observe que o produto marginal é sempre positivo quando o volume de produção é crescente, sendo negativo quando o volume de produção é decrescente.

Não é mera coincidência o fato de a curva de produto marginal cruzar o eixo horizontal do gráfico exatamente no ponto correspondente ao volume máximo de produção. Isso ocorre porque o acréscimo de mais um trabalhador na linha de produção, tornando-a mais lenta e ocasionando um real decréscimo no produto total, implica um produto marginal negativo para tal trabalhador.

As curvas de produto médio e de produto marginal estão estritamente relacionadas. *Quando o produto marginal é maior do que o produto médio, o produto médio é crescente.* Esse é o caso que ocorre entre os volumes de produção de 1 a 4 unidades de trabalho na Figura 6.1(b). Se o produto de um trabalhador adicional é maior do que o produto médio de cada um dos trabalhadores existentes (isto é, se o produto marginal é maior do que

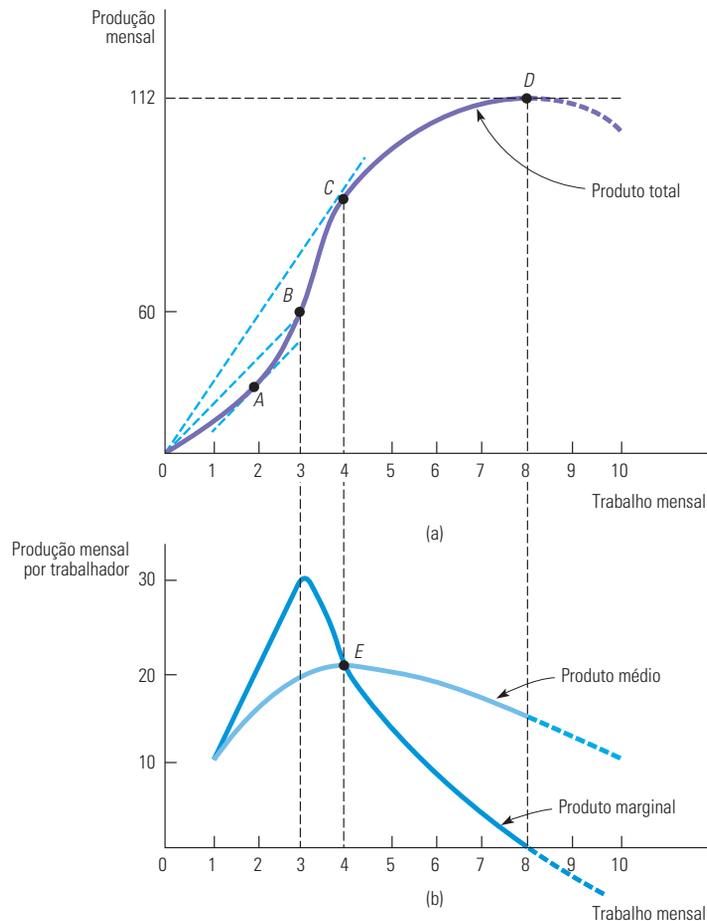
### produto médio

Produto por unidade de determinado insumo.

### produto marginal

Produto adicional obtido quando se acrescenta uma unidade de insumo.

o produto médio), quando se acrescenta esse trabalhador, o produto médio aumenta. Na Tabela 6.1, dois trabalhadores produzem 30 unidades de produto, o que resulta em um produto médio de 15 unidades por trabalhador. Adicionar um terceiro trabalhador faz com que o produto aumente em 30 unidades (ou seja, para 60), de tal modo que o produto médio cresce de 15 para 20.



**FIGURA 6.1** PRODUÇÃO COM UM INSUMO VARIÁVEL

A curva de produção total mostrada em (a) mostra os volumes de produção correspondentes a diferentes quantidades do insumo trabalho. Os produtos médio e marginal em (b) são obtidos diretamente da curva de produção (usando os dados da Tabela 6.1). No ponto A em (a), o produto marginal é 20, pois a tangente da curva de produção tem inclinação igual a 20. No ponto B em (a), o produto médio do trabalho é 20, pois essa é a inclinação da linha OC. O produto médio do trabalho no ponto C em (a) é dado pela inclinação da linha OC. À esquerda do ponto E em (b), o produto marginal está acima do produto médio, que está crescendo, enquanto à direita do ponto E o produto marginal está abaixo do produto médio, que está decrescendo. Como resultado, E representa o ponto em que os produtos médio e marginal são iguais, quando o produto médio alcança seu máximo.

Da mesma maneira, quando o produto marginal é menor do que o produto médio, o produto médio é decrescente. É o que ocorre quando o insumo trabalho é maior que 4 na Figura 6.1(b). Segundo a Tabela 6.1, seis trabalhadores produzem 108 unidades de produto, de tal modo que o produto médio é 18. Um sétimo trabalhador apresenta um produto marginal de apenas 4 (menos do que o produto médio), o que reduz o produto médio para 16.

Vimos que o produto marginal está acima do produto médio quando este é crescente, e abaixo do produto médio quando este é decrescente. Deduzimos, pois, que o produto

marginal dever ser igual ao produto médio quando este atingir seu valor máximo. Tal fato ocorre no ponto *E* da Figura 6.1(b).

Por que, na prática, devemos esperar que a curva de produto marginal seja crescente primeiro para depois se tornar decrescente? Pensemos em uma fábrica de montagem de televisores. Menos de 10 trabalhadores seria insuficiente para fazer funcionar a sua linha de montagem. Entre 10 e 15 trabalhadores poderiam fazê-la funcionar, mas não de um modo muito eficiente. A adição de alguns trabalhadores poderia fazer com que a linha de montagem operasse de um modo muito mais eficiente, portanto, o produto marginal deles seria muito alto. Essa eficiência adicional começaria a diminuir quando a fábrica tivesse mais de 20 trabalhadores. O produto marginal do vigésimo segundo trabalhador, por exemplo, poderia ainda ser bem alto (maior do que o produto médio), mas não tão alto quanto o produto marginal do décimo nono ou do vigésimo. O produto marginal do vigésimo quinto seria ainda menor, igualando-se talvez ao produto médio. Com 30 operários, a adição de um trabalhador geraria mais produto, mas não muito (de maneira que o produto marginal, embora positivo, seria menor do que o produto médio). Uma vez que a fábrica tivesse mais de 40 trabalhadores, cada empregado adicional tropeçaria nos demais e contribuiria para reduzir o produto total (de maneira que o produto marginal seria negativo).

## O PRODUTO MÉDIO DA CURVA DE TRABALHO

A relação geométrica entre a curva de produto total e as curvas de produto médio e de produto marginal é apresentada na Figura 6.1(a). O produto médio do trabalho é o produto total dividido pela quantidade total do insumo trabalho. Por exemplo, no ponto *B*, o produto médio é igual ao produto de 60 dividido pela quantidade de insumo trabalho de 3, ou seja, 20 unidades de produto por unidade de insumo trabalho. No entanto, isso corresponde à inclinação da linha que vai da origem até o ponto *B* da Figura 6.1(a). Em geral, *o produto médio do trabalho é dado pela inclinação da linha traçada do ponto de origem ao ponto correspondente à curva do produto total.*

## O PRODUTO MARGINAL DA CURVA DE TRABALHO

Como vimos, o produto marginal do trabalho é a variação do produto total resultante do aumento de uma unidade de trabalho. Por exemplo, no ponto *A*, o produto marginal é 20, porque nele a tangente da curva de produto total tem inclinação igual a 20. Em geral, *o produto marginal do trabalho em determinado ponto é dado pela inclinação da curva de produto total naquele ponto.* Podemos ver na Figura 6.1(b) que o produto marginal do trabalho inicialmente apresenta uma elevação, atingindo o pico no ponto correspondente ao insumo trabalho igual a 3, e depois diminui à medida que percorremos ascendentemente a curva de produto total entre os pontos *C* e *D*. No ponto *D*, no qual o volume total de produção é maximizado, a inclinação da tangente da curva de produto total é 0, da mesma forma que o produto marginal. Além desse ponto, o produto marginal torna-se negativo.

**A RELAÇÃO ENTRE PRODUTO MARGINAL E PRODUTO MÉDIO** Observe a relação gráfica entre os produtos médio e marginal na Figura 6.1(a). No ponto *B*, o produto marginal do trabalho (a inclinação da tangente em relação à curva de produção no ponto *B* — não mostrada explicitamente) é maior que o produto médio (linha tracejada *OB*). Como resultado, o produto médio do trabalho aumenta quando nos movemos de *B* para *C*. Em *C*, os produtos médio e marginal são iguais — o produto médio é a inclinação da linha *OC*, enquanto o produto marginal é a tangente da curva de produção no ponto *C* (note a igualdade entre os produtos médio e marginal no ponto *E* da Figura 6.1(b)). Por fim, quando nos movemos de *C* para *D*, o produto marginal cai abaixo do produto médio; você pode comprovar que a inclinação da tangente da curva de produção em qualquer ponto entre *C* e *D* é menor que a inclinação da linha a partir da origem.

**lei dos rendimentos marginais decrescentes**

Princípio segundo o qual quando o uso de um insumo produtivo aumenta, mantendo-se os demais insumos fixos, a partir de dado momento, as resultantes adições ao produto serão cada vez menores.

## A LEI DOS RENDIMENTOS MARGINAIS DECRESCENTES

O produto marginal decrescente do trabalho (e um produto marginal decrescente de outros insumos) ocorre na maioria dos processos de produção. A **lei dos rendimentos marginais decrescentes** diz que, à medida que aumenta o uso de um insumo em incrementos iguais (mantendo-se fixos os demais insumos), acaba-se chegando a um ponto em que a produção adicional resultante decresce. Quando a quantidade utilizada do insumo trabalho é pequena (e o capital é fixo), pequenos incrementos de insumo trabalho geram substanciais aumentos no volume de produção, à medida que os funcionários são admitidos para desenvolver tarefas especializadas. Entretanto, por fim, a lei dos rendimentos marginais decrescentes entra em ação. Quando houver funcionários em demasia, alguns se tornarão ineficientes e o produto marginal do insumo trabalho apresentará uma queda.

