

8.

ESTUDO DO TAMANHO

8.1. Conceitos

8.1.1. *Tamanho sob o aspecto técnico*

Define-se *tamanho* de um projeto ou de uma empresa como o limite da produção que pode ser atingida em um período determinado. Este limite é denominado *capacidade teórica* ou *nominal*, quando se pressupõe eficiência máxima na utilização dos equipamentos e instalações. Admitindo que há ineficiências atribuídas a diversas causas, a *produção real*, denominada *capacidade efetiva*, é inferior à capacidade máxima. São exemplos de fatos que provocam diferenças entre as duas medidas, as paradas obrigatórias para manutenções - *preventivas* e *corretivas* - e, a utilização inadequada de equipamentos, por insuficiente treinamento dos operadores. Admita, para exemplificar, uma atividade cuja capacidade nominal seja de 10 toneladas diárias (t/d), equivalentes a 3.650 toneladas por ano (t/a). Supondo exclusivamente o efeito de paralisações totais de 30 dias por ano, a capacidade efetiva seria de $3.350t/a$ ($3.650t - 300t$). Entretanto, além desses aspectos, índices de rendimento de insumos e fatores específicos por unidade de produto final (consumo de matérias-primas e de energia elétrica, homens-hora etc.), dependem da qualidade dos insumos e da qualificação dos trabalhadores utilizados. Além disso, as propriedades do produto final e a intensidade de utilização dos equipamentos (horas por dia, dias por semana, dias por mês etc.) devem ser explicitados ao ser especificada uma medida de capacidade de produção. Assim, uma medida de capacidade, *nominal* ou *efetiva*, deve especificar o regime de utilização dos equipamentos, caracterizar os insumos e, definir as propriedades dos produtos finais a que se refere.

8.1.2. *Tamanho sob o aspecto econômico*

Do ponto de vista exclusivamente da tecnologia do processo, o *tamanho* crescerá à medida que são utilizados equipamentos com maior capacidade de produção e, as variações na escala trazem conseqüências sobre os custos de produção, valor e tempo de execução dos investimentos. De um lado, aumentos no tamanho requererão maior quantidade de recursos variáveis para as operações e, portanto, inversões financeiras mais elevadas para formar o

capital de giro. Admitindo que o objetivo das empresas é maximizar lucros, a opção quanto ao tamanho ótimo deve estar relacionada de alguma forma a alguma medida de lucro, resultante do confronto entre receitas e custos totais. Os custos de produção de um empreendimento podem referir-se ao curto ou ao longo prazo. Define-se *curto prazo* como o período de tempo em que um ou mais fator de produção não pode variar e, *longo prazo*, o tempo necessário para que todos os fatores possam variar. Admita uma empresa de transporte urbano cujo equipamento seja um único automóvel utilizado como táxi. Nesse caso em que o veículo será capital fixo e o fator variável, por hipótese, apenas o trabalho necessário na atividade de conduzir o veículo, o curto prazo pode ser medido em alguns poucos dias. Para uma indústria siderúrgica o curto prazo será expresso em anos. A quantidade de fatores fixos, no curto prazo, delimita a produção máxima que pode ser obtida em um período de tempo considerado. Entretanto, a produção que maximizará o lucro poderá ser inferior à produção máxima. No exemplo da empresa de transportes, para produzir à plena capacidade (ou, para maximizar o volume de serviços prestados) será necessário utilizar o veículo vinte e quatro horas por dia. O trabalho noturno ocasiona custos extras e é válido admitir a hipótese de que subutilizar o equipamento possa resultar em lucro mais elevado do que operá-lo ininterruptamente. A produção que satisfaz a condição de maximização do lucro é atendida no ponto em que receita marginal e custo marginal se igualam, assunto este tratado no Capítulo 2 – Estudo de Mercado. A Figura 8.1 ilustra uma posição de equilíbrio de curto prazo de uma empresa em concorrência pura produzindo q_{M0} , para a qual o preço p_0 é dado e estabelecido no mercado do produto.

