



UM MODELO DE CONTROLE DE ESTOQUES COM RESTRIÇÃO DE CAPITAL: UM CASO REAL

Benur A Girardi – benur@uol.com.br
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Avenida Pasteur, 458/117 – Urca
22290-240 – Rio de Janeiro – RJ

Angela Maria Oliva – angelaoliva@uol.com.br
Fundação Osvaldo Cruz
Rua Barão da Torre, 612, 501
22411-002 – Rio de Janeiro – RJ

Antonio Rodrigues de Andrade – aandradeconsultoria@gmail.com
Departamento de Ciências Sociais da UNIRIO
Avenida Pasteur, 458/117 – Urca
22290-240 – Rio de Janeiro – RJ

Bruno Oliva Girardi – bogirardi@gmail.com
The MIT Sloan School of Management
50 Memorial Dr – E52-325
Cambridge, MA 02142 – USA

Resumo: Este trabalho busca desenvolver um modelo de planejamento de controle dos estoques para uma empresa da área química. Numa visão simplista e, até mesmo ingênua, tal modelo teria apenas de calcular o lote econômico para os diferentes insumos utilizados, somar os valores em termos monetários e comprar o necessário para determinado horizonte de planejamento, como é feito de maneira geral. O paradoxo está em que a curva dos custos operacionais não tem um ponto nítido e que o lote econômico é, geralmente antieconômico, pois não considera a restrição de capital, os descontos por quantidade, a valorização das mercadorias, a disponibilidade de armazenamento etc. Esse modelo ideal, não existe, pois ele presuppõe demanda uniforme e constante, e isso, sabidamente, não acontece na prática, pois o controle de estoques é um sistema interdependente que precisa levar em conta, além da rentabilidade, as incertezas conjunturais inerentes ao processo produtivo. A presença dessas restrições causa séria dificuldade para a criação de um modelo de administração de estoques, particularmente numa época em que o custo do dinheiro ameaça a situação financeira de qualquer empresa. Uma das formas de contornar esses problemas é através dos modelos agregados. Neles, os insumos são reunidos de acordo com determinados critérios, reduzindo, assim, o número de variáveis pertinentes e, dessa forma, permitindo um controle eficiente do nível de estoques.

Palavras-chave: Palavras-chave: Estoques; Inventário; Custos Operacionais; Otimização de Estoques; PCP; Modelos Agregados

1. INTRODUÇÃO

A teoria dos estoques visa à racionalização das decisões referentes a sistemas de estoque, baseando-se no desenvolvimento e implementação de modelos quantitativos. As causas da criação de estoques, segundo Keynes (KEYNES, 1936), envolvem, em síntese, três motivos: transação, precaução, especulação.

A razão transacional resulta do fato de não ser, geralmente, possível sincronizar perfeitamente a produção e o consumo, mesmo com certeza quanto ao futuro. A razão precaucional visa a reduzir efeitos da incerteza do futuro, pois, os artigos não podem ser obtidos instantaneamente. A razão especulativa nasce da possibilidade de aproveitar os preços em elevação para valorizar estoques e, assim, obter lucro.

Podemos alinhar, entre outras, as seguintes razões para a existência de estoques:

- impossibilidade de se ter os insumos em mãos na ocasião das demandas ocorrem;
- benefícios obtidos em função das variações dos custos unitários. Esta razão é considerável em épocas inflacionárias, quanto à manutenção de matérias-primas estratégicas;
- segurança contra risco do mercado fornecedor;
- redução dos contatos externos prejudiciais à atuação formal do órgão comprador.

Em toda empresa, o estoque físico está constituído por um determinado número de itens, mantidos em inventário, e, sob este ponto de vista, ela pode considerar-se como constituída de pontos estocásticos representados por um grafo que começa com a recepção dos insumos e termina com a entrega do(s) produto(s) ao(s) cliente(s). Ele serve, portanto, de amortecedor entre o mercado supridor e consumidor.

Um modelo só tem valor se ele for consistente com a representação de um fenômeno real. Às vezes, quando o problema é muito complexo, certos fatores relevantes são momentaneamente esquecidos e algumas suposições são feitas a fim de se obterem as soluções viáveis do modelo. Uma filosofia porém é básica: eles não podem nem devem ser complicados, sob pena de não terem utilidade. Isto porque os parâmetros envolvidos nestes modelos são, normalmente, de difícil medição, dificultando sua análise formal para o cálculo. É preciso, no entanto, ficar claro que, quanto maior for o esforço na determinação, maior a utilidade do modelo, uma vez que maiores controles teremos sobre o sistema.

Assim, nosso modelo deverá atuar de forma que o nível de estoque, no instante t , $N(t)$, cumpra os requisitos da equação fundamental, ou seja,

$$N(t) = N(0) + \int_0^t [Q(u) - P_r(u)] du$$

onde

$Q(u)$ = quantidade que entra em estoque no tempo t e $P_r(u)$ = quantidade de produção que sai em t .