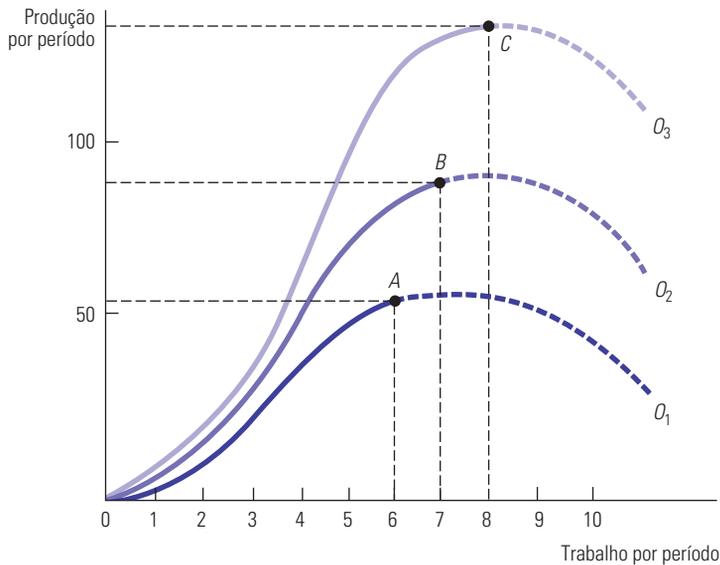
A lei dos rendimentos marginais decrescentes geralmente aplica-se ao curto prazo, quando pelo menos um dos insumos permanece inalterado. Entretanto, ela também se aplica ao longo prazo. Mesmo que sejam variáveis todos os insumos da produção no longo prazo, um administrador pode ter interesse em analisar opções de produção para as quais um ou mais insumos devam permanecer inalterados. Suponhamos, por exemplo, que apenas dois tamanhos de fábrica sejam viáveis e a administração tenha de tomar a decisão de construir uma delas. Então, a administração desejaria saber em que ponto a lei dos rendimentos marginais decrescentes passaria a atuar em cada uma das duas opções.

Não confunda a lei dos rendimentos marginais decrescentes com possíveis alterações na *qualidade* da mão de obra à medida que aumentam as unidades do insumo trabalho (por exemplo, se todos os trabalhadores com alta qualificação fossem contratados em primeiro lugar, e aqueles com menor qualificação fossem contratados por último). Em nossa análise da produção, adotamos a premissa de que todas as unidades do insumo trabalho têm igual qualidade; por conseguinte, os rendimentos decrescentes resultam de limitações no uso dos demais insumos mantidos inalterados (por exemplo, equipamentos), e não do declínio da qualidade dos trabalhadores. Também não confunda rendimentos marginais decrescentes com retornos *negativos*. A lei dos rendimentos marginais decrescentes descreve um produto marginal *declinante*, mas não necessariamente negativo.

A lei dos rendimentos marginais decrescentes aplica-se a uma tecnologia de produção específica. Ao longo do tempo, entretanto, as invenções e outros avanços tecnológicos podem vir a permitir que toda a curva de produto total da Figura 6.1(a) seja deslocada para cima, de tal maneira que um maior volume possa ser produzido com os mesmos insumos. A Figura 6.2 ilustra esse fato. Inicialmente, a curva de produto total corresponde a  $O_1$ , porém avanços tecnológicos podem permitir que a curva seja deslocada para cima, primeiro até  $O_2$  e depois até  $O_3$ .

Suponhamos que, com o decorrer do tempo, à medida que se aumenta a mão de obra na produção agrícola, estejam também ocorrendo avanços tecnológicos, tais como sementes geneticamente modificadas, que resistem às aplicações de pesticidas, fertilizantes mais poderosos e mais eficazes, ou ainda melhores máquinas e implementos agrícolas. Nesse caso, o produto total sofre uma variação do ponto  $A$  (com um insumo trabalho igual a 6 na curva  $O_1$ ), para o ponto  $B$  (com insumo trabalho igual a 7 na curva  $O_2$ ) e para o ponto  $C$  (com insumo trabalho igual a 8 na curva  $O_3$ ).

A movimentação de  $A$  para  $B$  e depois para  $C$  estabelece uma relação entre um aumento no insumo trabalho e um aumento no produto total, dando a falsa impressão de que não estão ocorrendo rendimentos marginais decrescentes. Na verdade, a mudança na curva de produto total sugere que pode não haver nenhuma implicação negativa para o crescimento econômico de longo prazo. De fato, como discutiremos no Exemplo 6.2, não considerar os avanços tecnológicos no longo prazo levou o economista britânico Thomas Malthus a prever erroneamente consequências calamitosas para o crescimento populacional contínuo.



**FIGURA 6.2 EFEITO DOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS**

A produtividade do trabalho (volume de produção por unidade de trabalho) pode aumentar se houver avanços tecnológicos, mesmo que determinado processo produtivo apresente rendimentos decrescentes para o insumo trabalho. À medida que nos movemos do ponto *A*, na curva  $O_1$ , para *B*, na curva  $O_2$ , e para *C*, na curva  $O_3$ , ao longo do tempo, a produtividade do trabalho aumenta.

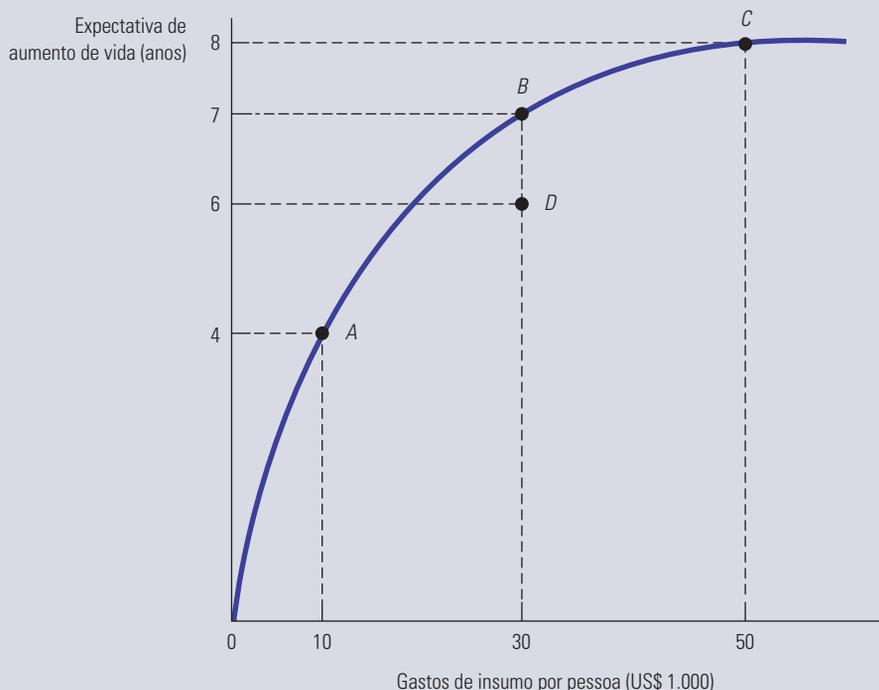
### EXEMPLO 6.1 UMA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO PARA A SAÚDE

Os gastos com saúde têm aumentado com rapidez em muitas nações. Isso acontece especialmente nos Estados Unidos, que gastaram 15% do seu PIB com saúde nos últimos anos. Mas outros países também dedicam recursos substanciais à saúde (por exemplo, 11% do PIB na França e na Alemanha e 8% do PIB no Japão e no Reino Unido). Será que esses gastos aumentados refletem os aumentos na produção total ou refletem ineficiências no processo de produção?

A Figura 6.3 mostra uma função de produção para a saúde nos Estados Unidos.<sup>5</sup> O eixo vertical utiliza uma medida possível do produto saúde, o aumento médio na expectativa de vida para a população. (Outra medida do produto poderiam ser as reduções nos números médios de ataques cardíacos ou derrames.) O eixo horizontal mede milhares de dólares gastos com insumos de tratamento de saúde, que incluem despesas com médicos, enfermeiros, administradores, equipamento de hospital e medicações. A função de produção representa o resultado de saúde máximo alcançável para a população como um todo, como uma função dos dólares gastos *per capita* em insumos de tratamento de saúde. Os pontos na função de produção, como *A*, *B* e *C*, representam a utilização mais eficiente possível dos insumos de tratamento de saúde para fornecer esse serviço. O ponto *D*, que se encontra abaixo da função de produção, é ineficaz porque os insumos de tratamento de saúde associados a *D* não geram o resultado de saúde máximo possível.

Observe que a função de produção apresenta rendimentos decrescentes: ela se torna relativamente plana à medida que mais dinheiro é gasto com saúde. Por exemplo, o produto saúde no ponto *B* é muito maior do que no ponto *A*, pois a produtividade marginal dos gastos com saúde é alta. A partir do ponto *A*, um adicional de US\$ 20.000 com gastos de saúde (de US\$ 10.000 para US\$ 30.000) aumenta a expectativa de vida em 3 anos. Porém, o produto em *C* é apenas um pouco maior do que o produto em *B*, embora a diferença nos insumos de saúde seja grande. Ao passar de *B* para *C*, com US\$ 20.000 adicionais com gastos de saúde a expectativa de vida aumenta em apenas um ano. Por que isso acontece? A resposta é que, dadas as tecnologias médicas atuais, os gastos adicionais com procedimentos médicos e/ou o uso de novos medicamentos têm apenas um efeito mínimo nas taxas de expectativa de vida. Assim, a produtividade marginal do valor gasto com saúde tornou-se cada vez menos eficaz à medida que o nível de gastos aumentou.

<sup>5</sup> Este exemplo é baseado em Alan M. Garber e Jonathan Skinner, “Is American Health Care Uniquely Inefficient?” *Journal of Economic Perspectives*, v. 22, N. 4, 2008, p. 27-50.



**FIGURA 6.3** UMA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO PARA A SAÚDE

Gastos adicionais em saúde (insumos) aumentam a expectativa de vida (produto) ao longo da fronteira de produção. Os pontos *A*, *B* e *C* representam pontos nos quais os insumos são utilizados de modo eficiente, embora haja retornos decrescentes ao passar de *B* para *C*. O ponto *D* é um ponto de ineficiência de insumo.

Agora, podemos ver uma explicação possível para o alto nível de gastos com saúde nos Estados Unidos. O país é relativamente rico, e é natural que as preferências do consumidor se desloquem para mais qualidade de saúde à medida que os rendimentos aumentam, mesmo que se torne cada vez mais caro obter aumentos modestos na expectativa de vida. (Lembre-se de nossa discussão sobre escolha de plano de saúde no Exemplo 3.4.) Assim, os norte-americanos podem estar buscando resultados cada vez melhores para sua saúde, mas com sucesso limitado, dada a forma da função de produção para a saúde. Em outras palavras, em comparação com outros países, os Estados Unidos podem estar operando mais à direita na parte plana da função de produção de saúde.

