A PRÁTICA DO LOTE ECONÔMICO

IVAN DE SÁ MOTTA

Muito tem sido escrito acêrca das fórmulas para a determinação dos lotes econômicos de compra e de fabricação. Tanto quanto conheço, todavia, ainda não foi escrito o suficiente para guiar, na prática, a pessoa interessada no uso dessas fórmulas. Meu conhecimento é baseado sobretudo em trabalho realizado em meu próprio país, mas já foi confirmado por observação de alguns casos nos Estados Unidos da América e na Europa.

Assim, o objetivo dêste trabalho é ajudar o administrador interessado na prática do uso das fórmulas do lote econômico de compra e de fabricação.

Há várias fórmulas para determinar o lote econômico. Diferem entre si porque algumas são mais elaboradas do que outras, isto é, algumas consideram maior número de variáveis do que outras. Escolheremos a mais simples dessas fórmulas, conhecida como fórmula de CAMP, citada na literatura como datando de 1922. De fato, porém, LORD KELVIN realizou estudos análogos, do ponto de vista matemático, em fins do século passado, muito antes de CAMP,

---

IVAN DE SÁ MOTTA — Professor-Adjunto do Departamento de Administração da Produção da *Escola de Administração de Emprêsas de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas.*

portanto.[1] A analogia matemática entre a lei de LORD KELVIN e a lei de minimização de custos a que obedece a fórmula de CAMP é citada no Anexo 1.

LORD KELVIN foi o primeiro a descobrir que o tamanho econômico de um condutor é aquêle para o qual o custo do investimento é igual ao custo da energia perdida num mesmo período de tempo. Êsse enunciado é conhecido na engenharia elétrica como *lei de* KELVIN.

A fórmula de CAMP, que é uma analogia da lei de KELVIN, pode ser expressa assim:

$$Q_e = \sqrt{\frac{2\ RS}{I.c}} = \sqrt{\frac{2 \times 14.400 \times 12.300}{0{,}246 \times 1.000}} = 1.200$$

(Fórmula A), onde as lêtras significam:

Q_e = lote econômico expresso em unidades (1.200);

R = demanda em unidades para dado período de tempo, um ano por exemplo (14.400 unidades por ano);

S = custo variável unitário para preparar completamente uma ordem de compra ou uma ordem de fabricação, em cruzeiros (12.300);

C = custo variável unitário do material comprado ou fabricado, em cruzeiros por unidade (1.000);

I = custo de ter o material armazenado entre a compra ou fabricação e o uso, expresso como fração decimal do valor médio daquele material armazenado para dado período de tempo, um ano por exemplo; neste caso vem expresso como o inverso de um ano: 1/ano (0,246).

1) W. G. IRESON e E. L. GRANT, *Handbook of Industrial Engineering and Management*, Englewood Cliffs, Nova Jérsia: *Prentice-Hall Inc.*, 1955, pág. 224.

O período de tempo escolhido para exprimir a demanda R e o custo I tem de ser o mesmo. O ano é em geral a unidade escolhida.

Da fórmula acima apresentada vê-se que quatro variáveis — a saber, R, S, I e c — devem ser conhecidas a fim de que se possa determinar o lote econômico. Veremos de que forma podem ser conhecidos os valôres dessas variáveis.

A DEMANDA (R)

No caso da compra a demanda é o volume de vendas da companhia. Para a emprêsa manufatureira a demanda será o volume de vendas da companhia, desde que não haja variação substancial nos níveis de estoque de produtos acabados. Quando essa variação ocorre a demanda é tratada como sendo o volume de produção para o período de tempo escolhido, independentemente do volume de vendas.

A demanda é, das quatro variáveis acima indicadas, aquela cuja determinação, embora difícil, apresenta menos problemas. Na prática êsse dado é, em geral, fornecido pelo departamento de vendas da emprêsa. Como não estamos interessados em fugir ao escopo do artigo, supomos que êsse dado já seja conhecido.

O CUSTO DE PREPARAÇÃO DA ORDEM (S)

A variável S é muito importante. A literatura, todavia, não é clara ao informar como se obtém, na prática, êsse valor. Alguns autores que têm tratado do assunto apenas dizem, por exemplo: suponha que o custo de preparação de uma ordem seja de 12.300 cruzeiros. Nunca explicam como e onde obter êsse dado. Outros autores, por exemplo, dizem que na fabricação êsse é o custo de preparação das máquinas. Não é verdade. O custo de preparação das máquinas poderá ser o principal componente do custo de preparação da ordem, mas não é o único, de forma alguma.