Obviamente, estes valores são função do tempo. Uma vez que não há estoques negativos, uma restrição é:

$$N(t) \geq P_r t$$

No entanto, em todo o processo de determinar o nível de estoques, há os custos associados às varias funções vistas acima, além do próprio custo do capital. Então, o nosso modelo só completar-se-á quando esta nova função for incluída e otimizada. Ou seja:

$$R = f[Q(t), P_r(t), D(t), C(t)]$$

Onde R = rentabilidade de capital, C e D são a Demanda e os Custos associados, em t .

Há ainda uma ferramenta básica para consolidar o modelo: a classificação ABC, também chamada de Pareto. Ela é um método de ordenação dos itens do inventário em função do índice do valor da demanda.

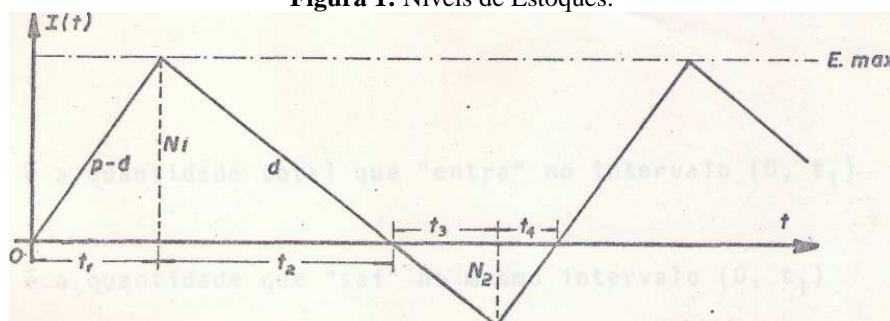
O método usual é o gráfico. Na abscissa plotamos o percentual de itens acumulados, e na ordenada o percentual da demanda financeira acumulada para o horizonte de planejamento, em função do custo médio.

Essa curva, separada por classes, está indicada no Apêndice B, no final do trabalho. Esta divisão em classes, considerada fixa para cada horizonte, exigirá certa flexibilidade quanto maior forem os investimentos envolvidos, uma vez que essas fronteiras dependem da restrição financeira, do número de itens e sua relevância para o processo e, sobretudo, do portfólio de produtos que estamos dispostos a oferecer. Além disso, a variação do custo médio, sobretudo devido à inflação, se encarrega de modificar tais decisões.

2. DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS OPERACIONAIS

Para objetivar a determinação dos valores ótimos, pedidos de ressuprimento, quantidades a encomendar, etc., é preciso conhecer os custos associados aos estoques. Para tanto, precisamos escolher um modelo geral, e, a partir dele, esboçar um formulário que permita a sua aplicação. Seja o caso geral da figura abaixo.

Figura 1: Níveis de Estoques.



Trata-se da recepção contínua. No tempo "0", a operação começa com a produção do item a uma razão constante p e entrega-o a uma taxa d .

No final do tempo t_1 , todas as unidades já foram fabricadas e a ordem de suprimento é perfeitamente atendida, sendo entregue à razão d .

O processo de reabastecimento e exaustão do estoque se repete em ciclos indefinidamente, desde que sejam mantidos constantes os intervalos entre os reabastecimentos, as quantidades que entram e os tempos em que se fazem os pedidos para reabastecimento.

Assim, matematicamente, podemos escrever que o número de ordens num tempo t_1 é:

$$N_1 = pt_1 - dt_1 = (p - d)t_1$$

Onde

pt_1 = quantidade total que "entra" e dt_1 = a que "sai" no mesmo intervalo $(0, t_1)$

$$N_2 = dt_2$$

pois durante o tempo t_2 "sai" produto à razão d .



Igualando os dois níveis “ N_1 ”, e repetindo o raciocínio para “ N_2 ” e considerando C_m , C_f e C_p os custos unitários de manter, faltar e preparar respectivamente, por unidade de tempo, teremos:

a) Custo total de manter os estoques

$$CT_m = \frac{N_1}{2} (t_1 + t_2) C_m$$

b) Custo total das faltas

$$CF = \frac{N_2}{2} (t_3 + t_4) C_f$$

c) Custo total de preparação dos pedidos

$$CP = m C_p$$

d) Custo do material estocado

$$CME = QC$$

Então, o custo total, CT será

$$CT = CT_m + CF + CP + CME$$

Achando as derivadas parciais de CT em relação a t_1 e t_4 , e sem perder tempo com as diferentes demonstrações matemáticas, teremos o ponto que minimiza a função:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DC_p}{C_m}} \rightarrow T^* = \sqrt{\frac{2C_p}{DC_m}} \rightarrow CT = CD + \frac{C_p D}{Q} + C_m Q/2$$

Para o modelo tipo serra, ou seja, $t_1 = t_3 = t_4 = 0$, teremos

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DC_p}{C_m}} \rightarrow T^* = \sqrt{\frac{2C_p}{DC_m}} \rightarrow CT = CD + \frac{C_p D}{Q} + C_m Q/2$$

Visto quanto comprar em termos de LEC, válido para os dois sistemas apresentados, faz-se necessário o cálculo do Ponto de Reposição, P_r , que está situado acima do Estoque de Segurança, B . Esse nível corresponde ao consumo médio esperado, \bar{d} , durante o tempo de reabastecimento, acrescido da necessária quantidade, projetada para suportar uma taxa de demanda superior à média esperada, principalmente por ocasião da recomposição dos estoques (B). Assim:

$$P_r = B + \bar{d} T_r$$

O Estoque de Segurança (B) tem como características principais o fato de absorver grande quantidade de capital de giro e de ser um parâmetro maleável, que mais se presta à redução físico-financeira. Ele é definido como:

$$B = K\sigma_{\bar{d}}$$

onde $\sigma_{\bar{d}}$ é o desvio padrão de consumo.