Porém, existe outra explicação. Pode ser que a produção de saúde nos Estados Unidos seja menos eficiente, isto é, resultados médicos melhores poderiam ser alcançados com os mesmos gastos (ou gastos semelhantes) se eles fossem utilizados de modo mais eficiente. Na Figura 6.3, isso aparece como uma mudança do ponto *D* para o ponto *B*; aqui, sem gastos adicionais, a expectativa de vida aumenta em um ano usando insumos de modo mais eficiente. Uma comparação de diversas medições de saúde e assistência médica em certo número de países desenvolvidos sugere que isso realmente pode acontecer. Primeiro, apenas 28% dos médicos com atendimento básico utilizam registros de saúde eletrônicos nos Estados Unidos, em comparação com 89% no Reino Unido e 98% na Holanda. Segundo, a porcentagem de pacientes cronicamente enfermos que não procurou atendimento, não seguiu tratamentos recomendados ou não tomou completamente a medicação recomendada foi de 42% nos Estados Unidos em comparação com 9% no Reino Unido e 20% na Alemanha. Terceiro, o sistema de cobrança, seguro e credenciamento é mais complexo e fatigante nos Estados Unidos do que em muitos outros países, de modo que a quantidade de pessoal administrativo *per capita* envolvido na saúde é maior.

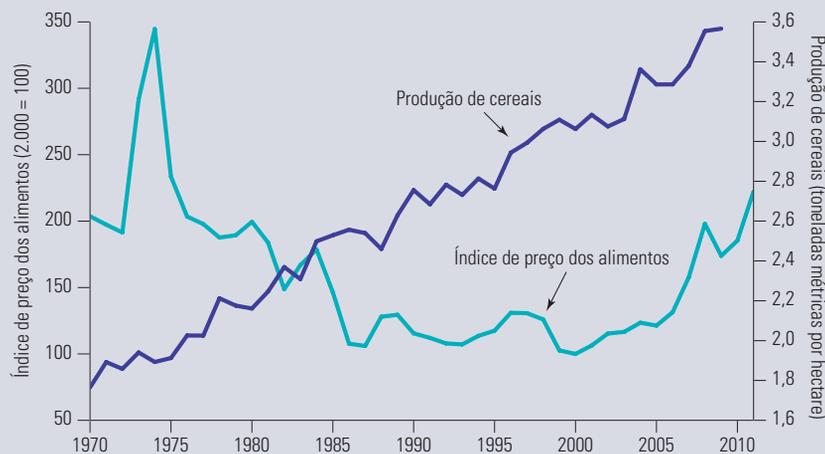
As duas explicações para os gastos com saúde nos Estados Unidos provavelmente têm alguma validade. É provável que os Estados Unidos realmente sofram de ineficiência na produção de assistência médica. Também é provável que, à medida que os rendimentos nos Estados Unidos aumentem, as pessoas exijam mais e mais assistência médica em relação a outros bens, de modo que, com rendimentos decrescentes, os benefícios incrementais com a saúde serão limitados.

**EXEMPLO 6.2 MALTHUS E A CRISE DE ALIMENTOS**

A lei dos rendimentos decrescentes foi fundamental para o pensamento do economista Thomas Malthus (1766-1834).<sup>6</sup> Malthus acreditava que a quantidade relativamente fixa de terras existentes em nosso planeta seria insuficiente para o suprimento de quantidades necessárias de alimento, à medida que a população mundial crescesse. Segundo suas previsões, quando ocorresse a queda tanto da produtividade marginal quanto da produtividade média da mão de obra e ainda houvesse mais pessoas para serem alimentadas, o resultado seria a fome em larga escala. Felizmente, ele estava enganado (embora estivesse correto a respeito da aplicação da lei dos rendimentos decrescentes para o trabalho).

Nos últimos cem anos, avanços tecnológicos modificaram significativamente a produção de alimentos na maioria dos países (inclusive em países em desenvolvimento, como a Índia), de tal forma que o produto médio do trabalho e a produção total de alimentos têm apresentado elevação. Tais avanços incluem novas variedades de sementes de alto rendimento e alta resistência às pragas, melhores fertilizantes e melhores colheitadeiras. Como mostra o índice de produção de alimentos na Tabela 6.2, a produção global de alimentos tem excedido o crescimento populacional mundial de forma contínua desde 1960.<sup>7</sup> Esse aumento na produtividade agrícola mundial é também ilustrado na Figura 6.4, que mostra a produção média de cereais de 1970 até 2005, bem como o índice de preço mundial para alimentos.<sup>8</sup> Note que a produção de cereais cresceu ininterruptamente nesse período.

Ano	Índice	Ano	Índice
1948-1952	100	1985	134
1961	115	1990	135
1965	119	1995	135
1970	124	2000	144
1975	125	2005	151
1980	127	2009	155

**FIGURA 6.4 PRODUÇÃO DE CEREAIS E PREÇO MUNDIAL DA ALIMENTAÇÃO**

A produção de cereais vem aumentando de modo contínuo. O preço médio mundial da alimentação aumentou temporariamente no início da década de 1970, mas vem declinando desde então.

6 Thomas Malthus, *Essay on the Principle of Population*, 1798.

7 Os dados sobre a produção mundial de alimentos *per capita* são da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). Veja também <http://faostat.fao.org>.

8 Os dados são da FAO e do Banco Mundial. Veja também <http://faostat.fao.org>.

O crescimento da produtividade agrícola levou a aumentos na oferta de alimentos que superaram o crescimento da demanda, de forma que, exceto por alguns aumentos temporários no início da década de 1970, os preços declinaram.

Ainda assim, a fome permanece como um grave problema em algumas regiões, tais como a região ao sul do Saara na África, em parte pela baixa produtividade da mão de obra local. Embora outros países disponham de excedentes de produção agrícola, a fome em larga escala ocorre em razão das dificuldades existentes na redistribuição de alimentos das regiões mais produtivas para as regiões menos produtivas do planeta, e também em virtude da baixa renda existente nas regiões menos produtivas.

## A PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

### produtividade da mão de obra

Produto médio da mão de obra em um setor ou na economia como um todo.

Embora este livro seja de microeconomia, muitos conceitos aqui desenvolvidos fornecem fundamentos para a análise macroeconômica. Os macroeconomistas estão particularmente interessados na **produtividade da mão de obra**, ou seja, no produto médio do trabalho para todo um setor ou para a economia como um todo. Nesta subseção, discutimos a produtividade da mão de obra nos Estados Unidos e em alguns outros países. O tópico é interessante por si só e aqui torna possível ilustrar uma das ligações mais importantes entre a microeconomia e a macroeconomia.

Pelo fato de o produto médio mensurar o produto total por unidade do insumo trabalho, torna-se relativamente fácil obter essa medida (porque o insumo trabalho total e o produto total são as duas únicas informações de que necessitamos). A produtividade da mão de obra possibilita fazer comparações úteis entre setores, bem como dentro de um setor no decorrer de um longo período. A produtividade é particularmente importante porque ela determina o real *padrão de vida* que determinado país pode oferecer a seus cidadãos.

**PRODUTIVIDADE E PADRÃO DE VIDA** Há uma ligação simples entre a produtividade da mão de obra e o padrão de vida. Em qualquer ano, o valor agregado dos bens e serviços produzidos por uma economia é igual aos pagamentos feitos a todos os insumos, inclusive salários, aluguéis e lucros das empresas. São os consumidores que, em última análise, recebem esses pagamentos de insumos, quaisquer que sejam as formas de pagamento. Por conseguinte, os consumidores em conjunto podem aumentar o consumo no longo prazo apenas por meio de uma elevação na quantidade total de bens e serviços que produzem.

A compreensão das causas do crescimento da produtividade é uma área de pesquisa importante na economia. Sabemos que uma das fontes mais importantes desse crescimento é o aumento do **estoque de capital**, isto é, da quantidade total de bens de capital disponíveis para uso produtivo. Como um aumento do capital significa mais e melhores equipamentos, cada trabalhador produz mais por hora trabalhada. Outra fonte importante do crescimento da produtividade da mão de obra é a **mudança tecnológica**, isto é, o desenvolvimento de novas tecnologias que permitem um uso mais eficiente da força de trabalho (assim como dos outros fatores de produção) para produzir novos bens e de maior qualidade.

Como mostra o Exemplo 6.3, os níveis da produtividade da mão de obra, assim como as taxas de crescimento, diferem consideravelmente de um país para outro. Dado o papel central que a produtividade tem na determinação do padrão de vida da população, compreender essas diferenças é muito importante.

### estoque de capital

Quantidade total de capital disponível para uso na produção.

### mudança tecnológica

Desenvolvimento de novas tecnologias que permitem que os fatores de produção sejam utilizados mais eficientemente.

## EXEMPLO 6.3 PRODUTIVIDADE DO TRABALHO E PADRÃO DE VIDA

Será que o padrão de vida nos Estados Unidos, Europa e Japão continuará a melhorar ou será que essas economias apenas conseguirão manter para as gerações futuras os mesmos níveis das gerações atuais? A resposta depende da produtividade da mão de obra, pois a renda real dos consumidores desses países aumenta no mesmo ritmo que a produtividade.

Como mostra a Tabela 6.3, o nível de produção por trabalhador nos Estados Unidos em 2009 foi mais elevado do que em outros países industriais. Todavia, desde o final da Segunda Guerra Mundial, dois aspectos têm-se mostrado particularmente

incômodos para os norte-americanos. Primeiro, até a década de 1990, o crescimento da produtividade nos Estados Unidos foi, em média, mais lento do que o da maioria das outras nações desenvolvidas. Segundo, entre 1974 e 2009 foi muito menor em todas as nações desenvolvidas, comparativamente ao que foi no passado.<sup>9</sup>

TABELA 6.3 Produtividade do trabalho nos países desenvolvidos						
Anos	Estados Unidos	Japão	França	Alemanha	Reino Unido	
	PIB por hora trabalhada (em US\$ de 2009)					
	US\$ 56,90	US\$ 38,20	US\$ 54,70	US\$ 53,10	US\$ 45,80	
	Taxa de crescimento anual da produtividade da mão de obra (%)					
1960-1973	2,29	7,86	4,70	3,98	2,84	
1974-1982	0,22	2,29	1,73	2,28	1,53	
1983-1991	1,54	2,64	1,50	2,07	1,57	
1992-2000	1,94	1,08	1,40	1,64	2,22	
2001-2009	1,90	1,50	0,90	0,80	1,30	

Entre 1960 e 1991, a taxa de crescimento da produtividade no Japão foi a mais alta, seguida pela Alemanha e pela França. Nos Estados Unidos, o crescimento da produtividade foi o mais baixo, inferior até mesmo ao da Inglaterra. Isso se deve em parte a diferenças entre as taxas de investimento e de crescimento do estoque de capital entre os vários países. O maior crescimento do estoque de capital, durante o período do pós-guerra, ocorreu no Japão, na França e na Alemanha, nações substancialmente reconstruídas após a Segunda Guerra Mundial. Em alguma proporção, portanto, as taxas mais baixas de crescimento da produtividade verificadas nos Estados Unidos, em comparação com as do Japão, da França e da Alemanha, seriam resultantes da necessidade que tais países tiveram de retomar o desenvolvimento depois da guerra.