Outros custos de produção são importantes na preparação da ordem de fabricação, como, por exemplo, todos os demais custos de planejamento e contrôle da produção.

Alguns autores explicam como obter êsse dado no caso de compra. Dizem, por exemplo: "Divida *P* por *n*". *P* é o custo total da função industrial de compra em dado período de tempo, um ano ou um mês, por exemplo; *n* é o número de ordens de compra emitidas pelo departamento de compras no mesmo período de tempo.

Essa orientação, todavia, não corresponde à realidade. Uma demonstração matemática de que isso não está certo será dada no Anexo 3. Todavia, pode-se demonstrá-lo desde já através de um raciocínio lógico. Basta considerar que o próprio número de ordens é uma função do tamanho do lote: é a demanda total dividida pelo tamanho do lote.

Até agora vimos como *não* se deve calcular o custo da preparação da ordem, *S*. Vejamos agora como êle *deve* ser calculado.

A) Processo de cômputo derivado da própria definição de S

Aplica-se aqui o conhecido método de separação dos custos em fixos e variáveis. *S* é o custo variável de compra por ordem de compra emitida.[2] Se se multiplicar o *S* por *n* (número de ordens de compra emitidas), obter-se-á o custo variável total da função industrial de compra. *nS* é, pois, o custo variável total da compra. Se a êsse valor se adicionar *F* (custo fixo total da compra), obter-se-á o custo total da função industrial de compra (*P*):

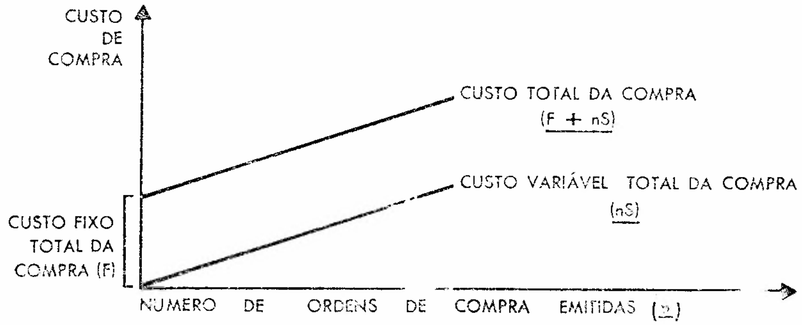
$$\boxed{P = nS + F} \qquad (\textit{Fórmula B}).$$

Colocando-se essas informações num gráfico, obtém-se a representação que aparece no Gráfico 1, que é a represen-

2) Partimos do pressuposto de que o conceito de custo da função industrial de compra já seja conhecido, pois não visamos neste artigo a discutir o assunto, já bastante difundido na Contabilidade Industrial.

tação da compra como função do número de ordens emitidas. É uma linha reta. A inclinação (coeficiente angular) dessa linha reta é *S*. A interseção dessa linha reta com o eixo vertical é *F*. Na realidade o custo total da função industrial de compra não varia linearmente conforme o número de ordens de compra emitidas; essa é apenas uma representação aproximada que para fins de ordem prática funciona perfeitamente.

GRÁFICO 1: *Representação da Função Industrial de Compra como Função do Número de Ordens de Compra Emitidas*



Como vimos antes, *S* é a inclinação da reta da compra expressa como função linear do número de ordens emitidas. Há pelo menos duas maneiras de obter a inclinação (coeficiente angular) de uma linha reta. A primeira é um método aproximado. Consiste em traçar uma linha reta através dos pontos que representam o custo total do departamento de compras. Uma vez que a reta esteja traçada, a inclinação é medida da maneira que será mostrada abaixo.

Suponhamos que os custos do departamento de compras sejam mostrados no Quadro 1.