Para itens da classe A, cujo controle é rigoroso, tanto de dados como de cálculo, deve ser usado um método que depende de conceitos estatísticos:

$$B = 2\sqrt{\sigma_{\bar{d}}^2 + \bar{d}^2 \sigma_{T_r}^2}$$

Nesse caso B é função da variante de distribuição da demanda durante o tempo de reposição e da variante da distribuição do tempo de reposição para o atendimento aproximado de 98% dos pedidos.

Utilizando as tabelas desenvolvidas por Brown, que trata do desvio do erro total da estimativa, e a fórmula de Langdon, ambas empíricas, teremos:



$$\sigma_E = \sigma_M(0,659 + 0,341T_r)$$

onde

σ_E = desvios dos erros em T_r

σ_M = desvio mensal da demanda

Assim, considerando o Desvio Absoluto Médio, DAM, teremos:

$$\sigma_M = 1,25 \text{ DAM}$$

O fator de segurança K , é obtido nas tabelas estatísticas, para um nível de serviços, f , a ser atendido e igual a $100.NA/NR$ (Número de Atendimento e de Requisições), teremos:

$$B = K\sigma_E$$

Para um período de planejamento, teremos uma demanda não atendida

$$\frac{E(K)\sigma_E D}{Q} = D(1 - f) \rightarrow E(K) = \frac{Q}{\sigma_E} (1 - f)$$

O custo de manter, C_m , é composto dos custos de armazenagem (I_1) e de capital (I_2).

O primeiro é calculado considerando os valores pagos para seguro, custo de pessoal direto e indireto, transporte, manutenção, almoxarifado etc. O segundo refere-se ao custo de oportunidade determinado no final do ano. Assim,

$$I = I_1 + I_2 \text{ onde } I_1 = \frac{\Sigma \text{custo arm.}}{\text{estoque médio}} 100$$

O custo de preparação C_p , será extraído dos balancetes

$$C_p = \frac{DA}{N. \text{Cut}} \text{ UM/ordem}$$

A fim de mostrar a aplicação do modelo exposto acima, será desenvolvido estudo de caso relacionado à empresa analisada. Os dados são reais para os dois produtos que exigem um número diversificado de matérias-primas, com vários níveis de hierarquização e cuja demanda não é estacionária.

A generalização deste caso é válida para os demais produtos da empresa considerada. A única ressalva refere-se à codificação. Ela foi usada para seguir a classificação da empresa pela facilidade de processamento.

3. ESTUDO DE CASO

Como esse espaço é limitado, vamos partir do pressuposto que a previsão de demanda para o próximo trimestre é dada para dois produtos – CD102 e EP801 – sendo conhecidos os diferentes insumos utilizados no processo. Ambos constam do Apêndice A. Com a especificação dos valores monetários de cada item, será traçada a curva ABC, conforme Apêndice B. A partir dessas definições e dos dados históricos existentes na empresa será possível calcular os índices de valor, índices de falta, custos operacionais, bem como todos os parâmetros necessários a um efetivo controle de estoques. A otimização do modelo tem como filosofia básica a minimização das inversões, fixadas por trimestre, conforme o orçamento das vendas previsto. Consideramos nulos os custos de sobra. As entradas de material são instantâneas, e o custo de falta é definido a um grau de atendimento na ordem de 98% dispensando, assim, a especificação do seu valor. Inicialmente, consideramos \$ 2.000.000,00/mês o investimento.

3.1. SOLUÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO

A previsão da demanda para o trimestre para os produtos CD102 e EP801 foram de 3 2.822.000m e 2.738.000u, respectivamente. O arredondamento dessas previsões foi considerado em três milhões de unidades e dois milhões e oitocentos metros por razões



óbvias. O Centro de Custo da empresa forneceu o detalhamento quantitativo e qualitativo dos insumos necessários à produção de 1000 unidades de cada produto considerado, com seus respectivos custos médios. Com esses dados, foram determinados os índices de valor e falta (Apêndice A) e a curva ABC (Apêndice B).

A primeira preocupação seria, de posse desse inventário de materiais, verificar o estoque inicial, índice de prioridade e o nível de compras necessário. Naturalmente não encontramos problemas com os itens Classe C, de baixo valor demanda/preço, devido ao reduzido número de ciclos. De qualquer forma, o presente trabalho inclui esse grupo, a fim de possibilitar a consolidação do modelo.

ITENS CLASSE C

Conforme pode ser visto no Apêndice A, estes itens correspondem à cerca de 75% do total, com custos abaixo de \$ 292.500,00, sendo cerca de 3% do valor global. É tão insignificante que não compensa compras menores que a do ciclo anual. Procurar reuni-los no mesmo fornecedor, usando o método de licitação por leilão na internet é uma boa alternativa. O método deve ser o das revisões periódicas.