O crescimento da produtividade encontra-se ligado também ao setor de recursos naturais da economia. À medida que o petróleo e outras reservas naturais começaram a se esgotar, o produto por trabalhador apresentou alguma queda. As regulamentações de caráter ambiental (por exemplo, a necessidade de restaurar a condição original do solo após atividades de extração de carvão em lavras a céu aberto) ampliaram tal efeito, enquanto o público tornou-se mais preocupado com a importância de manter o ar e a água mais limpos.

Observemos na Tabela 6.3 que o aumento da produtividade nos Estados Unidos acelerou-se na década de 1990, em particular quando comparada à de outros países. Alguns economistas acreditam que a tecnologia de informação e comunicação (TIC) foi o principal propulsor desse crescimento. A diminuição no ritmo de crescimento vivenciada nos últimos anos, entretanto, sugere que a contribuição da TIC pode ter alcançado o ponto máximo.

### 6.3 Produção com dois insumos variáveis

Completamos nossa análise da função de produção no curto prazo, na qual um dos insumos, o trabalho, é variável, e o outro, o capital, é fixo. Agora voltaremos ao longo prazo, no qual tanto o trabalho quanto o capital são variáveis. A empresa pode agora produzir de vários modos, combinando diferentes quantidades de trabalho e capital. Nesta seção, veremos como uma empresa pode escolher entre combinações de trabalho e capital que geram a mesma produção. Na primeira subseção, vamos examinar a escala do processo produtivo, analisando como a produção muda quando as combinações de insumo são dobradas, triplicadas e assim por diante.

<sup>9</sup> Valores recentes sobre o crescimento do PIB, do emprego e sobre a paridade do poder de compra da moeda foram obtidos na OECD. Para obter mais informações, visite a página <http://www.oecd.org> e selecione “Frequently Requested Statistics”, dentro da seção “Statistics”.

## ISOQUANTAS

Começaremos examinando a tecnologia de produção da empresa quando ela utiliza dois insumos e pode variar a quantidade de ambos. Suponhamos, por exemplo, que os insumos sejam capital e trabalho, e que estes estejam sendo utilizados para produzir alimento. A Tabela 6.4 relaciona os volumes de produção alcançáveis por meio de diversas combinações de insumos.

	Insumo trabalho				
Insumo capital	1	2	3	4	5
1	20	40	55	65	75
2	40	60	75	85	90
3	55	75	90	100	105
4	65	85	100	110	115
5	75	90	105	115	120

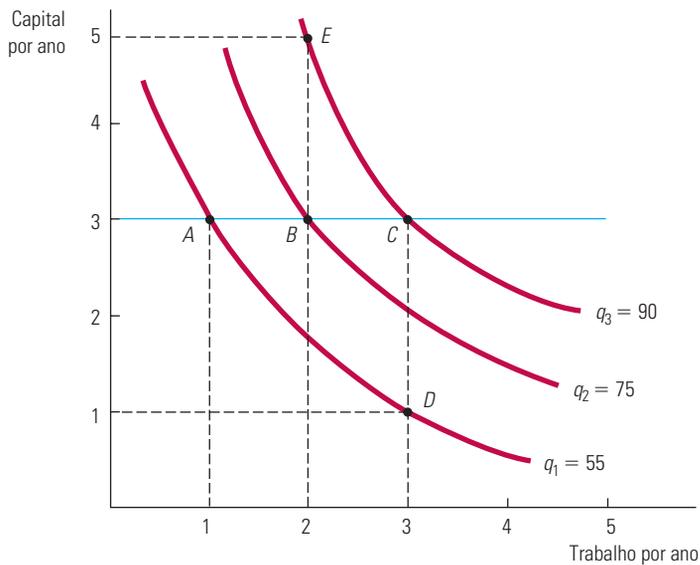
As unidades do insumo trabalho encontram-se relacionadas na linha superior e as do insumo capital na coluna da esquerda. Cada valor na tabela corresponde ao volume máximo de produção (tecnicamente eficiente) que pode ser obtido por determinado período (digamos, um ano), com cada combinação de trabalho e capital utilizada ao longo desse período. Por exemplo, 4 unidades de trabalho por ano e 2 unidades de capital por ano resultam em 85 unidades de alimento por ano. Observando cada linha, vemos que o volume de produção sobe à medida que as unidades de trabalho também aumentam, mantendo-se fixas as unidades de capital. Observando cada coluna, vemos que o volume de produção também aumenta à medida que as unidades de capital crescem, mantendo-se fixas as unidades de trabalho.

### isoquanta

Curva que mostra todas as combinações possíveis de insumos que geram o mesmo volume de produção.

As informações contidas na Tabela 6.4 também podem ser representadas graficamente por meio do uso de isoquantas. Uma **isoquanta** é uma curva que representa todas as possíveis combinações de insumos que resultam no mesmo volume de produção. A Figura 6.5 apresenta três isoquantas. (Cada eixo da figura mede as quantidades de insumos.) Essas isoquantas estão baseadas nos dados da Tabela 6.4, porém, foram desenhadas como curvas contínuas para permitir o uso de quantidades fracionadas de insumos.

Por exemplo, a isoquanta  $q_1$  mostra todas as combinações de trabalho e de capital por ano que, em conjunto, resultam na obtenção de um volume de produção de 55 unidades. Dois desses pontos,  $A$  e  $D$ , correspondem à Tabela 6.4. No ponto  $A$ , 1 unidade de trabalho e 3 unidades de capital resultam em 55 unidades produzidas, enquanto no ponto  $D$  o mesmo volume de produção é obtido por meio de 3 unidades de trabalho e 1 unidade de capital. A isoquanta  $q_2$  mostra todas as combinações de insumos que resultam em um volume de produção de 75 unidades, correspondendo às quatro combinações de trabalho e capital circuladas na tabela (por exemplo, no ponto  $B$ , em que 2 unidades de capital e 3 unidades de trabalho são combinadas). A isoquanta  $q_2$  está acima e à direita de  $q_1$  porque é necessária maior quantidade de trabalho e de capital para obter um nível mais elevado de produção. Por fim, a isoquanta  $q_3$  mostra as combinações de trabalho e capital que resultam em 90 unidades produzidas. O ponto  $C$ , por exemplo, envolve 3 unidades de trabalho e 3 de capital, enquanto o ponto  $E$  envolve apenas 2 unidades de trabalho e 5 de capital.



**FIGURA 6.5** PRODUÇÃO COM DOIS INSUMOS VARIÁVEIS

As isoquantas de produção mostram as várias combinações de insumos necessárias para que a empresa obtenha determinado volume de produção. Um conjunto de isoquantas, ou *mapa de isoquantas*, descreve a função de produção da empresa. O volume de produção aumenta quando nos movemos da isoquanta  $q_1$  (na qual 55 unidades são produzidas por ano em pontos como o A e o D) para a isoquanta  $q_2$  (75 unidades por ano em pontos como o B) e para a isoquanta  $q_3$  (90 unidades por ano em pontos como o C e o E).

**MAPAS DE ISOQUANTAS** Quando um conjunto de isoquantas é apresentado em um mesmo gráfico, temos um **mapa de isoquantas**. Na Figura 6.5, vemos três das muitas isoquantas que formam um mapa de isoquantas. Por meio dele, temos um modo alternativo de descrever a função de produção, da mesma forma que o mapa de indiferença é um modo de descrever a função utilidade. Cada isoquanta está associada a um nível diferente de produção e o nível de produção aumenta à medida que nos movemos para cima e para a direita na figura.

**mapa de isoquantas**

Gráfico no qual são combinadas diversas isoquantas, usado para descrever uma função de produção.

## FLEXIBILIDADE DO INSUMO

As isoquantas mostram a flexibilidade que as empresas têm quando tomam decisões de produção. As empresas geralmente podem obter determinado volume de produção por meio do uso de diversas combinações de insumos. É importante para o administrador de uma empresa compreender a natureza dessa flexibilidade. Por exemplo, restaurantes de *fast-food* defrontam-se, nos Estados Unidos, com escassez de trabalho jovem e de baixa remuneração. As empresas têm enfrentado essa situação por meio da automatização — introduzindo o sistema de *self-service* para saladas e adquirindo equipamentos de cozinha mais sofisticados. Além disso, têm recrutado pessoas mais velhas para ocupar as vagas existentes. Como discutiremos nos capítulos 7 e 8, incorporando essa flexibilidade no processo produtivo, os administradores podem escolher combinações de insumos capazes de minimizar custos e maximizar lucros.

## RENDIMENTOS MARGINAIS DECRESCENTES

Embora tanto o trabalho quanto o capital sejam variáveis no longo prazo, para uma empresa que está escolhendo a combinação adequada de insumo é útil perguntar o que acontece com o produto quando um dos insumos aumenta, enquanto o outro permanece constante. O resultado desse exercício está descrito na Figura 6.5, que reflete rendimentos decrescentes tanto para o trabalho quanto para o capital. Podemos entender a razão da

existência de rendimentos decrescentes no trabalho desenhando uma linha horizontal em determinado nível de capital, digamos 3. Fazendo a leitura dos níveis de produção de cada isoquanta, à medida que aumenta a quantidade de trabalho, podemos observar que cada unidade adicional de trabalho é capaz de gerar volumes cada vez menores de produção adicional. Por exemplo, quando o trabalho aumenta de 1 para 2 unidades (do ponto *A* para o ponto *B*), a produção aumenta em 20 unidades (de 55 para 75). Entretanto, quando o trabalho aumenta em uma unidade (do ponto *B* para o ponto *C*), a produção aumenta em apenas 15 (de 75 para 90). Assim, há rendimentos marginais decrescentes do trabalho tanto no curto como no longo prazo. Como, ao se adicionar um insumo e manter o outro constante, inevitavelmente os incrementos de produção serão cada vez menores, a isoquanta se tornará mais inclinada à medida que mais capital for adicionado no lugar do trabalho e se tornará mais plana à medida que o trabalho for adicionado no lugar do capital.

Há rendimentos marginais decrescentes também para o capital. Mantendo-se o trabalho fixo, o produto marginal do capital diminuirá à medida que a quantidade de capital for maior. Por exemplo, quando o capital aumenta de 1 para 2, e o trabalho é mantido constante no nível 3, o produto marginal do capital é inicialmente 20 ( $75 - 55$ ), mas o produto marginal cai para 15 ( $90 - 75$ ) quando o capital aumenta de 2 para 3.

## SUBSTITUIÇÃO ENTRE OS INSUMOS

Havendo dois insumos que possam ser alterados, um administrador deve considerar a possibilidade de substituir um pelo outro. A inclinação de cada isoquanta indica o volume de cada insumo que pode ser substituído por determinada quantidade do outro, mantendo-se a produção constante. Quando o sinal negativo é removido, a inclinação passa a ser denominada **taxa marginal de substituição técnica (TMST)**. A *taxa marginal de substituição técnica do trabalho por capital* é a quantidade que se pode reduzir do insumo capital quando se utiliza uma unidade extra de insumo trabalho, de tal forma que a produção se mantenha constante. Isso é semelhante à taxa marginal de substituição (TMS) da teoria do consumidor. Como descrevemos na Seção 3.1, a TMS mostra como os consumidores substituem um bem pelo outro, mantendo o nível de satisfação constante. Da mesma forma que a TMS, a TMST é sempre medida como quantidade positiva:

$$\begin{aligned} \text{TMST} &= -\text{Variação do insumo capital/variação do insumo trabalho} \\ &= -\Delta K/\Delta L \text{ (para um nível constante de } q\text{)} \end{aligned}$$

na qual  $\Delta K$  e  $\Delta L$  representam pequenas variações de capital e de trabalho ao longo de determinada isoquanta.