QUADRO 1: *Tabela do Custo da Função Industrial de Compra e das Ordens de Compra Emitidas*

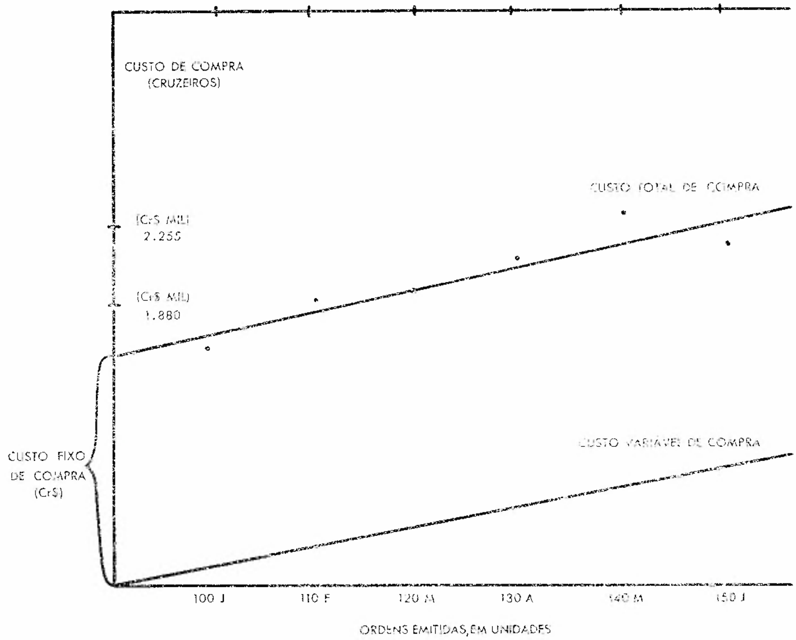
CUSTO DO DEPARTAMFNTO DE COMPRAS

Mês	Quantidade (em milhares de cruzeiros)	Ordens emitidas (em unidades)
Março	1 700	100
Fevereiro	1 900	110
Janeiro	2 000	120
Junho	2 100	130
Maio	2 300	140
Abril	2 300	150

Sob condições inflacionárias, os custos do departamento de compras teriam de ser deflacionados pelo uso de índices econômicos, como os publicados pela *Conjuntura Econômica.*

Vamos agora colocar êsses dados num gráfico. No eixo horizontal ficarão as ordens emitidas e no eixo vertical estarão os custos do departamento de compras, tanto os fixos, como os variáveis e os totais. Marcados no gráfico os pontos correspondentes à tabela anteriormente mostrada, traça-se uma linha reta que passa através dêsses pontos, isto é, que se aproxima o mais possível de todos êles. Obtém-se, então, o Gráfico 2.

GRÁFICO 2: *Representação Aproximada da Função Industrial de Compra em Função do Número de Ordens de Compra Emitidas*



Vê-se sôbre a linha reta do Gráfico 2 que o custo do departamento de compras para um movimento correspondente a 110 ordens emitidas é de Cr$ 1 880 mil e que para 140 ordens êsse custo é de Cr$ 2 255 mil. A inclinação — ou coeficiente angular — é então calculado desta maneira:

$$\text{Inclinação} = \frac{2250 - 1880}{140 - 110} = \frac{370}{30} = 12{,}3$$

(*Fórmula C*).

O valor de S será, portanto, de Cr$ 12.300 (ou .... NCr$ 12,30).

B) *Método dos mínimos quadrados*

Aplica-se aqui o conhecido método dos mínimos quadrados à separação dos custos da função industrial de compra em fixos e variáveis.

Nesse método o valor de *S* é obtido por meio da seguinte fórmula:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2} \qquad (\textit{Fórmula } D)$$

Os símbolos que aparecem na fórmula acima têm o seguinte significado:

i = 1, 2,. . ., n (veja significado de n mais abaixo);

x_i = número de ordens emitidas cada mês, por ordem de grandeza crescente; no exemplo dado: 100, 110, 120, 130, 140, 150, respectivamente;

y_i = custo total do departamento de compras por mês, correspondente ao número de ordens emitidas nesse mês;

n = número de meses considerados (6 no exemplo dado aqui);

$\bar{x}$ = média aritmética dos x_i = 125 unidades;

$\bar{y}$ = média aritmética dos y_i = Cr$ 2.050.000.

O Quadro 2 dá os valôres que figuram na fórmula da inclinação da reta.

QUADRO 2: *Tabela dos Valôres que Aparecem na Fórmula do Método dos Mínimos Quadrados*

n	$(y_2 - \bar{y})$	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})\ (y_i - \bar{y})$	$(x_i - \bar{y})$
1	350	25	8 750	625
2	150	15	2 250	725
3	50	5	250	25
4	—50	—5	250	25
5	—250	—15	3 750	225
6	—250	—25	6 250	625
TOTAL	—	—	21 500	1 750

No exemplo dado:

$$\frac{21.500}{1.750} = 12{,}3.$$

Vemos assim que o valor obtido pelo método aproximado de traçar uma linha reta que mais se aproxime dos pontos coincide com o método exato dos mínimos quadrados. Nem sempre isso acontece; muitas vêzes pode ser grande o desvio entre um método e outro. Quando o método aproximado não inspira confiança deve-se usar o método dos mínimos quadrados. Aliás, sempre que haja necessidade de precisão deve-se usar o método dos mínimos quadrados.