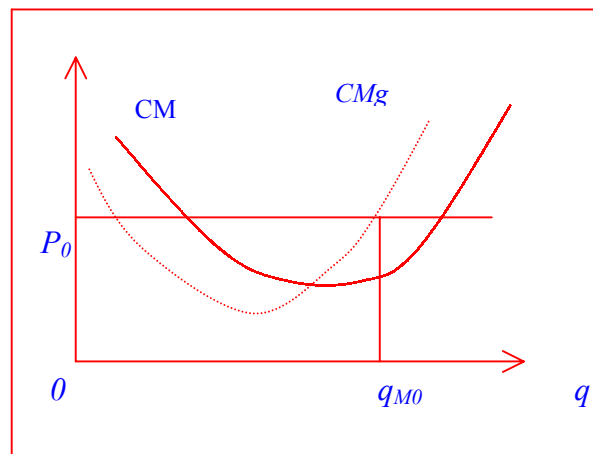


Figura 8.1 *Tamanho e capacidade no curto prazo.*

Os formatos das curvas de custos de uma empresa dependem da função de produção e dos preços dos recursos utilizados. Suponha, para simplicidade de raciocínio, uma função de produção em que haja apenas um fator variável. Adicionado-se quantidades crescentes deste fator variável a outros fatores fixos, a produção total aumentará até certo ponto, a partir do qual diminuirá, em virtude da ineficiência originada pelo excesso do fator variável. O acréscimo de produção obtido pelo aumento de uma unidade de fator variável é denominado *produtividade marginal* do fator variável. Essa produtividade aumenta até um certo nível de produto, após o qual passa a diminuir, tornando-se finalmente negativa. Esse comportamento, conhecido como *lei dos rendimentos decrescentes*, pressupondo dado o preço unitário do fator variável, define a forma das curvas de custos total e marginal. Suponha a função de produção:

$q/t = f(L)$, na qual:

q/t = quantidade total produzida por unidade de tempo.

L = quantidade do fator variável.

w = preço unitário do fator variável.

C_{mg} = custo marginal a cada nível de produção.

A produtividade marginal de L (P_{MgL}), será:

$$P_{MgL} = \frac{dq}{dL} \quad (8-1)$$

O custo marginal é dado por:

$$C_{mg} = \frac{w}{P_{MgL}} \quad (8-2)$$

A equação (8-2) significa que, se a adição de uma unidade do fator variável L , cujo custo é w , aumenta a quantidade produzida em P_{MgL} , então, o custo de cada uma dessas unidades é w/P_{MgL} . A produção em que é maximizado o lucro deve atender à condição de igualdade entre receita marginal e custo marginal. No modelo de concorrência perfeita o preço p é dado pelo mercado e a condição de maximização de lucros é atendida quando:

$$p = \frac{w}{P_{MgL}} \quad \text{Ou:}$$

$$p \cdot P_{MgL} = w \quad (8-3)$$

A relação (8-3) informa que a condição de maximização de lucros será satisfeita, aumentando a quantidade do fator variável até o ponto em que a receita marginal se torne igual ao custo unitário do fator variável. O grau de utilização de uma capacidade de produção dependerá da especificação da função de produção (fórmula matemática), dos preços unitários dos fatores variáveis utilizados e de venda do produto final. A Tabela 8.1 foi elaborada a título de exemplo, utilizando o modelo explicado e os seguintes valores e funções:

$$q/t = 50\sqrt{L} \quad (8-4)$$

$$P_{MgL} = \frac{dq}{dL} = \frac{1}{2} 50L^{\frac{1}{2}-1} = \frac{25}{\sqrt{L}}$$

$$w = \$30/L$$

$$p = \$12/u$$

$$CF = \text{Custo fixo total} = \$1.500$$

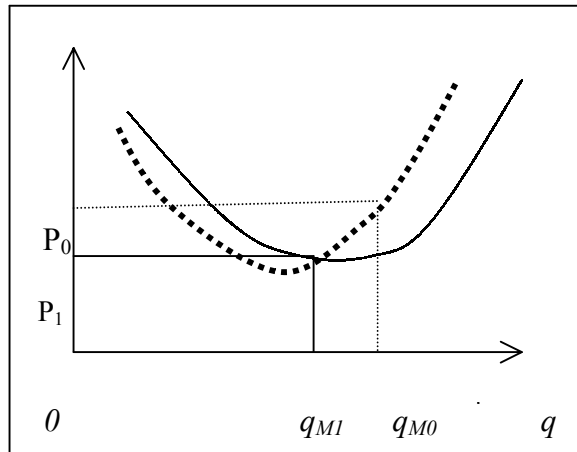
Tabela 8.1 *Equilíbrio de curto prazo – Função de produção com um único fator variável.*