Na Figura 6.6, a TMST é igual a 2 quando o trabalho aumenta de 1 para 2 unidades, estando a produção fixa em 75. Entretanto, a TMST cai para 1 quando o trabalho aumenta de 2 para 3 unidades, e então declina para  $2/3$  e para  $1/3$ . Nitidamente, à medida que quantidades cada vez maiores de trabalho substituem o capital, o trabalho se torna cada vez menos produtivo, e o capital relativamente mais produtivo. Por conseguinte, menos capital precisa ser despendido para que se consiga manter constante o volume de produção obtido e a isoquanta torna-se mais plana.

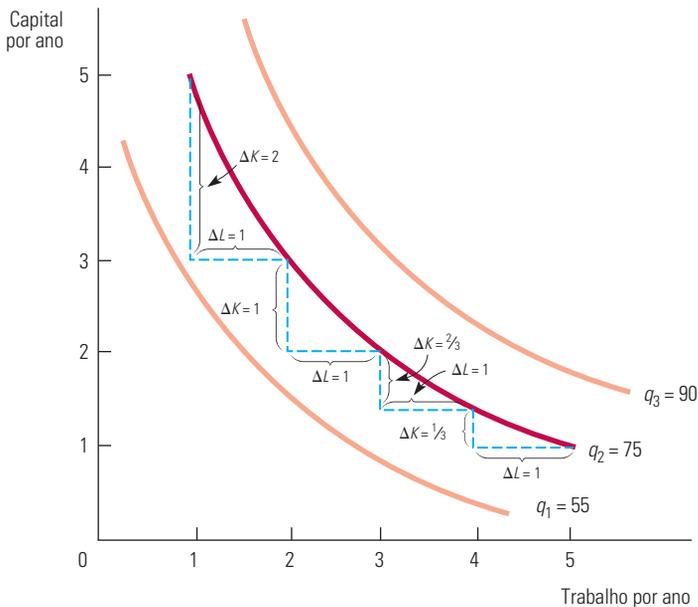
**TMST DECRESCENTE** Presumimos que exista uma TMST *decrescente*. Em outras palavras, a TMST cai à medida que nos deslocamos para baixo ao longo de uma isoquanta. A implicação matemática desse fato é que as isoquantas são *convexas*, assim como as curvas de indiferença. Esse é, de fato, o caso para a maioria das tecnologias de produção. A TMST decrescente informa-nos que a produtividade que qualquer unidade de insumo possa ter é limitada. À medida que se adiciona uma quantidade cada vez maior de trabalho ao processo produtivo, em substituição ao capital, a produtividade da mão de obra cai. Da mesma forma, quando uma quantidade maior de capital é adicionada, em substituição ao trabalho,

### taxa marginal de substituição técnica (TMST)

Quantidade de um insumo que pode ser reduzida quando uma unidade extra de outro insumo é utilizada, mantendo-se o produto constante.

Na Seção 3.1, explicamos que a taxa marginal de substituição é a quantidade máxima de um bem que o consumidor está disposto a deixar de adquirir para obter uma unidade de outro bem.

a produtividade do capital apresenta redução. A produção necessita ter uma combinação equilibrada de ambos os insumos.



**FIGURA 6.6 TAXA MARGINAL DE SUBSTITUIÇÃO TÉCNICA**

As isoquantas possuem inclinação descendente e são convexas, assim como as curvas de indiferença. A inclinação da isoquanta em qualquer ponto mede a taxa marginal de substituição técnica — a capacidade da empresa em trocar capital por trabalho, mantendo o mesmo nível de produção. Na isoquanta  $q_2$ , a TMST cai de 2 para 1, depois para  $2/3$  e finalmente para  $1/3$ .

Como acaba de sugerir nossa discussão, a TMST está intimamente relacionada com os produtos marginais do trabalho ( $PMg_L$ ) e do capital ( $PMg_K$ ). Para compreender tal fato, imagine um acréscimo de trabalho e uma redução do capital, mantendo-se constante o produto. O acréscimo de produto resultante do aumento do insumo trabalho é igual ao produto adicional por unidade adicional de trabalho (isto é, o produto marginal do trabalho) multiplicado pelo número de unidades de trabalho adicional:

$$\text{Produto adicional resultante de maior utilização do trabalho} = (PMg_L)(\Delta L)$$

Do mesmo modo, o decréscimo de produção resultante de uma redução no capital corresponde à perda de produção por unidade reduzida no capital (o produto marginal do capital) multiplicada pelo número de unidades de capital reduzidas:

$$\text{Redução da produção resultante do decréscimo do capital} = (PMg_K)(\Delta K)$$

Como mantemos a produção constante quando nos movemos sobre uma isoquanta, a variação total da produção deve ser igual a zero. Assim, temos

$$(PMg_L)(\Delta L) + (PMg_K)(\Delta K) = 0$$

Então, reordenando os termos da expressão anterior, temos

$$(PMg_L)/(PMg_K) = -(\Delta K/\Delta L) = \text{TMST} \quad (6.2)$$

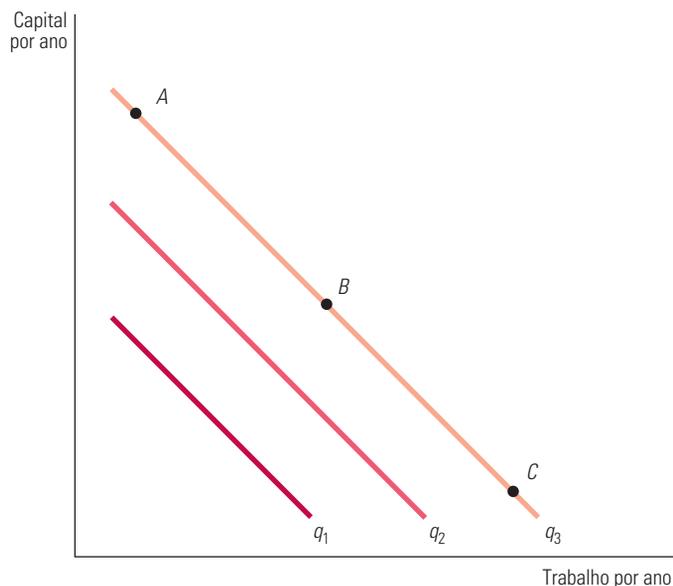
A Equação 6.2 mostra que a taxa marginal de substituição técnica entre dois insumos é igual à razão entre os produtos marginais dos insumos. Essa fórmula será útil quando investigarmos a escolha das quantidades de insumos feita pela empresa com o objetivo de minimizar os custos, no Capítulo 7.

Na Seção 3.1, mostramos que uma curva de indiferença é convexa se a taxa marginal de substituição diminui ao longo da curva, de cima para baixo.

## AS FUNÇÕES DE PRODUÇÃO — DOIS CASOS ESPECIAIS

Dois casos extremos de funções de produção podem ser utilizados para examinar a faixa de possibilidades de substituição de insumos no processo produtivo. No primeiro caso, apresentado na Figura 6.7, os insumos são *substitutos perfeitos* um para o outro. Aqui, a TMST é constante em todos os pontos da isoquanta. Em consequência, a mesma produção (por exemplo,  $q_3$ ) pode ser obtida principalmente por meio do capital (no ponto  $A$ ), principalmente por meio do trabalho (no ponto  $C$ ) ou então por meio de uma combinação balanceada de ambos os insumos (no ponto  $B$ ). Por exemplo, os instrumentos musicais podem ser manufaturados quase inteiramente com máquinas operatrizes ou então com algumas poucas ferramentas, mas com mão de obra altamente especializada.

Na Seção 3.1, explicamos que dois bens são substitutos perfeitos se a taxa marginal de substituição de um pelo outro é constante.



**FIGURA 6.7** ISOQUANTAS QUANDO OS INSUMOS SÃO SUBSTITUTOS PERFEITOS

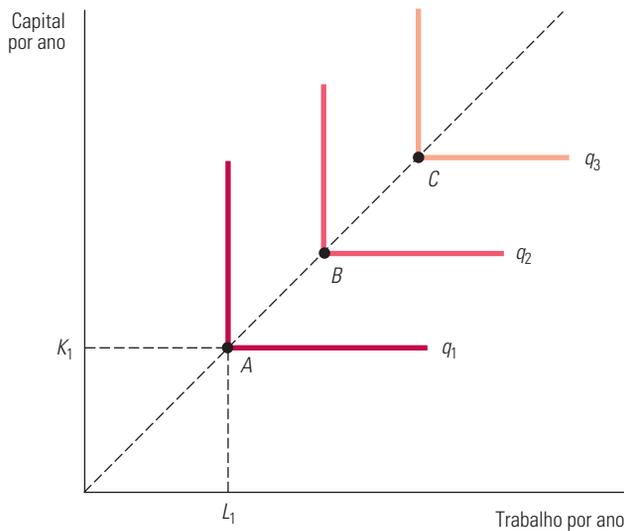
Quando as isoquantas são linhas retas, a TMST é constante. Isso significa que a taxa à qual capital e trabalho podem substituir um ao outro é a mesma, não importando o nível de insumos que esteja sendo utilizado. Os pontos  $A$ ,  $B$  e  $C$  representam três composições diferentes entre capital e trabalho que geram a mesma quantidade de produto  $q_3$ .

### função de produção de proporções fixas

Função de produção com isoquantas que têm a forma em L, de tal modo que apenas uma combinação de trabalho e capital pode ser empregada para produzir cada nível de produto.

A Figura 6.8 ilustra o extremo oposto, a **função de produção de proporções fixas**, algumas vezes chamada de *função de produção de Leontief*. Nesse caso, seria impossível qualquer substituição entre os insumos. Cada nível de produção exige uma combinação específica de trabalho e capital. Não se pode obter produção adicional, a menos que sejam incluídos mais capital e mais trabalho, conforme as proporções especificadas. Por consequência, as isoquantas apresentam formato em L, do mesmo modo que as curvas de indiferença quando os dois bens considerados eram complementares. Um exemplo poderia ser a reconstrução de calçadas, por meio do uso de perfuratrizes pneumáticas. É necessário que apenas uma pessoa opere a perfuratriz pneumática — combinações de duas pessoas com uma perfuratriz, ou então de uma pessoa com duas perfuratrizes não resultariam em um aumento de produção. Como outro exemplo, suponhamos que uma empresa produtora de cereais matinais esteja oferecendo um novo tipo de cereal, Nutty Oat Crunch, composto de dois insumos: nozes e aveia. A fórmula secreta requer que o produto seja feito com uma proporção exata de insumos: 30 gramas de nozes para cada 120 gramas de aveia em cada porção. Se a empresa comprar uma quantidade adicional de nozes, mas não fizer o mesmo com a aveia, não poderá aumentar a produção, pois a fórmula exige uma proporção fixa desses dois insumos. De modo similar, a compra de uma quantidade adicional de aveia sem a quantidade adicional de nozes seria igualmente improdutiva.