O CUSTO DE TER ESTOQUE (*I*)

I é o valor do custo anual de ter estoque. Deve vir expresso como fração decimal. Por exemplo, se o custo anual de ter estoque é 24,6%, *I* será 0,246. Obtém-se uma percentagem porque êsse custo vem associado ao valor do estoque.

Em outras palavras, 100% é o valor médio do estoque. Suponhamos que o valor médio do estoque seja de Cr$ 100 milhões. Suponhamos, ainda, que o custo anual de ter estoque seja Cr$ 24.600 mil. *I* será o resultado da divisão de Cr$ 24.600 mil por Cr$ 100 milhões, ou seja, 0,246.

O valor médio anual do estoque pode ser determinado de diferentes maneiras; por exemplo, pela média aritmética dos estoques inicial e final do ano. Outra maneira mais precisa é a média aritmética dos estoques do fim dos 12 meses do ano.

O custo de ter estoque é composto de várias parcelas, das quais a mais importante é o custo do capital empatado no estoque. Outra parcela importante é o custo do armazenamento. Por custo de armazenamento se entendem tôdas as despesas incorridas pelo fato de haver material guardado dentro do almoxarifado, tais como as de obsolescência e estrago do material, e as de salários do pessoal responsável pelo almoxarifado, dos supervisores, dos transportadores de material, do pessoal de escritório e dos datilógrafos. Uma importante parcela no custo do armazenamento é o seguro contra fogo e roubo dos materiais armazenados.

O custo de armazenamento também pode ser expresso como fração decimal quando relacionado com o valor do estoque. Por exemplo, se o custo anual de operar o almoxarifado fôr de Cr$ 10 milhões e o valor do material armazenado fôr de Cr$ 100 milhões, o custo de armazenamento será de 0,10 ou 10% ao ano. Se somarmos o custo do armazenamento com o custo do capital investido em estoque, teremos o valor total de *I*.

O custo anual de armazenamento pode ser obtido através da Contabilidade Industrial. Muitas companhias têm um sistema de contabilidade de custo industrial por meio do qual os custos das diferentes seções de serviço — manutenção, almoxarifado, compra, planejamento e contrôle da produção, etc. — são conhecidos mensalmente. Êsses custos podem ser estimados quando não conhecidos explìcitamente.

A taxa de retôrno do capital investido no estoque é em geral tratada como sendo igual ao custo do dinheiro no mercado no qual a emprêsa opere. Todavia, o custo do dinheiro é assunto muito controverso e não vai ser discutido neste trabalho. Limitar-me-ei a apresentar a maneira pela qual costumo resolver na prática a determinação do custo do capital investido no estoque.

Êsse capital, como aliás todo o dinheiro utilizado na companhia, procede de diferentes fontes, devendo tôdas elas ser consideradas quando se deseja tratar o assunto de maneira correta. Raramente acontece que o dinheiro investido em estoque tenha uma única origem, por exemplo, o crédito concedido pelo fornecedor. O dinheiro gerado pelos próprios recursos da companhia também tem um custo associado a êle, a saber, a rentabilidade gerada pelo capital da emprêsa. Outrossim, devem ser considerados os diversos empréstimos tomados pela companhia, a curto ou a longo prazo, com as respectivas taxas de juros.

Façamos uma discussão numérica para tornar mais clara esta exposição. Suponhamos que o capital investido numa emprêsa tenha quatro origens distintas, com as respectivas participações percentuais no total:

Crédito dos fornecedores	10%
Empréstimo a curto prazo	20%
Empréstimo a longo prazo	30%
Capital próprio	40%
	100%

Consideremos agora, em percentagens ao ano, as taxas de remuneração correspondentes a cada uma dessas fontes de capital:

Crédito dos fornecedores	12%
Empréstimo a curto prazo	18%
Empréstimo a longo prazo	6%
Rentabilidade do capital próprio	20%

Em seguida, multipliquemos as taxas de remuneração dos capitais pelas respectivas taxas percentuais de participação no capital total:

12% ×	10	1,2%
18% ×	20	3,6%
6% ×	30	1,8%
20% ×	40	8,0%
	100	14,6%

Nessa emprêsa, portanto, 14,6% é o custo anual do capital investido em estoque. Supondo-se que o custo anual de armazenamento seja de 10%, o custo total de estoque será de 10,0% mais 14,6%, ou seja, 24,6% ao ano. Êsse é o valor de *I*, que, expresso em forma decimal (0,246), figurará na fórmula para determinação do lote econômico de compra ou de fabricação.