Os parâmetros a serem calculados, o serão pelos dias de consumo. Assim, do item 34010, do tipo C-2, que não é importado, deve ser comprado o equivalente à demanda anual, com segurança semestral, tomando por base o horizonte de planejamento apresentado. Indo ao Apêndice A, pode ser encontrada a demanda trimestral correspondente, ou seja, $2.800 + 1.710 = 4.510$, com uma segurança anual,

$$B = 9020$$

Sendo o T_r de duas semanas, o nível de requisição será:

$$P_r = DT_r + B = 9.800$$

$$Q = 18040 \text{ u}$$

$$LC = 16.236,00$$

De maneira análoga, seria feito o cálculo para os demais itens, sem grandes preocupações referentes às restrições financeiras, já que os desembolsos são irrisórios. A única preocupação seria alocá-los no calendário anual de compras, menos por preocupações de custos operacionais do que pela sobrecarga da seção de compras pelo alto número de requisições.

ITENS CLASSE B

Estes itens são de preocupação intermediária. Aqui já compensa uma correção de parâmetros e uma análise dos fornecedores baseadas em dados acumulados pela área de compras. O ciclo deve ser, no máximo, igual ao semestre. O lote a comprar segue a otimização normal, conforme a FEC. Analisando a curva ABC, pode ser verificado que a percentagem do valor é de 23%, e ela representa 16% do número de itens. O índice de prioridade para alguns itens é muito elevado, merecendo mesmo um estudo agregado aos itens Classe A. Há, ainda, nessa categoria, os insumos importados e os dependentes de licitação. É conveniente, nesses casos, incluir, para efeito de estudo detalhado, todos os itens Classe B com valor de demanda superior a Cr\$ 1.165.500,00. Também aí entra a experiência da área de compras associada ao banco de dados. Os demais itens serão tratados agora.

A restrição de capital limitar-se-á ao montante de estoque médio de almoxarifado previsto para o trimestre. Devemos, pois, alocá-los no calendário geral com recobrimento. Como isso não ocorrerá para todos ao mesmo tempo, o ideal seria calcular o lote a comprar como sendo o maior valor da faixa econômica, buscando, com isso, maximizar a capacidade de carga, aproveitar os descontos por quantidade e reduzir o fluxo oneroso de transporte.

O estoque de segurança deve ser calculado pela fórmula de Langton, com a ajuda das tabelas de Brown, que são práticas e precisas. Antes, porém, precisam ser calculados os custos operacionais.

- Custo de manter (C_m). Esse custo é a soma dos custos de armazenagem e de capital envolvido.

a) Custo de Armazenar (I_1)

Considerando os dados de 2005 para correções a valor presente, e o estoque médio global que representa todos os itens teremos:

Tabela 2: Despesas relacionadas às diferentes atividades.

DISCRIMINAÇÃO	Despesas
- Custo de seguro (0,04 x EMé)	1.200.000,00
- Pessoal direto	350.080,00
- Pessoal indireto	830.320,00
- Administração dos almoxarifados	230.500,00
- Transporte	145.865,00
- Manutenção dos almoxarifados (insumos)	720.000,00
- Manutenção dos almoxarifados (produtos)	1.420.000,00
- Outras despesas	–
TOTAL	5.496.765,00

b) Custo do capital (I_2)

Considerando $I = \%$ sobre o custo total do item, sendo I_1 , taxa de armazenagem, I_2 a taxa de retorno, I_3 a taxa de juros do mercado e I_4 a taxa de inflação, teremos, $I_2 = 40\%$

Como $I_1 = \sum \text{custos/Estoque Médio} \times 100 = 5.496.765/30.000.000 \times 100 = 18,30\%$

Sendo $I_1 = 18,30\% \rightarrow I_3 = 130\% \rightarrow I_4 = 95\%$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 93,30\%$$

Donde,

$$C_m = 0,933C$$

Custo de Preparar (C_p)

Podemos calcular C_p através dos gastos mensais da seção de compras e do número de pedidos, achando a inclinação, e, conseqüentemente, a média pelo método dos mínimos quadrados e as correções do valor atual ou, como faremos a seguir, considerando a taxa anual de custos administrativos. O primeiro embora mais correto é de difícil determinação.

Tabela 3: Banco de dados globais da Seção de Compras da empresa.

DESPESAS ANUAIS (DA)	VALORES
Material de escritório	235.730,00
Viagens	314.300,00
Telefone	313.000,00
Correios (malote)	60.800,00
Despesas - pessoal direto	580.000,00
Despesas - pessoal indireto	120.800,00
Despesas – de licitação	260.000,00
TOTAL DAS DESPESAS	1.884.630,00
Número de ordens (NO)	1 800
Capacidade utilizada (Cut)	70%

Donde, o custo do pedido:



$$C_p = DA / \text{Cut} \times \text{NO}$$

$$C_p = 1.884.630,00 / 0,70 \times 1.800 = 1.495,00/\text{ordem}$$

OBS. O número de ordens é amplo, pois inclui todos os itens das diferentes classes, indistintamente.