Na Seção 3.1, explicamos que dois bens são perfeitamente complementares quando a curva de indiferença para eles tem a forma de um ângulo reto.



**FIGURA 6.8 FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DE PROPORÇÕES FIXAS**

Quando as isoquantas possuem formato em L, apenas determinada combinação de trabalho e capital pode ser utilizada para obter determinado nível de produto (como no ponto  $A$  na isoquanta  $q_1$ ,  $B$  na isoquanta  $q_2$  e  $C$  na isoquanta  $q_3$ ). Acréscimo apenas de trabalho, ou apenas de capital, não aumenta o volume de produção.

Na Figura 6.8, os pontos  $A$ ,  $B$  e  $C$  representam combinações tecnicamente eficientes dos insumos. Por exemplo, para obter uma produção  $q_1$  podem ser utilizadas uma quantidade de trabalho  $L_1$  e uma quantidade de capital  $K_1$  como ocorre no ponto  $A$ . Se o capital permanecer fixo em  $K_1$ , o acréscimo de trabalho não alterará a produção. Da mesma forma, se o trabalho permanecer fixo em  $L_1$ , o acréscimo de capital não alterará a produção. Assim sendo, nos segmentos verticais e horizontais das isoquantas com formato em L ou o produto marginal do capital ou o produto marginal do trabalho é zero. Níveis maiores de produção ocorrerão apenas quando houver acréscimo tanto de trabalho quanto de capital, o que ocorre quando se passa da combinação de insumos do ponto  $A$  para a do ponto  $B$ .

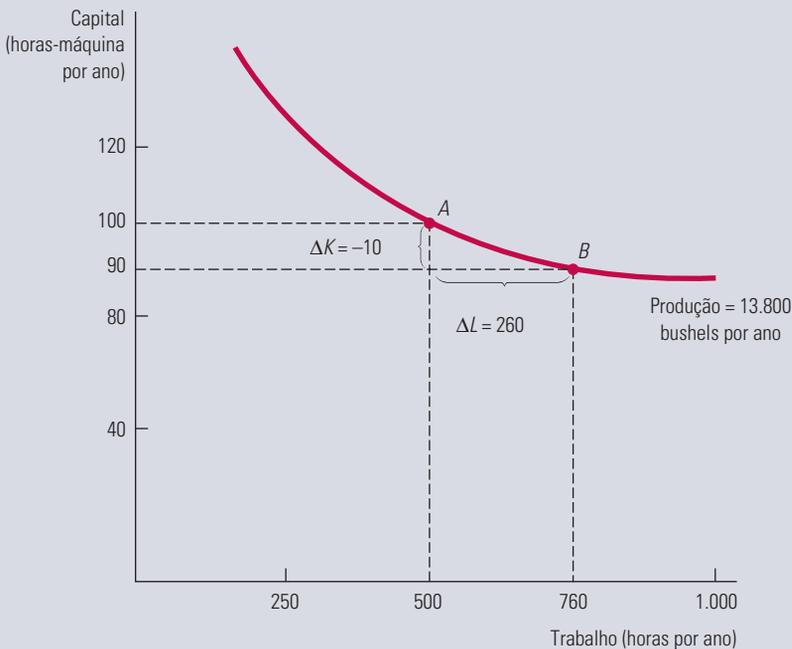
A função de produção de proporções fixas descreve situações nas quais os métodos de produção de que dispõem as empresas são limitados. Por exemplo, a produção de um show de televisão pode envolver determinada combinação de capital (equipamentos de áudio e vídeo etc.) e de trabalho (produtor, diretor, atores etc.). Para aumentar o número de shows de televisão produzidos, devem-se aumentar proporcionalmente todos os insumos. Particularmente, seria difícil incrementar o insumo capital em substituição ao insumo trabalho, uma vez que os atores são fatores necessários à produção (excetuando-se, talvez, o caso dos desenhos animados). De modo semelhante, seria difícil a substituição de capital por trabalho, uma vez que as produções de filmes e shows de televisão, hoje, exigem equipamentos sofisticados.

#### EXEMPLO 6.4 UMA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO PARA O TRIGO

As safras agrícolas podem ser produzidas por meio de diferentes métodos. Os alimentos cultivados em grandes fazendas dos Estados Unidos são geralmente produzidos por meio de *tecnologia intensiva em capital*, a qual envolve substanciais investimentos de capital, tais como prédios e equipamentos, com relativamente pouco emprego do trabalho. Entretanto, os alimentos também podem ser produzidos por meio do uso de pouco capital (enxadas) e grande quantidade de trabalho (muitas pessoas com paciência e resistência para cultivar o solo). Uma forma de descrever o processo de produção agrícola é mostrando uma

isoquanta (ou então, mais de uma) que descreva a combinação de insumos capazes de gerar determinado nível de produção (ou então diversos níveis de produção). A descrição a seguir se refere a uma estimativa estatística da função de produção do trigo.<sup>10</sup>

A Figura 6.9 apresenta uma isoquanta associada à função de produção correspondente à produção de 13.800 bushels de trigo por ano. O administrador da fazenda pode utilizar essa isoquanta para decidir se seria mais lucrativo contratar mais trabalho ou então utilizar um número maior de equipamentos. Suponhamos que a fazenda esteja atualmente sendo operada no ponto *A*, com insumo trabalho, *L*, de 500 horas-homem e insumo capital, *K*, de 100 horas-máquina. O administrador decide fazer uma experiência utilizando menor quantidade de horas-máquina, 90. Para que possa continuar com o mesmo volume anual de produção, ele descobre que necessita substituir essas horas-máquina por 260 horas de trabalho.



**FIGURA 6.9** ISOQUANTA QUE DESCREVE A PRODUÇÃO DE TRIGO

O volume de produção de trigo de 13.800 bushels por ano pode ser obtido por meio de diferentes combinações de trabalho e capital. O processo mais intensivo em capital é representado pelo ponto *A*, e o processo mais intensivo em trabalho, pelo ponto *B*. A taxa marginal de substituição técnica entre *A* e *B* é  $10/260 = 0,04$ . O resultado dessa experiência informa ao administrador qual é o formato da isoquanta da função de produção do trigo. Ao comparar o ponto *A* (em que  $L = 500$  e  $K = 100$ ) com o ponto *B* (em que  $L = 760$  e  $K = 90$ ) na Figura 6.9, ambos sobre a mesma isoquanta, o administrador descobre que a taxa marginal de substituição técnica é igual a 0,04:  $(-\Delta K/\Delta L = -(-10)/260 = 0,04)$ .

O resultado dessa experiência informa ao administrador qual é o formato da isoquanta da função de produção do trigo. Ao comparar o ponto *A* (em que  $L = 500$  e  $K = 100$ ) com o ponto *B* (em que  $L = 760$  e  $K = 90$ ) na Figura 6.9, ambos sobre a mesma isoquanta, o administrador descobre que a taxa marginal de substituição técnica é igual a 0,04 ( $-\Delta K/\Delta L = -(-10)/260 = 0,04$ ).

A TMST revela a natureza do *trade-off* entre um acréscimo de trabalho e uma diminuição no uso de máquinas agrícolas. Pelo fato de a TMST apresentar valor substancialmente inferior a 1, o administrador sabe que, quando o salário de um trabalhador braçal se tornar igual ao custo operacional de uma máquina, ele deve passar a usar mais capital. (Nos atuais níveis de produção, ele precisa de 260 unidades de trabalho para poder substituir 10 unidades de capital.) Na verdade, ele sabe que, a menos que o trabalho seja substancialmente mais barato do que o uso da máquina, o processo produtivo deve tornar-se mais intensivo em capital.

A decisão relativa ao número de trabalhadores a serem contratados e de máquinas a serem utilizadas não poderá ser completamente resolvida enquanto não discutirmos os custos de produção no próximo capítulo. Entretanto, este exemplo ilustra a forma pela qual o conhecimento das isoquantas de produção e da taxa marginal de substituição técnica pode auxiliar um administrador. Ele sugere também a razão pela qual a maioria das fazendas dos Estados Unidos e do Canadá, onde o

<sup>10</sup> A função de produção de alimentos em que este exemplo se baseia é expressa pela equação  $q = 100(K^{0,8}L^{0,2})$ , na qual  $q$  é a taxa de produção anual em bushels de trigo,  $K$  a quantidade anual de máquinas em uso e  $L$  a quantidade anual de horas de trabalho.

trabalho é relativamente caro, opera em uma faixa de produção em que a TMST é relativamente alta (apresentando uma elevada relação capital/trabalho), enquanto as fazendas dos países em desenvolvimento, onde o trabalho é mais barato, operam com TMST mais baixa (e menor relação capital/trabalho).<sup>11</sup> A combinação ideal de trabalho/capital a ser utilizada dependerá dos preços dos insumos, assunto que tratamos no Capítulo 7.

## 6.4 Rendimentos de escala

A análise que fizemos sobre a substituição de fatores no processo produtivo nos mostrou o que acontece quando uma empresa troca um insumo por outro, mantendo o produto constante. Entretanto, no longo prazo, quando todos os insumos são variáveis, a empresa precisa decidir sobre a melhor maneira de aumentar a produção. Uma forma de fazê-lo consiste em mudar a escala de operação aumentando *todos os insumos na mesma proporção*. Se um fazendeiro que trabalha com uma colheitadeira e em um acre de terra produz 100 bushels de trigo, quanto produzirão dois fazendeiros com duas colheitadeiras e dois acres de terra? É quase certo que a produção aumentará, mas será que dobrará, aumentará mais do que o dobro ou não chegará ao dobro? Os **rendimentos de escala** referem-se à proporção de aumento do produto quando os insumos aumentam proporcionalmente entre si. Examinaremos aqui três casos: rendimentos de escala crescentes, constantes e decrescentes.

**RENDIMENTOS CRESCENTES DE ESCALA** Se a produção cresce mais que o dobro quando se dobram os insumos, então há **rendimentos crescentes de escala**. Isso pode ocorrer pelo fato de a operação em maior escala permitir que administradores e funcionários se especializem em suas tarefas e façam uso de instalações e equipamentos mais especializados e em grande escala. A linha de montagem na indústria automobilística é um famoso exemplo de rendimentos crescentes.