O CUSTO UNITÁRIO (*c*)

c é o custo variável unitário de qualquer item de estoque, expresso, neste caso, em milhares de cruzeiros por unidade (em outros casos poderá ser expresso em cruzeiros apenas). Quando o item de estoque em questão é fabricado e não comprado, c é o último custo variável unitário, isto é, inclui material direto, mão-de-obra direta e custos indiretos de fabricação variáveis.

Para evitar dupla contagem todos os custos considerados no custo total para obter e ter estoque devem ser excluídos do custo unitário c. Na prática, todavia, isso não é feito porque êsse expediente não altera os resultados consideràvelmente.

Embora em geral êsse custo seja tratado como se fôsse uma constante, êle de fato varia, tanto na compra como na fabricação. Na fabricação, à medida que a quantidade fabricada aumenta, o custo variável unitário decresce porque de fato não existe exata proporcionalidade entre os custos variáveis e o volume da produção. Se a houvesse, êsse custo seria constante. Na compra acontece o mesmo fenômeno porque os fornecedores concedem descontos quando o volume de compras aumenta, decrescendo, destarte, o custo unitário do material comprado.

O custo unitário c é então, em si mesmo, uma função do tamanho do lote. Êsse fato torna o tratamento matemático do problema bastante complicado. Na prática, contudo, êle não influi muito. Há outros métodos — método das aproximações sucessivas, método tabular etc. — que podem ser usados tanto para a compra, como para a fabricação. De agora em diante, portanto, falarei apenas de custo unitário.

Apresentarei o fundamento do método e, depois, darei um exemplo numérico. A Fórmula que tenho usado pode ser enunciada da seguinte maneira:

$$Q\sqrt{c} = \sqrt{\frac{2\ RS}{I}} = \sqrt{\frac{2 \times 14.400 \times 12{,}3}{0{,}246}} = 1.200$$

(*Fórmula E*),

onde o produto $Q\sqrt{c}$ é uma constante. Tem-se agora de procura um par de valôres Q e c que satisfaça à igualdade acima. Q será o lote econômico.

A) *Exemplo numérico do método de aproximação sucessiva*

Suponha o leitor que tem a seguinte série de custos unitários, com os respectivos tamanhos de lotes:

tamanho do lote (unidades)	857	1000	1200	1500	2000	3000
custo unitário (NCr$ por unidade)	1,30	1,19	1,00	0,81	0,64	0,49.

No caso de compra serão êsses os custos unitários de compra; no caso de fabricação serão os custos unitários variáveis de fabricação.

Calcule agora $\sqrt{c}$:

$\sqrt{c}$ = 1,14 1,09 1,00 0,90 0,80 0,70.

Finalmente, calcule Q, ou seja, $\frac{1200}{\sqrt{c}}$ e veja qual é o valor de Q que coincide com o lote inicial cuja série foi dada:

$\frac{1200}{\sqrt{c}}$ unidades 1050 1100 1200 1335 1500 1710.

O lote de 1 200 — com o custo unitário de 1,00 — satisfaz a igualdade acima: 1 200 é, pois, o lote econômico.

No caso de compra nunca ocorre que o fornecedor tenha um preço certo para cada tamanho de ordem de compra. Na prática o que ocorre é diferente: o fornecedor tem preços variados para classes ou intervalos de tamanhos de lotes de compra. O que o fornecedor realmente tem são diferentes porcentagens de desconto para diferentes faixas de tamanhos de lotes de compra.

O leitor verá, a seguir, por meio de um exemplo numérico, como o problema é tratado num caso como êsse, mediante a utilização de uma tabela.

B. *Método tabular*

A literatura indicada no fim dêste trabalho ilustra amplamente a representação gráfica dos custos que intervêm na determinação do lote econômico, isto é, os custos de obter e de ter estoque, cuja soma deverá ser minimizada. Suponha que o Quadro 3 represente a tabela dada por um fornecedor.