L	\sqrt{L}	q	PMg_L	C_{mg}	R_{mg}	RT	CF	CV	CT	$LUCRO$
1	1	158	7,9	3,8	12	1.897	1.500	300	1.800	97
4	2	224	5,6	5,4	12	2.683	1.500	600	2.100	583
9	3	274	4,6	6,6	12	3.286	1.500	900	2.400	886
16	4	316	4,0	7,6	12	3.795	1.500	1.200	2.700	1.095
25	5	354	3,5	8,5	12	4.243	1.500	1.500	3.000	1.243
36	6	387	3,2	9,3	12	4.648	1.500	1.800	3.300	1.348
49	7	418	3,0	10,0	12	5.020	1.500	2.100	3.600	1.420
64	8	447	2,8	10,7	12	5.367	1.500	2.400	3.900	1.467
81	9	474	2,6	11,4	12	5.692	1.500	2.700	4.200	1.492
100	10	500	2,5	12,0	12	6.000	1.500	3.000	4.500	1.500
121	11	524	2,4	12,6	12	6.293	1.500	3.300	4.800	1.493

O exemplo utiliza uma função de produção em que só há rendimentos decrescentes, conforme mostra a coluna da *produtividade marginal do fator variável*. Este modelo simplificado tem por finalidade evidenciar as relações entre as funções de custos, preços dos fatores variáveis e, a função de produção. Observe que devido à especificação da função (8-4), a quantidade produzida q crescerá sempre com o fator variável L . Em situações práticas, na verdade, isso não ocorre, havendo limites de resposta da produção à adição de um fator variável, quando os demais fatores permanecem fixos. A título de exemplo, este limite poderia ser representado pela última linha da Tabela 8.1. Dependendo do comportamento das funções receitas e dos custos a produção em que o lucro é maximizado pode ser inferior ao limite da capacidade instalada. No exemplo adotado esta situação ocorre à produção de 100 unidades

8.1.3. Custos de curto prazo e rendimentos decrescentes

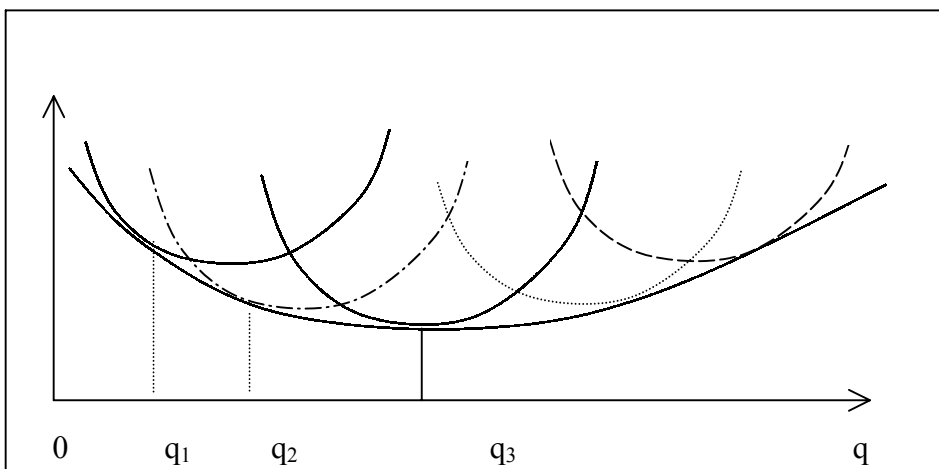
Na análise econômica o conceito de custo é o de *custo de oportunidade*, definido pelo valor dos produtos que poderiam ser obtidos com o melhor uso alternativo dos recursos alocados. A rentabilidade do capital próprio que seria gerada em outra atividade, assim como os salários maiores que os proprietários deixam de receber em outra ocupação, se for o caso, são exemplos de *custos econômicos implícitos*. Na Figura 8.1 os custos são econômicos e incluem, portanto, a remuneração do capital próprio, igual a que poderia ser obtida se este capital fosse empregado em outra atividade. Conseqüentemente, o lucro resultante é um *lucro puro* ou *acima do normal*, denominado *lucro econômico*. No modelo de concorrência pura, a ocorrência de lucro econômico em um setor de atividades incentiva as empresas existentes a se expandirem e a entrada de novas empresas no segmento. A maior concorrência entre os produtores aumenta a oferta e reduz o preço de equilíbrio de mercado. Esse fato induzirá as empresas participantes a reduzirem sua produção e, algumas delas, a paralisar unidades ou a encerrar suas atividades. Essa nova situação no exemplo da empresa ilustrada na Figura 8.2, pelo movimento de q_{M0} para q_{M1} , fazendo desaparecer o *lucro econômico*. Do ponto de vista social, a produção com eficiência econômica máxima ocorre quando todas as empresas de uma indústria obtêm apenas *lucros normais*. A rentabilidade do setor é suficiente para preservar as empresas existentes ao mesmo tempo em que não incentiva a entrada de novos concorrentes.