Supondo uma correção de inflação para $I_5 = 90\%$

$$C_p = C_p (1 + I_5/2)$$

$$C_p = 2167,80/\text{ordem}$$

Seja o item 32010 do tipo B-2 cuja demanda trimestral prevista (horizonte de planejamento) é de 11.200 u.

A Seção de Material informa que a entrega teve um desvio absoluto da média de estimativa (demanda) de 250 u/mês, sendo o tempo de reposição igual a 2 semanas ($T_r = 0,5$).

$$\sigma_E = \sigma_M (0,659 + 0,34 T_r)$$

$$\sigma_E = 1,25 \text{ DAM} (0,659 + 0,34 T_r)$$

$$\sigma_E = 259$$

Com o uso da teoria apresentada, pode ser calculada a Esperança de K, o fator de segurança:

$$E(K) = \frac{Q}{\sigma_E} (1 - f), \text{ onde } f = 100.NA/NR$$

$$E(K) = 4550 / 259 (1 - 0,98)$$

$$E(K) = 0,35 \rightarrow K = 0,1$$

O estoque de segurança será

$$B = K\sigma_E \rightarrow 30 \text{ u}$$

$$P_r = \bar{d}T_r + B = 930,2 + 30 = 1890 \text{ u}$$

Cálculo do valor de Q usado (maior valor da FEC)

Sendo $D = 11.200 \text{ u}$, $C_p = 2167,8$, $C_m = 0,933 \text{ C}$, $C = 44,05$

$$Q^* = 1087$$

O Custo Operacional Total do LEC, com estoque de segurança será:

$$CT^* = K_1/Q^* + K_2 Q^* + K_3$$

E considerando o maior valor de FEC (10%), onde , $CT - CT^*/CT^* = 1,10$, por interação, acharemos Q

$$Q_M = 4550 \text{ u} \rightarrow n = 2,4$$

A sugestão para este item é comprar Q_M indicado. O mesmo seria feito com os demais itens classe B, usando o valor máximo da faixa.

ITENS CLASSE A:

Incluindo os insumos anteriormente considerados, a percentagem de itens a controlar passa a 95% do valor global de compra. Neste caso, só nos resta minimizar o ciclo de cada um deles considerando a restrição de capital (conforme o crédito trimestral a ser subdividido do orçamento trimestral previsto).

As dificuldades da empresa, e de qualquer organização industrial, começam a partir dos valores a comprar. O método normalmente usado é o do LEC, cuja eficácia, como tivemos oportunidade de comentar, não é boa, pois não leva em conta os limitados recursos disponíveis. Se computarmos o valor global da demanda para os (oito) itens classe A, necessitaremos de \$ 53.043.250,00, elevada quantia que, se aplicada integralmente, enxugaria grande parte do capital de giro.

O que faremos na prática é fixar um valor mensal, cerca de \$ 20.000,000,00 a serem aplicados em estoque Classe A, a ser creditado em nome do órgão correspondente. Como é grande a preocupação com esses itens, é preciso fazer um detalhado calendário de compras.

– Calculo de B global e do P_r

O B global é o primeiro parâmetro que procuraremos minimizar com máxima precisão, pelo alto custo de tais itens. A demanda média, o tempo de ressuprimento, o desvio padrão da demanda durante o tempo de ressuprimento, o desvio padrão do tempo de ressuprimento serão calculados, para cada fornecedor, pelo Mapa de Acompanhamento da Seção de Compras e pelo Livro Diário da Seção de Produção de onde tiraremos:

- data em que o pedido foi feito pelo requisitante
- data em que se iniciou o leilão
- data em que se encerrou o leilão
- data em que o empenho foi liberado
- data em que o material foi recebido
- data em que foi liberado o material pela SCQ
- demanda média por item considerado
- demanda durante o tempo de reposição.

Com estes dados, podemos calcular o estoque de segurança (98% de certeza) usando as fórmulas abaixo:

$$B = f(\bar{d}, \bar{T}_r, \sigma_d, \sigma_{T_r})$$

$$B = 2 \sqrt{T_r \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \sigma_{T_r}^2}$$

$$P_r = \bar{d} T_r + B$$

Os valores relativos aos diferentes parametros encontram-se na tabela abaixo.

Tabela 4: Valores P, B, C e BC para os itens Classe A.

Itens	\bar{d}	\bar{T}_r	σ_{T_r}	σ_d	B	P_r	C	B.C(\$)
13.040	273	15	2,7	28	1.490	5585	1050,0	1.564.500
15.090	200	20	2,3	10,5	925	4,925	1.050,0	971.250
13.062	6	90	10,5	0,16	126	666	18.000,0	2.268.000
15.060	62	25	2,0	3,5	250	1.800	1.600,0	400.000
15.080*	273	25	2,5	5,2	1.366	8.191	230,0	314.180
13.063	1.106	15	1,7	5,3	3.760	20.350	46,3	174.088
25.010	51	20	2,8	4,2	288	1.308	900,0	259.200
15.050	75	15	1,7	2,1	256	1.381	259,0	66.304
							$\sum B_i C_i =$	6.017.522

O montante acima pode ser minimizado. A única possibilidade de reduzir o estoque de segurança, B, e, conseqüentemente BC, é utilizando mais fornecedores (se houver) para o mesmo insumo.