QUADRO 3: *Tabela dos Preços de Venda do Fornecedor e dos Tamanhos das Ordens de Compra*

Q tamanho da ordem (unidades)	c preço (em milhares de cruzeiros)
0 a 875	1,30
876 a 1075	1,19
1076 a 1420	1,00
1421 a 1850	0,81
1851 a 2500	0,64
2501 a mais	0,45

Êsses dados não estão muito conformes à realidade porque o preço está caindo muito com o tamanho do lote. Na realidade a queda do preço é menor.

O Quadro 4 é a tabela do custo total de obter e ter estoque. A partir da tabela do Quadro 4 vê-se que o custo mínimo é 0,01459, ao qual corresponde o lote de 2501 unidades. 2501 é, pois, o lote econômico. Não levamos em conta o valor do material comprado, pois êsse tratamento mais completo foge ao escopo dêste trabalho.

QUADRO 4: *Tabela para Determinação do Lote Econômico*

Tamanho do lote	Custo de ter	Custo de obter	Custo de ter e de obter
Q	$\frac{IcQ}{2R}$	$\frac{S}{Q}$	$\frac{IcQ}{2R} + \frac{S}{Q}$
200	0,00222	0,06150	0,06372
400	0,00444	0,03075	0,03519
600	0,00666	0,02050	0,02716
800	0,00888	0,01537	0,02425
875	0,00970	0,01405	0,02375
876	0,00890	0,01404	0,02294
1000	0,01016	0,01230	0,02246
1075	0,01091	0,01144	0,02235
1076	0,00918	0,01143	0,02061
1200	0,01024	0,01025	0,02049
1400	0,01196	0,00878	0,02074
1420	0,01212	0,00866	0,02078
1421	0,00985	0,00865	0,01850
1600	0,01109	0,00768	0,01877
1800	0,01296	0,00683	0,01929
1850	0,01280	0,00664	0,01944
1851	0,01012	0,00664	0,01676
2000	0,01093	0,00615	0,01708
2200	0,01202	0,00559	0,01761
2400	0,01312	0,00512	0,01874
2500	0,01369	0,00492	0,01861
2501	0,00963	0,00491	0,01459
2600	0,01000	0,00473	0,01473
2800	0,01078	0,00439	0,01517
3000	0,01152	0,00410	0,01562

ANEXO 1

ANALOGIA ENTRE A LEI DE KELVIN E A FÓRMULA DE CAMP

A lei de KELVIN estabelece que o tamanho econômico de um condutor é aquêle para o qual o custo do investimento é igual ao da energia perdida num mesmo período de tempo. O custo do investimento no condutor equivale ao custo do investimento no estoque e o custo da energia perdida equivale ao custo de comprar. O custo anual de ter estoque é o custo do capital investido no estoque mais o custo do armazenamento.

Suponha, para simplificar o raciocínio, que não haja estoque mínimo. Os resultados seriam os mesmos, se houvesse estoque mínimo. O estoque máximo é, nesse cao, igual ao lote econômico e ocorre quando o lote econômico é recebido. O estoque médio é então $\frac{1}{2} Q_e$. O valor dêsse estoque médio é $c.\frac{1}{2} Q_e$, obtido mediante multiplicação do número de unidades no estoque médio pelo custo de cada unidade.

Chame-se I o custo de ter estoque, tal como foi definido no texto. O custo anual de ter estoque será $I.c.\frac{1}{2} Q_e$.

O custo da energia perdida, na analogia de LORD KELVIN, é nesse caso o custo anual de comprar. Como ficou convencionado, R é a demanda; Q_e o lote econômico; e S o custo variável unitário de preparar completamente uma ordem. Portanto, o custo anual de comprar será $\frac{R}{Q_e} \times S$. E o custo anual de ter estoque, ainda de acôrdo com a lei de KELVIN, será

