ESTUDOS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO: CÁLCULO DO LOTE ECONÔMICO E SEQÜENCIAMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

André Clementino de Oliveira Santos [1]
Israel Oliveira Rocha [2]
José Eduardo Vieira Camorim [3]

RESUMO: O presente trabalho é resultado de uma pesquisa aplicada em uma indústria alimentícia localizada no Estado do Pará cujo objetivo era determinar o Lote Econômico de Produção (LEP) e depois desenvolver um seqüenciamento das máquinas responsáveis pelo processo produtivo. Com esse intuito, tornou-se de grande importância a busca por dados relativos a demanda dos produtos, níveis de estoque, taxa de produção e tempo de preparação de um lote. Essa busca nos levou, primeiramente, a identificar os itens de cada família de produtos, analisá-los e, assim, calcular os lotes e a programação das máquinas priorizando a minimização do tempo ocioso e do atraso na entrega dos pedidos.
PALAVRAS-CHAVE: 1)Lotes Econômicos de Produção – 2) Seqüenciamento de Produção

1 – INTRODUÇÃO

A busca por soluções para a falta de planejamento do processo permitiu analisar o desempenho produtivo de uma indústria alimentícia, identificando o lote econômico de produção (LEP) e o melhor seqüenciamento das máquinas referentes a uma determinada *família,* escolhida através da *curva ABC.*

> Segundo CONTADOR (1998, p. 235): *sistema de programação e controle da produção é um sistema complexo constituído por um conjunto de funções inter-relacionadas que objetiva comandar o processo produtivo e os serviços correlatos e coordená-los entre si e com os demais setores da empresa, e dos fornecedores*

Desta forma o trabalho avaliou e diagnosticou os problemas referentes à programação e ao controle da produção (PCP), baseando-se basicamente na citação acima.

A escolha da indústria alimentícia deu-se devido ao mix de produtos variados, à ausência de profissionais adequados à área de PCP o que inviabilizou, até o momento, estudos ou análises ao tema em questão.
Em função de uma série de fatores, o trabalho de determinação e elucidação do LEP – Lote Econômico de Produção e o seqüenciamento de máquinas exigiu um dispêndio de tempo além do usual, devido, principalmente, ao fato da empresa apresentar grande diversidade de produtos, dificultando a precisão dos dados, haja vista

[1] *Mestre em Engenharia de Produção/PUC-RJ, Prof. Adjunto II – CCET – UNAMA e Prof. Assistente I – CCNT - UEPA*
[2] *Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Pará – UEPa.*
[3] *Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Pará – UEPa.*

o pouco conhecimento a respeito das técnicas de controle da produção.

Desta forma, na tentativa de suprir as necessidades inerentes ao processo produtivo, delimitando-se o cálculo do lote ótimo e a programação da produção, foram identificados os seguintes problemas:

1. A indústria não apresenta nenhuma referência técnica na determinação do lote de produção considerado ótimo.

2. Não existem quaisquer procedimentos de seqüenciamento das máquinas existentes no processo produtivo.

Em função disso, surge a necessidade de procurar soluções que permitam a escolha das melhores opções de produção em relação aos custos envolvidos e às restrições pertinentes ao processo. Ainda, em relação ao seqüenciamento, não podemos deixar de citar FRANÇA (1999) que diz:

> *programação deve ser entendido aqui no sentido da palavra de origem inglesa scheduling e está relacionado aos problemas de produção que trata da designação eficiente do tempo disponível de determinados recursos (máquinas, processadores) usados para executar um conjunto de tarefas*

Daí surgem os objetivos deste trabalho:

1. Determinar o Lote Econômico de Produção, minimizando assim o uso de matéria-prima e evitando o dispêndio de capital que poderia ser utilizado em outros investimentos.

2. Fazer o seqüenciamento das máquinas referentes à família previamente escolhida, adotando um modelo de algoritmo que atenda as necessidades de entrega da empresa.