O item 15080, no vetor acima, possui esta característica: duas firmas o produzem com qualidade e preços similares. A compra concomitantemente reduzirá B, como já demonstrado.

Com os dados históricos do outro fornecedor, que já ganhou a concorrência em outros leilões, foram obtidos os seguintes dados: $T_{r,2} = 25$; $\sigma_{T_r(2)} = 2,3$; $\bar{d} = 273$ e $\sigma_d = 5,2$

Os novos valores de B e P_r estão na tabela abaixo:

Tabela 5: Novos valores de B e P_r baseado em dados históricos da empresa.

ITEM 15080	Forn. Simultâneos	Tempo entre chegadas	Tabela 1 e 2
------------	-------------------	----------------------	--------------

Tempo de ressuprimento médio	$\mu_z = \bar{T}_{Tr} + \mu_v \sigma_{Tr} (1)$ 23,88	μ_T 2,79	K(98%) = 2,35 A = 0,0 B = 0,92 $\mu_v = -0,45$ $\mu_v = 0,65$ $\mu_z = 23,88$ $\mu_z = 1,63$ p = 0,0 q = 3,4
Desvio do tempo de ressuprimento	$\sigma_z = \sigma_v \sigma_{Tr} (1)$ 1,63	σ_T 1,81	
Demanda média durante Tr	$\mu_z \bar{d}$ 6519	$\mu_T \bar{d}$ 761,7	
Desvio da demanda durante Tr	$\sigma_{d,z} = \sqrt{\mu_z \sigma_D^2 + \bar{d}^2 \sigma_z^2}$ 445,7	$\sigma_{d,T} = \sqrt{\mu_T \sigma_D^2 + \bar{d}^2 \sigma_T^2}$ 494,2	
Ponto de ressuprimento: f (K)	$\mu_z \bar{d} + K \sigma_{d,z}$ 7566	$\mu_T \bar{d} + K \sigma_{d,T}$ $P_r = 1923$	
Estoque de Segurança	$B = 2 \sigma_{d,z}$ $B = 891,40$	-	

Assim, se a fábrica adotar esta diretriz, obterá um valor global de BC = \$ 5.908.364,00, empatando menos \$ 109.158,00 no almoxarifado, além de reduzir o estoque físico de segurança em 474,6 μ e o ponto de ressuprimento em 6268 μ .

Mesmo que os preços fossem diferentes, a redução é tão considerável, que compensa o uso do método, sobretudo pelo poder de barganha e o nível de concorrência criados.

$$\sum B_i C_i = 5.908.364,00$$

Lotes a comprar com restrição financeira:

Teremos que distribuir \$ 20.000.000,00 ao longo do horizonte de planejamento entre os oito itens do nosso modelo. Obviamente, como o método é perfeito, as quantidades a comprar serão inversamente proporcionais aos valores da demanda.

Conforme visto, o estoque médio de almoxarifado, em valores monetários é dado pela equação da reta:

$$EM_s = \frac{\sum \sqrt{D_i C_i}}{2} K + \sum B_i C_i$$

Podemos determinar agora, o valor de K e o lote de compra previsto, cujos valores estão no Quadro abaixo para $D_i C_i$. Com os devidos cálculos, teremos:

$$\sum \sqrt{D_i C_i} = 19.128$$

$$EM_s = 9.564K + 5.908.364 =$$

Tabela 6: Valores de K e Lote de Compras para $D_i C_i$.

ITEM	D	C	DC	BC	K	LC	Q(LC)	n
13.040	16.357	1.050,0	17.175.000	1.564.500	1.046	4.330.765	4.125	4,0
15.090	11.956	1,050,0	12.553.000	971.250		3.702.458	3.526	3,4
13.062	366	18.000,0	6.588.000	2.268.000		2.682.212	149	2,5
15.060	3.724	1.600,0	5.958.400	400.000		2.550.828	1.594	2,3
15.080	16.380	230,0	3.767.400	205.022		2.028.323	8.819	1,9
13.063	66.370	46,3	3.072.950	174.088		1.831.867	39.565	1,7
25.010	3.060	900,0	2.754.000	259.200		1.734.196	1.927	1,6
15.050	4.500	259,0	1.165.500	66.304		1.128.165	4.356	1,1
TOTAL	-	-	53.034.250	5.908.364	-	20.000.000	-	-

Aplicando \$ 20.000.000,00 em estoques, e considerando a existência de B,

$$EM_i = 10.000 \rightarrow K = 1.046$$

Finalmente

$$LC = 1.046 \sqrt{D_i C_i}$$

Como podemos ver pelo número de ciclos n , quanto mais caro for o item, maior o n , isto é, maior o número de vezes a comprar dentro do horizonte trimestral de planejamento.

Faltaria, agora, compatibilizar o que foi dividido com a faixa de mínimo custo, a serem calculadas em função do LEC, Q^* , para os valores de Q_M e de Q_m .

Tabela 1: Quando, quanto e onde comprar, FEC x Q(LC).