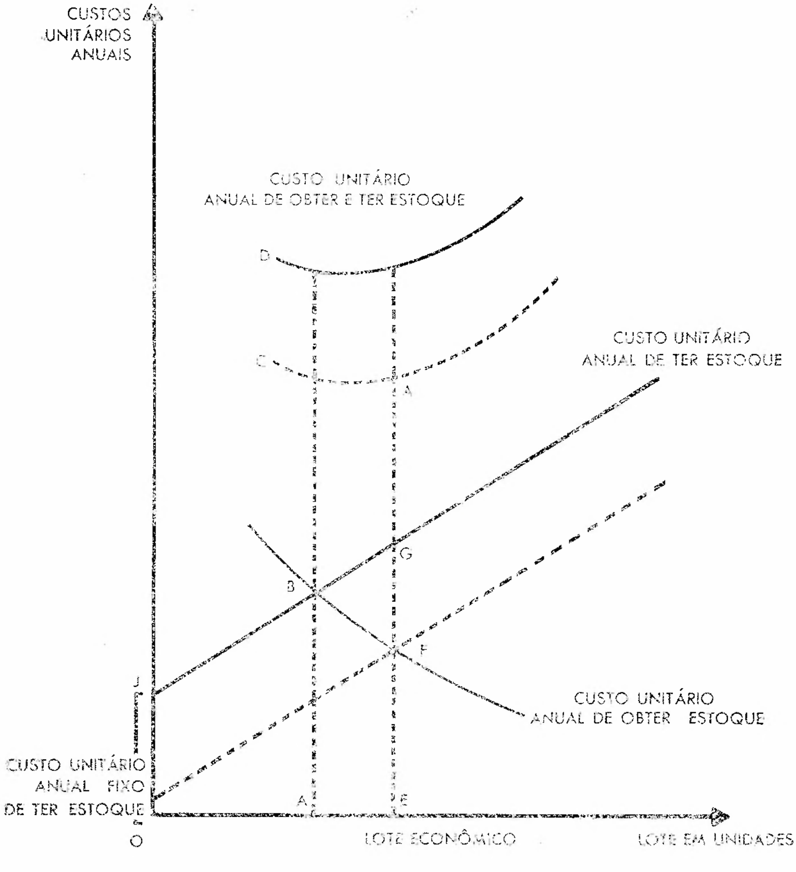
$$\boxed{I.c.\frac{1}{2} Q_e = \frac{R \times S}{Q_e} \text{ ou } Q_e = \sqrt{\frac{2 \times R \times S}{I \times c}}} \qquad \textit{(Fórmula F)}.$$

Contudo, a lei de KELVIN não se aplica a todos os casos. Ela não é válida quando os custos de ter estoque não são proporcionais ao tamanho do lote, mas variam linearmente conforme êle. É o caso, por exemplo, de não haver estoque mínimo. Essa consideração, porém, não afeta o valor do lote econômico, que permanece o mesmo, como acima foi indicado.

Êsse fenômeno pode ser demonstrado algébrica ou gràficamente. Essa segunda alternativa é a visualização proporcionada pelo Gráfico 3.

O custo anual de ter estoque não é proporcional ao tamanho do lote, que está no eixo horizontal, mas varia linearmente com êle, segundo a linha reta JBG. Vê-se no gráfico que quando o tamanho do lote é igual a OA o custo unitário de ter estoque é igual ao custo unitário de obter estoque, AB. O primeiro se lê sôbre a reta JBG, enquanto que o segundo se lê sôbre a curva descendente BF. No caso do Gráfico 3 o lote econômico é OE, para o qual o custo de ter estoque é EG, enquanto o custo de obter estoque é EF, sendo diferentes êsses dois valôres. Para o lote econômico o custo de ter não é, pois, igual ao custo de obter. Essa igualdade só ocorre quando não há estoque mínimo, vale dizer, quando não há custo mínimo de ter estoque. O importante a reconhecer é que a fórmula do lote econômico não se altera quando existe custo mínimo de ter estoque (JO).

GRÁFICO 3: *Representação dos Custos Unitários Anuais de Ter e/ou Obter Estoque*



Note-se que, segundo o gráfico, a existência de um custo mínimo de ter estoque, diferente de zero e igual a JO, significa um deslocamento vertical do mínimo da curva do custo unitário de ter e obter (DI), ao longo do eixo (EI), desde a posição prévia (CA) para a nova posição (DI). Naturalmente, o deslocamento é o mesmo, tanto para a linha reta JBG como para a curva DI, isto é: OJ = FG = CD = HI.

ANEXO 2

DERIVAÇÃO DA FÓRMULA

Lote econômico é, por definição, a quantidade (a ser comprada ou fabricada) na qual é mínimo o custo de obter e ter estoque.