8.1.4. Custos de longo prazo e efeito escala

A ECONOMIAS DE ESCALA

No tópico anterior mostrou-se que, no curto prazo, o tamanho mais eficiente é aquele em que o custo médio unitário é mínimo. Foi utilizado o modelo de concorrência perfeita, por ser a forma mais simples de ilustrar os principais conceitos econômicos envolvidos sob uma perspectiva de curto prazo. No exemplo adotado foi admitido que os preços dos recursos são fixos, devendo-se o formato das curvas de custos à lei dos rendimentos decrescentes. No longo prazo uma empresa pode ajustar seu tamanho através de sucessivos movimentos de curto prazo, tanto aumentando quanto reduzindo sua capacidade de produção. Sua curva de custo médio de longo prazo será a curva envoltória das sucessivas curvas de custo médio de curto prazo, conforme ilustrado na Figura 8.3. A função CM_4 corresponde a um tamanho maior do que em CM_3 e assim sucessivamente. De CM_1 a CM_3 , devido a *economias de escala*, quanto maior o tamanho, mais baixo o custo médio unitário de curto prazo.



As economias de escala podem ser de natureza *tecnológica* ou *pecuniária*. São exemplos das primeiras:

a) Com aumentos de escala é possível aproveitar melhor a mão-de-obra através da especialização, divisão do trabalho e treinamento;

b) Tamanhos maiores permitem a utilização de equipamentos mais avançados tecnologicamente e, portanto, mais eficientes, ou seja, produzem com menor desperdício e maiores índices de rendimento.

c) O valor investido por unidade de capacidade instalada tende a diminuir com aumentos da escala de produção. O preço de aquisição de um equipamento cuja produção seja o dobro de outro não custará duas vezes mais. Ao dobrar a capacidade de um equipamento pode admitir-se que os investimentos complementares seguirão o mesmo princípio de ordem geral. Também não necessariamente dobrarão os custos operacionais resultantes das relações homem/máquina, consumo de energia e de combustíveis por unidade de produto final etc. Finalmente, pode haver substancial economia do espaço ocupado, propiciando benefícios adicionais, já que o volume de um equipamento não crescerá na mesma proporção de sua capacidade de produção.

d) Uma regra prática de engenharia conhecida como “*regra do fator 0,6*” permite estimar o valor do investimento em equipamentos à medida que aumenta a capacidade:

$$I_2 = I_1 \left(\frac{q_2}{q_1} \right)^{0,6} \quad \text{sendo:}$$

$q_2 > q_1$, as respectivas capacidades de dois projetos
 I_2 e I_1 investimentos.

Essa regra empírica é útil em pré-projetos e mais apropriada a certos tipos de indústrias, como química, petroquímica, cimento etc. que utilizam intensamente tanques para armazenagens de materiais.

Economias pecuniárias originam-se de:

a) Reduções nos custos unitários dos recursos utilizados, proporcionadas pelo maior volume de transações, que acompanha os aumentos de escala.

b) Custo de capital mais baixo, tendo em vista que projetos maiores são executados por empreendedores de capacidade econômica mais elevada, que têm acesso mais fácil a fontes de recursos de longo prazo.