ITEM	B	PR	FEC	Q(LC)	T	Quanto/Como	OBS.
13.040	1.490	5.585	270 – 4.380	4.125	22	4.125 x 1	Bahia
15.090	925	4.925	230 – 3.230	3.526	22	1.763 x 2	São Paulo
13.062	126	666	10 – 125	149	28	149 x 1	Importado
15.060	250	1.800	104 – 1.070	1.594	30	800 x 2	São Paulo
15.080	891	1.923	576 – 4.900	8.819	40	4.410 x 2	Subdividir
13.063	3.760	20.350	2.582 – 20.000	39.565	45	20.000 x 2	São Paulo
25.010	288	1.308	126 – 975	1.927	47	935 x 2	São Paulo
15.050	256	1.381	285 – 1.585	4.356	72	1.452 x 2	São Paulo

Como resultado, temos os valores de quanto e como comprar os itens da classe A, e, baseados na confiabilidade desses fornecedores, o local onde comprar, respeitados os valores para Q_M , ou seja, de 10% do custo operacional total.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso ora analisado não pretende esgotar o assunto, mas será um importante subsídio para a implantação inteligente do modelo de estoque ora apresentado. Ele inclui todos os parâmetros pertinentes ao processo. Procuramos, ao longo do trabalho, apresentar parcialmente os dados que tivemos acesso junto à fábrica, através de relatórios e planos anuais de produção com seus respectivos orçamentos disponibilizados pela área de Planejamento e Controle da Produção, que, certamente contribuirão de maneira decisiva no atendimento das dificuldades ora existentes, em termos logísticos, naquela empresa.

Foram consideradas as técnicas atuais de gerenciamento de estoques os cuidados relacionados ao lote econômico, geralmente antieconômico, bem como as restrições relacionadas ao *lead time*, à disponibilidade de armazenamento, à restrição de capital, e às incertezas conjunturais inerentes ao processo: previsão da demanda, inflação, custo do dinheiro, taxa de câmbio etc.

Com o planejamento adequado, a elaboração das planilhas é espontânea e, dessa forma, o PCP poderá controlar a área mais vulnerável de uma empresa: o estoque de insumos e produtos que deseja comercializar.

Em consequência da importância desse assunto e da complexidade desse controle, recomenda-se que o sistema seja efetuado através da tecnologia da informação com inúmeros pacotes existentes no mercado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTAGLIA, P. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento. SP: Saraiva, 2006.
- BUFFA, E. S.; TAUBERT, W. H. Production-Inventory Systems: Planning and Control. UK: Irvin Inc, 1982.
- DIAS, M. A. P. Administração de Materiais: uma Abordagem Logística. 4ªed. SP: Atlas, 1993.
- ENRICK, N. U. Gestion de Stocks. Espanha: Ediciones Deusto, 1980.
- HOBBS, J. A. Controle de Estoque e de Produção. SP, McGraw, 1976.
- KEYNES, J. M. The General Theory of Employment, Interest and Money, N.Y. 1936.
- MARTINS, E. Contabilidade de Custos. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- MARTINS, P.G; ALT, P. Administração Materiais e Recursos Patrimoniais.SP:Saraiva. 2003.
- MOREIRA, D. Administração da Produção e Operações. SP: Pioneira Learning, 2004.
- VIANA, J. J. Administração de Materiais: um Enfoque Prático. São Paulo: Atlas, 2002.
- ANEXOS 1. Lista de Materiais por Produto e Classificação ABC.

Abstract: *This paper seeks to develop a planning model of inventory control for a company in the chemical industry. In a simplistic, even naive, view such a model would only calculate the economic lot for the different inputs used, sum the values in monetary terms and to buy the necessary given planning horizon, as is done in general. The paradox is that the curve of operating costs does not have a sharp point and the economic lot is usually uneconomical because it does not consider the capital constraint, quantity discounts, the value of the goods, the availability of storage etc.. This ideal model does not exist, because it presupposes uniform and constant demand, and it is known to not happen in practice, because the inventory control is an interdependent system that needs to take into account, besides profitability, short-term uncertainties inherent in the process productive. The presence of these restrictions cause serious difficulty in creating a model of inventory management, particularly at a time when the cost of money threatens the financial condition of any company. One way to circumvent these problems is through the aggregate models. In them, the inputs are combined according to certain criteria, thus reducing the number of relevant variables and, thus, enabling efficient control of inventory levels.*

Keywords: *Stocks; Inventory; Operating Costs; Optimizing Inventories; PCP; Aggregate Models*

ANEXO 1 – LISTA DE MATERIAIS - ESP 801 E CD 102

Código	Unid.	Q (1.000)	Q (3 mi)	Preço/unid	P x Q _t (\$)
25010	U	1020	3.060	900,00	2.754.000
13060	1	0,24	720	190,00	136.800
13062	Kg	0,122	366	18.000,00	6.588.000
13063	Kg	2,953	8.860	46,20	409.300
13064	Kg	0,38	1.140	25,90	29.526
15050	Kg	1,5	4.500	259,00	1.165.500
31010	U	10	30.000	9,75	292.500
31030	U	1	3.000	11,00	33.000
31040	U	0,5	1.500	13,25	19.875