Chega-se a êsse valor mínimo, determinando-se o custo total de obter e ter estoque e igualando-se a zero a derivada primeira dêsse custo:

$$\boxed{\text{custo de obter} = \frac{\text{R (demanda)}}{\text{Q (tamanho do lote)}} \times \text{S.}} \qquad (\textit{Fórmula G})$$

S é o custo variável unitário para preparar uma ordem.

Custo de ter $= \dfrac{1}{2}\, Q\, c\, I$, onde

Q = tamanho do lote;

c = custo variável unitário do item de estoque;

I = custo de ter estoque expresso como fração decimal.

Custo de obter e de ter $= \dfrac{RS}{Q} + \dfrac{1}{2}.IcQ$

A primeira derivada é: $- \dfrac{RS}{Q2} + \dfrac{1}{2}.Ic$

Iguale-a a zero: $- \dfrac{RS}{Q2} + \dfrac{1}{2}.Ic = O$

e obterá:

$$Q = \sqrt{\frac{2RS}{Ic}}\,.$$

ANEXO 3

MANEIRA INCORRETA DE DEFINIR S E PROVAS DESSA INCORREÇÃO

A definição incorreta mencionada no texto é:

$$S = \frac{P}{n}, \text{ onde:}$$

P = custo total do departamento de compras:

n = ordens emitidas ou

$$n = \frac{R}{Q_e}, \text{ onde:}$$

R = demanda e

Q_e = lote econômico.

Se fôsse verdade que $S = \frac{P}{n}$, seriam também verdadeiras as igualdades: $S = \frac{P\ Q_e}{R}$ ou $Q_e = \frac{RS}{P}$, o que não faz sentido, porquanto P é um custo que conforme o número de ordens.

Em cutras palavras, não é possível definir o que seja lote econômico quando $S = \frac{P}{n}$.

ANEXO 4

O CUSTO UNITÁRIO c É O VARIÁVEL E NÃO O TOTAL

Aceitando-se a definição em epígrafe, o custo unitário total do item de estoque em questão seria $\dfrac{F + cQ}{Q}$, onde F é o custo fixo total e Q o tamanho da ordem.

O custo total de obter e ter é:

$$\frac{RS}{Q} + \frac{1}{2} . I \frac{(F + cQ)}{Q} Q = \frac{RS}{Q} + \frac{1}{2} . I \ (F + cQ)$$

Igualando-se a zero a derivada primeira

$$- \frac{RS}{Q^2} + \frac{1}{2} . Ic = O \text{, obter-se-á:}$$

$Q = \sqrt{\dfrac{2RS}{Ic}}$. Donde se conclui que c é o custo variável unitário do item comprado ou fabricado.

BIBLIOGRAFIA

1. W. G. IRESON e E. L. GRANT, *Handbook of Industrial Engineesing and Management*, Englewood Cliffs, Nova Jérsia: *Prentice Hall*, Inc., 1955.

2. E. I. GRANT e W. G. IRESON, *Principles of Engineering Economy*, Nova Iorque: *The Ronald Press Company*, 1960, 4.ª edição.

3. I. SÁ MOTTA, "Custos de Produção Industrial", "Planejamento e Contrôle de Produção" e "Gestão de Estoque", capítulos do *Manual de Administração da Produção*, obra em coautoria com CLAUDE MACHLINE, KURT R. WEIL e WOLFGANG SCHOEPS, a ser brevemente publicada pela *Fundação Getúlio Vargas*.

4. *Idem*, "Gráfico Cumulativo para Gestão de Estoque", *Revista de Administração de Emprêsas*, Vol. 3, n.º 9, outubro/dezembro de 1963.

AGRADECIMENTOS

O autor deseja expressar seus agradecimentos a JAIME FAURÉ pela leitura e crítica dêste trabalho.

Nota da Redação

Aos leitores interessados em examinar os diversos aspectos da determinação da *demanda* no lote econômico recomendamos os capítulos 5 e 6 de *Production Planning and Inventory Control*, de J. F. MAGEE (Nova Iorque: *Mc Graw-Hill Book Co., Inc.*, 1958).

O custo da função industrial de compra, assim como os custos dos juros, isto é, do retôrno sôbre o capital, são também longamente examinados nessa obra (págs. 28 e segs.).

Por outro lado, no livro *Introduction to Operations Research*, de CHURCHMAN, ACKOFF e ARNOFF (Nova Iorque: *John Wiley & Sons*, 1950, capítulo 9) é dado tratamento minucioso ao problema do custo unitário.