B DESECONOMIAS DE ESCALA

Se as funções de custo médio de curto prazo mostradas na Figura 8.3 se deslocassem para baixo e para a direita indefinidamente com aumentos na escala, haveria algum tamanho ao qual o custo médio de produção seria nulo. Haverá algum ponto, exemplificado na mesma ilustração por q_3 , a partir do qual deixam de existir as economias de escala e o custo médio passa a aumentar com a capacidade. Na melhor das hipóteses esse custo permanecerá relativamente constante para uma certa faixa de tamanhos, antes de iniciar sua trajetória ascendente. Esse fato é atribuído à perda de eficiência gerencial em virtude da degradação de ações de coordenação e controle. Na Figura 8.3, a partir do ponto q_3 na função CM_3 surgem as *deseconomias de escala*.

8.2. Tamanho ótimo

8.2.1. Minimização do custo médio unitário de longo prazo

O *tamanho ótimo* de um projeto é aquele em que são iguais os custos médios unitários mínimos de curto e longo prazo, correspondendo ao tamanho que produziria a curva CM_3 na Figura 8.4. No ponto q_E o custo marginal de longo prazo igualaria o custo médio unitário mínimo de longo prazo e, sob condições de concorrência pura, seria o mais eficiente economicamente. Ao nível de produção q_E , que seria estabelecido se o preço de mercado fosse p_E , a empresa não obteria *lucro econômico*. Em concorrência pura o produto do mercado é idêntico, todas as informações sob custos e preços são conhecidas pelos participantes e, nenhum comprador ou vendedor, isoladamente, influencia a formação do preço. Essas condições raramente acontecem na realidade e contrariam o interesse empresarial de obter o maior retorno sobre o capital investido. Considere os pequenos serviços e o comércio varejista nos grandes centros urbanos, exemplos de situações que mais se aproximam do modelo de concorrência pura. Nesses casos a forma mais utilizada para influir na determinação do preço pelos produtores e aumentar os lucros, é procurar diferenciar os produtos, através do ponto comercial, arranjo físico das instalações, qualidade do atendimento aos consumidores, serviços complementares etc.

Decisões sobre tamanho e o nível de utilização de uma dada capacidade instalada dependerão das condições de concorrência no longo prazo nos mercados dos produtos e dos fatores. Do ponto de vista prático a possibilidade de obter economias de escala sugere que tamanhos maiores para um projeto sempre serão preferíveis a tamanhos menores. Entretanto, inúmeros outros fatores limitam as opções quanto à escolha da melhor escala de um projeto, a exemplo do tamanho do mercado consumidor, tecnologias de produção, localização, restrições orçamentárias, capacidade empresarial etc. Esses aspectos recomendam o procedimento de apenas aprofundar-se o estudo de alternativas após o conhecimento dos demais aspectos que limitam as opções viáveis.