A presença dos rendimentos crescentes de escala é um tema importante do ponto de vista das políticas públicas. Quando existem rendimentos crescentes, torna-se economicamente mais vantajoso ter uma grande empresa produzindo (a um custo relativamente baixo) do que muitas empresas pequenas (a custos relativamente altos). Mas, pelo fato de uma empresa grande poder exercer controle sobre os preços estabelecidos, ela pode estar sujeita a regulamentações. Por exemplo, os rendimentos crescentes do fornecimento de energia elétrica são uma das razões pelas quais temos grandes empresas de fornecimento de energia elétrica regulamentadas.

**RENDIMENTOS CONSTANTES DE ESCALA** Uma segunda possibilidade relacionada à escala de produção é a de que a produção dobre quando ocorrer a duplicação dos insumos. Nesse caso, dizemos que há **rendimentos constantes de escala**. Havendo rendimentos constantes de escala, o tamanho da empresa não influencia a produtividade de seus insumos — como uma fábrica utilizando determinado processo produtivo pode ser facilmente copiada, duas fábricas juntas produzirão o dobro. Por exemplo, uma grande agência de viagens pode oferecer o mesmo serviço por cliente e utilizar a mesma proporção de capital (área de escritórios) e de trabalho (agentes de viagem) que uma pequena agência de viagens que tivesse um número menor de clientes.

**RENDIMENTOS DECRESCENTES DE ESCALA** Por fim, se a produção aumenta em menos que o dobro, quando se dobram os insumos, há **rendimentos decrescentes de escala**. Essa situação se aplica a algumas empresas com operações em grande escala. Dificuldades para organizar e gerenciar uma operação em grande escala podem acabar levando a uma

### rendimentos de escala

Taxa de crescimento do produto à medida que os insumos crescem proporcionalmente.

### rendimentos crescentes de escala

Situação em que a produção cresce mais do que o dobro quando se dobra a quantidade de todos os insumos.

### rendimentos constantes de escala

Situação em que a produção dobra quando se duplica a quantidade de todos os insumos.

### rendimentos decrescentes de escala

Situação em que a produção aumenta menos que o dobro quando se dobra a quantidade de todos os insumos.

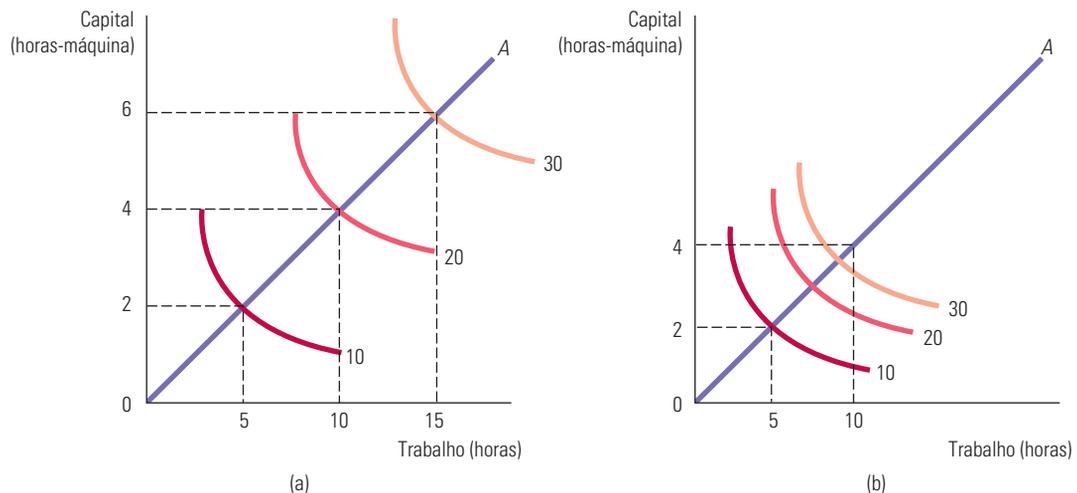
11 Com a função de produção apresentada na nota 6, não é difícil (utilizando-se o cálculo integral) demonstrar que a taxa marginal de substituição técnica pode ser expressa pela equação:  $TMST = (PM_{g_L}/PM_{g_K}) = (1/4)(K/L)$ . Portanto, a TMST diminui à medida que a relação capital/trabalho cai. Para conhecer um interessante estudo sobre a produção agrícola em Israel, veja Richard E. Just, David Zilberman e Eithan Hochman, “Estimation of Multicrop Production Functions”, *American Journal of Agricultural Economics* 65, 1983, p. 770-780.

produtividade menor, tanto para o trabalho quanto para o capital. A comunicação entre os funcionários e a administração pode se tornar difícil de ser monitorada à medida que o local de trabalho se torna mais impessoal. Em consequência, a existência dos rendimentos decrescentes provavelmente está ligada aos problemas crescentes de coordenação de tarefas e da preservação de um bom canal de comunicação entre administração e funcionários.

## DESCREVENDO OS RENDIMENTOS DE ESCALA

Os rendimentos de escala não precisam ser uniformes em todos os níveis possíveis de produção. Com baixos níveis de produção, por exemplo, a empresa pode ter rendimentos crescentes de escala, mas, com níveis mais altos, rendimentos constantes e decrescentes.

A presença ou ausência de rendimentos de escala pode ser graficamente visualizada nas duas partes da Figura 6.10. A linha  $OA$ , partindo da origem em cada painel, descreve um processo produtivo no qual trabalho e capital são utilizados como insumos para produzir diversos níveis de produção na proporção de 5 horas de trabalho para 2 horas de máquina. Na Figura 6.10(a), a função de produção da empresa apresenta retornos constantes de escala. Quando são utilizadas 5 horas de trabalho e 2 horas de máquina, é obtida uma produção de 10 unidades. Quando ambos os insumos dobram, a produção dobra de 10 para 20 unidades, e, quando ambos os insumos triplicam, a produção também triplica, passando de 10 para 30 unidades. Em outras palavras, é necessário o dobro de insumos para produzir 20 unidades e é necessário o triplo de insumos para produzir 30 unidades.



**FIGURA 6.10** RENDIMENTOS DE ESCALA

Quando o processo de produção de uma empresa apresenta rendimentos constantes de escala, como mostrado pelo movimento ao longo da linha  $OA$  no painel (a), o espaço entre as isoquantas é igual, à medida que a produção aumenta de modo proporcional. Entretanto, quando há rendimentos crescentes de escala, como mostrado em (b), as isoquantas situam-se cada vez mais próximas, à medida que os insumos aumentam ao longo da linha.

Na Figura 6.10(b), a função de produção da empresa apresenta rendimentos crescentes de escala. As isoquantas tornam-se mais próximas à medida que nos distanciamos da origem ao longo da reta  $OA$ . Como resultado, é necessário *menos* que o dobro de ambos os insumos para aumentar a produção de 10 para 20 unidades e bem menos do que o triplo para aumentá-la para 30 unidades. O oposto seria verdadeiro se a função de produção apresentasse rendimentos decrescentes de escala (não mostrados aqui). Com rendimentos decrescentes, as isoquantas tornam-se cada vez mais distantes entre si conforme os níveis de produção aumentam proporcionalmente.

Os rendimentos de escala variam de modo substancial entre as empresas e entre os setores. Mantido tudo o mais constante, quanto mais substanciais forem os rendimentos de escala, maiores tendem a ser as empresas de determinado setor. Em geral, a indústria de transformação tem maior probabilidade de apresentar rendimentos crescentes de escala do que as empresas do setor de serviços, pois a atividade de transformação exige substanciais investimentos em equipamentos de capital. As empresas do setor de serviços são mais intensivas em trabalho, e podem ser igualmente eficientes operando em pequena ou grande escala.

### EXEMPLO 6.5 RENDIMENTOS DE ESCALA NA INDÚSTRIA DE TAPETES

A indústria de tapetes nos Estados Unidos concentra-se em torno da cidade de Dalton, na parte setentrional do estado da Geórgia. Um setor industrial relativamente pequeno, com muitas empresas também pequenas na primeira metade do século XX, cresceu rapidamente e se tornou um grande setor com um elevado número de empresas de todos os tamanhos. Como exemplo, listamos na Tabela 6.5, classificados pelo valor de suas entregas em milhões de dólares no ano de 2005, os cinco maiores fabricantes de tapetes.<sup>12</sup>

TABELA 6.5 A indústria de tapetes nos Estados Unidos	
Vendas de tapetes em 2005 (milhões de dólares por ano)	
1. Shaw	4.346
2. Mohawk	3.779
3. Beaulieu	1.115
4. Interface	421
5. Royalty	298

Atualmente, nesse setor, há três empresas relativamente grandes (Shaw, Mohawk e Beaulieu), assim como um número bem expressivo de pequenos fabricantes. Há, também, muitos atacadistas, varejistas, grupos compradores e cadeias nacionais de vendas no varejo. O setor de tapetes cresceu rapidamente por diversas razões. A demanda dos consumidores por tapetes de lã, náilon e polipropileno para usos residencial e comercial aumentou vertiginosamente. Além disso, inovações como a introdução de máquinas de entufar maiores, mais eficientes e mais rápidas, reduziram os custos, possibilitando o aumento da produção. Junto com o aumento da produção, a inovação e a competição colaboraram para reduzir os preços reais dos tapetes.

Em que medida, se for este o caso, o crescimento da indústria de tapetes pode ser explicado pela existência de rendimentos de escala? Ocorreram certamente melhorias substanciais no processamento de vários insumos-chave (fios mais difíceis de manchar, por exemplo), assim como no processo de distribuição da produção para revendedores e consumidores finais. No entanto, o que ocorreu na produção de tapetes? Essa produção é intensiva em capital — as fábricas requerem pesados investimentos em velozes máquinas de entufar, as quais transformam vários tipos de fios em tapeçarias também variadas, assim como em máquinas de forrar os tapetes, de cortá-los nos tamanhos apropriados, de empacotá-los, rotulá-los e distribuí-los.

De modo geral, o capital físico (incluindo a fábrica e os equipamentos) é responsável por cerca de 77% dos custos de fabricação de tapetes, enquanto o trabalho é responsável apenas pelos 23% restantes. Ao longo do tempo, os maiores fabricantes de tapetes aumentaram a escala de suas operações pondo em funcionamento máquinas de entufar maiores e mais eficientes dentro de fábricas também maiores. Ao mesmo tempo, o emprego de mão de obra nessas fábricas também aumentou significativamente. Qual foi o resultado de tudo isso? Aumentos proporcionais de insumos resultaram em aumentos mais do que proporcionais de produção nas fábricas maiores. Por exemplo, dobrar os insumos capital e trabalho fazia o produto crescer 110%. Esse padrão, entretanto, não se mostrou uniforme em todo o setor. Os pequenos fabricantes descobriram que pequenas mudanças de escala tinham pouco ou nenhum efeito na produção, isto é, ao aumentarem proporcionalmente os insumos, obtinham somente um acréscimo de produção proporcional.