31050	U	0,2	600	14,00	8.400
15040	Kg	0,01	30	600,00	18.000
15010	Kg	0,01	30	1.200,00	36.000
25030	Kg	0,31	930	241,50	724.595
13020	Kg	0,006	18	165,00	2.970
13021	Kg	0,014	42	12,60	52.920
22010	Kg	0,02	60	355,00	21.300
15050	L	0,01	30	8,10	243
65040	M	0,013	39	198,00	7.722
13022	Kg	0,0036	10,8	115,00	1.242
34010	U	0,57	1.710	0,90	1.539
13040	Kg	0,3	3.757	1.050,00	3.945.000
13065	Kg	0,012	36	480,00	17.280
25040	Kg	0,1	300	600,00	180.000
34020	U	10	30.000	0,55	16.500
13086	Kg	0,043	129	454,30	58.600

Código	Unid.	Q (l.000)	Q (2,8 mi)	Preço/unid	P x Qt (\$)
13063	Kg	20,6	57.680	46,23	2.665.393
15010	Kg	0,06	168	12,00	201.600
32010	U	4,00	11.200	44,05	493.360
32020	U	1,00	2.800	123,48	345.744
13025	Kg	0,10	280	165,00	46.200
13020	Kg	0,10	280	115,00	32.200
22010	Kg	0,02	56	260,00	14.560
33010	U	1,00	2.800	0,55	1.546
15060	Kg	0,76	2.128	1.600,00	3.404.800
15060-1	Kg	0,57	1.596	1.600,00	2.553.600
15090	Kg	4,27	11.956	1.050,00	12.553.800
15095	Kg	0,04	112	1.150,00	128.800
13040	Kg	4,50	12.600	1.050,00	13.230.000
15080	Kg	5,85	16.380	230,00	3.767.400
15090	Kg	1079	30.212	0,078	2.357
34010	U	1,00	2.800	0,90	2.520
35010	U	8,00	22.400	0,40	6.272
15020	1	0,01	28	250,00	7.000
13025	1	0,09	252	36,00	9.072
41010	Kg	0,90	2.520	67,34	169.697
13078'	Kg	0,05	140	120,00	16.800

DEMANDA TRIMESTRAL CONSOLIDADA PARA OS ITENS

Nº.	Código	Demanda	Valor Acum.	% valor	% item	IV/IF
1	13040	17.175.000	17.175.000	0,3000	2,50	A-1
2	15090	12.553.000	29.728.000	0,5000	5,00	A-1
3	13062	6.588.000	36.316.000	0,6100	7,5	A-1
4	15060	5.958.400	42.274.400	0,7500	10,00	A-1
5	15080	3.767.400	46.041.800	0,8500	12,5	B-1



6	13063	3.072.950	49.114.750	0,9000	15,0	B-1
7	25010	2.754.000	51.868.750	0,9300	17,5	B-1
8	15050	1.165.500	53.034.250	0,9500	20,0	B-1
9	32010	493.360	53.527.610	0,9600	22,5	B-2
10.	31030	345.740	53.873.350	0,9700	25,0	B-2
11	31010	292.500	54.165.850	0,9750	27,5	C-2
12	25030	237.600	54.403.450	0,9800	30,0	C-1
13	15010	224.595	54.628.045	0,9830	32,5	C-3
14	25040	180.000	54.808.045	0,9850	35,0	C-1
15	41010	169.690	54.977.740	0,9870	37,5	C-1
16	13060	136.800	55.114.535	0,9890	40,0	C-1
17	15095	128.800	55.243.335	0,9920	42,5	C-1
18	13086	58.600	55.301.935	0,9930	45,0	C-1
19	13021	52.920	55.354.855	0,9940	47,5	C-3
20	13025	46.200	55.401.055	0,9950	50,0	C-3
21	22010	35.860	55.436.915	0,9960	52,5	C-2
22	13020	35.170	55.472.085	0,9963	55,0	C-3
23	31030	33.000	55.505.085	0,9970	57,5	C-2
24	13064	29.526	55.543.611	0,9974	60,0	C-1
25	31040	19.875	55.554.486	0,9978	62,5	C-2
26	15040	18.000	55.572.486	0,9982	65,0	C-3
27	13065	17.280	55.589.766	0,9984	67,5	C-1
28	13078	16.800	55.606.566	0,9987	70,0	C-1
29	34010	16.500	55.623.066	0,9989	72,5	C-2
30	13025	9.072	55.632.140	0,9993	75,0	C-3
31	31050	8.400	55.640.538	0,9994	77,5	C-2
32	65040	7.722	55.648.260	0,9995	80,0	C-3
33	15020	7.000	55.655.260	0,9996	82,5	C-3
34	35010	6.272	55.661.532	0,9996	85,0	C-3
35	34010	5.598	55.667.130	0,9997	87,5	C-3
36	15090	2.357	55.669.500	0,9998	90,0	C-3
37	33010	1.546	55.671.000	0,9999	92,5	C-3
38	13022	1.242	55.672.242	1,0000	95,0	C-3
39	15050	243	55.672.485	1,0000	97,5	C-3
40	-	-	55.672.485	1,0000	100,0	C-3

OBS: Podemos observar no gráfico acima que a classificação por índice de valor é a seguinte:

09% dos itens Representam 73% do valor

17% dos itens Representam 24% do valor