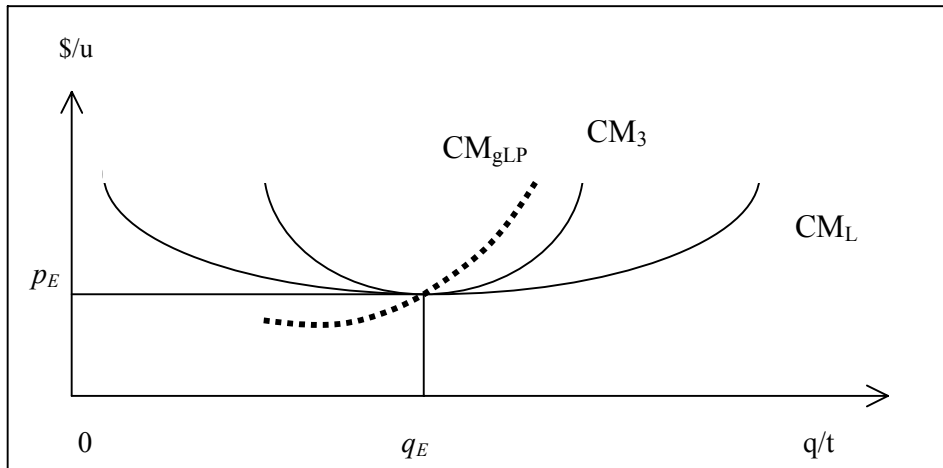


Figura 8.4 Equilíbrio de de longo prazo

8.2.2. Critério de maximização do VPL

O método de minimização do custo médio unitário de produção para escolher a escala ótima de um projeto apresentado no tópico anterior exige atualizar-se os valores monetários para uma mesma data, de forma a tornar comparáveis as alternativas consideradas. Financeiramente este método considera o valor dos investimentos no cálculo dos custos, mediante depreciação dos ativos – que reduz a base de cálculo do imposto de renda – e, em virtude dos reflexos da dimensão do projeto sobre os custos de captação de recursos. Quando o projeto requer desembolsos em diversos períodos é necessário levar em conta o valor do dinheiro no tempo, de forma a traduzir os valores a preços de um mesmo período base. Uma alternativa ao objetivo de minimizar o custo médio e que se aplica a todas as decisões sobre opções de investimentos é o de maximizar o valor presente líquido do projeto. De acordo com esse critério cada aumento de escala é tratado como um projeto individual e independente do original. *A escala de um projeto será aumentada até o ponto em que se torne nulo o valor presente líquido do fluxo de caixa incremental, ao custo médio marginal de capital.* Suponha o projeto A e um aumento de escala que gere um fluxo de caixa incremental ΔFCL , resultando no projeto B, de maior tamanho. Sendo r o custo de capital e n a vida útil:

$$VPL_B = \sum \frac{(FCL_{iA} + \Delta FCL_{iA})}{(1+r)^i} = \sum_i \frac{FCL_{iA}}{(1+r)^i} + \sum_i \frac{\Delta FCL_{iA}}{(1+r)^i}$$

$$VPL_B = VPL_A + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta FCL_i}{(1+r)^i} = VPL_A + VPL_{Mg}$$

$$VPL_{Mg} = VPL_B - VPL_A$$

O VPL de B é a soma do VPL original A e com o VPL do fluxo de caixa incremental. A Tabela 8.2 mostra a título de exemplo, três alternativas de tamanho para um projeto, nas seguintes condições:

- a) $A < B < C$.

- b) Em todas as alternativas há um único desembolso inicial I , a título de investimento e, infinitas entradas de caixa anuais R_i , de igual valor.
 c) O custo de capital k é de 12% ao ano.

Tabela 8.2 *Tamanho ótimo com base no VPL*

Projetos	Investimento $t = 0$	Recebimentos $t = 1$ a ∞	VPL $k = 12\%$
A	- 3.000	450	750
B	- 3.700	564	1.000
C	- 4.400	648	1.000
B - A	- 700	114	250
C - B	- 700	84	0

$$VPL_A = -I_A + \sum_{i=1}^{\infty} \frac{R_i}{(1+k)^i} = -I_A + \frac{R}{k}$$

$$VPL_A = -3.000 + \frac{450}{0,12} = 750$$

$$VPL_B = -3.700 + \frac{564}{0,12} = 1000$$

$$VPL_C = -4.400 + \frac{648}{0,12} = 1.000$$

$$VPL_{B-A} = -700 + \frac{114}{0,12} = 250$$

$$VPL_{C-B} = -700 + \frac{84}{0,12} = 0$$

À taxa de descontos de 12% ao ano o VPL de B é superior ao VPL de A, de menor tamanho, sendo, portanto, aquele preferível a este. O VPL do fluxo de caixa marginal é \$250. O aumento da escala de B para C seria indiferente, uma vez que os fluxos de caixa de ambos os tamanhos teriam o mesmo VPL de \$1000. Neste caso, o VPL marginal é nulo.

A elaboração de estimativas do valor presente líquido requer informações sobre o volume de investimentos e as respectivas receitas e custos de cada alternativa de escala do projeto. A forma mais indicada para buscar a solução é concentrar os estudos nas opções que pareçam mais aproximadas do nível ótimo. Entretanto, é inútil processar as estimativas exclusivamente com base no critério de maximização do VPL se não existir demanda que permita atingir equilíbrio econômico na alternativa avaliada, ou ainda, se os empreendedores não tiverem capacidade de mobilizar os recursos para realizar os investimentos. Por essas razões é indispensável avaliar em conjunto os principais fatores determinantes da opção quanto à escala de um projeto, antes de aprofundar as pesquisas com o objetivo de otimização.