12 *Floor Focus*, maio 2005.

Portanto, podemos caracterizar o setor de tapetes como um em que há rendimentos constantes de escala nas fábricas pequenas, mas rendimentos crescentes de escala nas fábricas grandes. Esses rendimentos crescentes, entretanto, são limitados, de tal modo que, se o tamanho de uma dessas fábricas for aumentado, chegará um momento em que os rendimentos se tornarão decrescentes.

## RESUMO

1. Uma *função de produção* mostra a produção máxima que uma empresa pode obter para cada combinação específica de insumos.
2. No curto prazo, um ou mais insumos do processo produtivo são fixos, enquanto no longo prazo todos os insumos são potencialmente variáveis.
3. A produção com um insumo variável, por exemplo, o trabalho, pode ser útilmente descrita em termos do *produto médio do trabalho* (que mede o produto por unidade de trabalho) e do *produto marginal do trabalho* (que mede a produção adicional quando se aumenta o trabalho em uma unidade).
4. De acordo com a *lei dos rendimentos decrescentes*, quando um ou mais insumos são fixos, o insumo variável (em geral, o trabalho) apresenta um produto marginal que diminui à medida que o nível de produção aumenta.
5. Uma *isoquanta* é uma curva que mostra todas as combinações de insumos que resultam em determinado nível de produção. A função de produção de uma empresa pode ser representada por uma série de isoquantas associadas a diferentes níveis de produção.
6. As isoquantas possuem sempre inclinação descendente porque o produto marginal de todos os insumos é positivo. O formato de cada isoquanta pode ser descrito pela taxa marginal de substituição técnica, em cada ponto da isoquanta. A *taxa marginal de substituição técnica (TMST) do trabalho pelo capital* corresponde à quantidade em que se deve reduzir o insumo capital, quando uma unidade extra de insumo trabalho é utilizada, de tal forma que a produção permaneça constante.
7. O padrão de vida que um país pode oferecer a seus cidadãos está muito relacionado ao nível de produtividade de sua mão de obra. Diminuições no crescimento da taxa de produtividade dos países desenvolvidos devem-se em parte à falta de crescimento dos investimentos de capital.
8. As possibilidades de substituição entre os insumos no processo produtivo variam de uma função de produção na qual os insumos são *substitutos perfeitos* a uma função de produção na qual as proporções dos insumos utilizados são fixas (uma *função de produção de proporções fixas*).
9. Na análise de longo prazo, tendemos a pensar no problema de escolha da empresa em termos de escala ou tamanho de operação. *Rendimentos constantes de escala* significam que, dobrando-se todos os insumos, obtém-se o dobro da produção. *Rendimentos crescentes de escala* ocorrem quando a produção aumenta em mais do que o dobro quando se dobram os insumos, ao passo que os *rendimentos decrescentes de escala* acontecem quando a produção não chega a dobrar.

## QUESTÕES PARA REVISÃO

1. O que é uma função de produção? Em que uma função de produção de longo prazo difere de uma função de produção de curto prazo?
2. Por que o produto marginal do trabalho tende a apresentar uma elevação inicial no curto prazo quanto mais insumo variável for empregado?
3. Por que, no curto prazo, a produção acaba apresentando rendimentos marginais decrescentes no que diz respeito ao trabalho?
4. Você é um empregador interessado em preencher uma posição vaga em uma linha de montagem. Será que estaria mais preocupado com o produto médio ou com o produto marginal do trabalho da última pessoa contratada? Caso observe que o produto médio está começando a diminuir, você deveria contratar mais funcionários? O que tal situação significaria em termos do produto marginal do último funcionário contratado?
5. Qual é a diferença entre uma função de produção e uma isoquanta?
6. Defrontando-se com condições que mudam constantemente, por que uma empresa teria algum interesse em manter *algum* insumo fixo? O que determina se um insumo é fixo ou variável?
7. As isoquantas podem ser convexas, lineares ou em forma de L. O que cada uma dessas formas lhe diz sobre a natureza da função de produção? E sobre a TMST?
8. Uma isoquanta pode ser uma curva ascendente? Explique.
9. Explique o termo “taxa marginal de substituição técnica”. O que uma  $TMST = 4$  significa?
10. Explique por que a taxa marginal de substituição técnica tende a diminuir à medida que o trabalho é substituído pelo capital.

- 11 É possível obter, ao mesmo tempo, rendimentos decrescentes para um único fator de produção e rendimentos constantes de escala? Discuta.
- 12 Uma empresa poderia ter uma função de produção que exibisse rendimentos crescentes de escala, rendimentos

constantes de escala e rendimentos decrescentes de escala, à medida que a produção aumentasse? Discuta.

- 13 Suponha que o produto  $q$  seja uma função de um único insumo, o trabalho ( $L$ ). Descreva os rendimentos de escala associados a cada uma das seguintes funções de produção: (a)  $q = L/2$  (b)  $q = L^2 + L$  (c)  $q = \log(L)$ .

## EXERCÍCIOS

1. O cardápio na cafeteria de Joe consiste em vários tipos de café, salgadinhos, doces e sanduíches. O produto marginal de um funcionário adicional pode ser definido como o número de clientes que podem ser servidos pelo funcionário em dado período. Joe só tem um empregado, mas está pensando em contratar mais dois. Explique por que o produto marginal do segundo e do terceiro funcionários pode ser mais alto que o do primeiro. Por que é de se esperar que o produto marginal dos funcionários adicionais eventualmente diminua?
2. Suponha que um fabricante de cadeiras esteja produzindo no curto prazo (com uma fábrica e equipamentos preexistentes). O fabricante observou os seguintes níveis de produção, correspondentes a diferentes números de funcionários:

Número de funcionários	Número de cadeiras
1	10
2	18
3	24
4	28
5	30
6	28
7	25

- a. Calcule o produto marginal e o produto médio do trabalho para essa função de produção.
- b. Essa função de produção apresenta rendimentos decrescentes de escala para o trabalho? Explique.
- c. Explique, de acordo com sua opinião, qual poderia ser a razão do produto marginal do trabalho se tornar negativo.
3. Preencha os espaços em branco na tabela a seguir.

Quantidade de insumo	Produto total	Produto marginal do insumo variável	Produto médio do insumo variável
0	0	—	—
1	225		
2			300
3		300	
4	1.140		
5		225	
6			225

4. Durante uma campanha de reeleição, o gestor de determinada candidatura precisa decidir se veiculará propagandas na televisão ou enviará correspondências para potenciais eleitores. Descreva a função de produção para os votos da campanha. De que modo as informações a respeito dessa função (por exemplo, o formato das isoquantas) poderiam ajudar o gestor a planejar sua estratégia?
5. Para cada um dos exemplos a seguir, desenhe uma isoquanta representativa. O que pode ser dito sobre a taxa marginal de substituição técnica em cada caso?
- a. Uma empresa pode contratar apenas empregados para trabalhar em período integral ou alguma combinação de funcionários de período integral e de meio-período. Para cada empregado de período integral que deixa o emprego a empresa deve contratar um número crescente de empregados de meio período para manter o mesmo nível do produto.
- b. Uma empresa descobre que pode sempre trocar duas unidades de trabalho por uma unidade de capital, mantendo o mesmo nível de produção.
- c. Uma empresa precisa exatamente de dois funcionários em período integral para operar cada peça do maquinário de sua fábrica.
6. Uma empresa tem um processo produtivo no qual os insumos de produção são perfeitamente substituíveis no longo prazo. Você poderia dizer se a taxa marginal de substituição é alta ou baixa, ou precisaria de mais informações para responder? Discuta.
7. O produto marginal do trabalho na produção de chips para computadores é de 50 chips por hora. A taxa marginal de substituição técnica de horas de trabalho por horas de maquinário é de  $1/4$ . Qual é o produto marginal do capital?
8. As funções a seguir representam rendimentos de escala crescentes, constantes ou decrescentes? O que acontece com o produto marginal de cada fator isolado, quando esse fator aumenta e o outro se mantém constante?
- a.  $q = 3L + 2K$
- b.  $q = (2L + 2K)^{1/2}$
- c.  $q = 3LK^2$
- d.  $q = L^{1/2}K^{1/2}$
- e.  $q = 4L^{1/2} + 4K$

9. A função de produção da empresa fabricante de computadores pessoais Disk, Inc. é expressa por

$$q = 10K^{0,5}L^{0,5}$$

sendo  $q$  o número de computadores produzidos diariamente,  $K$  o número de horas-máquina e  $L$  o número de horas do insumo trabalho. Um concorrente da Disk, a empresa Floppy, Inc., está utilizando a função de produção

$$q = 10K^{0,6}L^{0,4}$$

- a. Se ambas as empresas utilizam quantidades iguais de capital e trabalho, qual das duas produz mais?
- b. Suponha que o capital esteja limitado a 9 horas-máquina, porém, a oferta de trabalho seja ilimitada. Em qual das duas empresas seria maior o produto marginal do trabalho? Explique.
10. No Exemplo 6.4, o trigo é produzido em conformidade com a função de produção:

$$q = 100(K^{0,8}L^{0,2})$$

- a. Iniciando com insumo capital igual a 4 e insumo trabalho igual a 49, mostre que o produto marginal do trabalho e o produto marginal do capital são ambos declinantes.
- b. Essa função de produção exhibe rendimentos de escala crescentes, decrescentes ou constantes?

11. Suponha que a expectativa de vida em anos ( $V$ ) seja uma função de dois insumos, gastos com saúde ( $S$ ) e gastos com nutrição ( $N$ ) em centenas de dólares por ano. A função de produção é  $V = c S^{0,8}N^{0,2}$ .

- a. Começando com um insumo saúde de US\$ 400 por ano ( $S = 4$ ) e um insumo de nutrição de US\$ 4.900 por ano ( $N = 49$ ), mostre que o produto marginal dos gastos de saúde e o produto marginal de gastos com nutrição são ambos decrescentes.
- b. Essa função de produção apresenta rendimentos de escala crescentes, decrescentes ou constantes?
- c. Suponha que, em um país com habitantes passando fome,  $N$  seja fixo em 2 e que  $c = 20$ . Desenhe a função de produção para a expectativa de vida como uma função de gastos com saúde, com  $V$  no eixo vertical e  $S$  no eixo horizontal.
- d. Agora, suponha que outra nação ofereça auxílio alimentar ao país com habitantes passando fome, de modo que  $N$  aumente para 4. Desenhe a nova função de produção.
- e. Agora, suponha que  $N = 4$  e  $S = 2$ . Você dirige uma ONG que pode oferecer auxílio alimentar ou auxílio na forma de serviços de saúde a esse país. O que proporcionaria mais benefício: aumentar  $S$  em 1 ou aumentar  $N$  em 1?