2 – DETERMINAÇÃO DO LEP

2.1 – Curva ABC

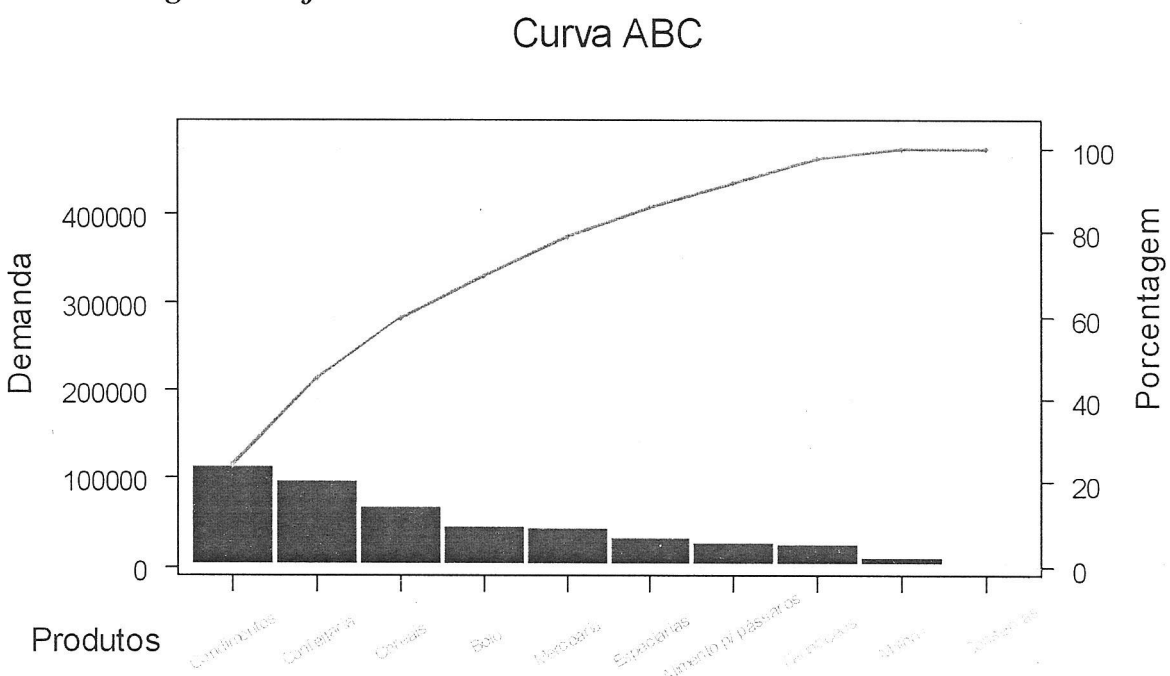
O primeiro passo para o cálculo do Lote Econômico de Produção (LEP), foi através da curva ABC, onde se verifica, de uma forma mais eficiente, a família dos produtos mais vendidos. Classificação ABC segundo GIANESI (2000), *é uma forma de classificarmos todos os itens de estoque de determinado sistema de operações em três grupos, baseados em seu valor total anual de uso.* Assim pretendemos encontrar grupos (famílias), neste caso, de produtos onde diversos sistemas de controle de estoques se tornarão mais apropriados, no intuito de se ter um sistema total melhor financeiramente.

Como se pode observar através da citação acima, é essencial para a determinação da curva ABC o valor financeiro de venda dos produtos a serem analisados, entretanto, neste caso, far-se-á uma classificação ABC em função de unidades vendidas, até porque os produtos apresentam constância de preços, viabilizando esta maneira de trabalhar. Como a curva ABC depende de um quadro de demanda dos produtos, este segue:

FAMÍLIA	DEMANDA
Condimentos	114633
Confeitaria	98707
Cereais	68812
Bolo	47067
Mercearia	45341
Especiarias	33509
Alimento p/ pássaro	27781
Farináceos	26546
Molhos	10821
Conservas	1093

Quadro 1 – Demanda dos produtos classificados por família, em unidades vendidas

A seguir o *Gráfico ABC :*



Demanda	114633	98707	68812	47067	45341	33509	27781	26546	10821	1093
Porcentagem	24,2	20,8	14,5	9,9	9,6	7,1	5,9	5,6	2,3	0,2
Acumulado	24,2	45,0	59,5	69,4	79,0	86,0	91,9	97,5	99,8	100,0

Figura 1 – Curva ABC, Onde as correspondentes cores vermelho, azul e verde nos indicam os produtos de classificação A, B e C, nesta seqüência.

Através desse gráfico, observa-se o desempenho das famílias dos produtos mais vendidos como condimentos, confeitaria, cereais, bolo e mercearia. Esse desempenho facilita um estudo em cima das famílias dos produtos que se encontram em primeiro lugar na classificação ABC. Entretanto, nas famílias de maior demanda ocorre uma grande diferença de unidades de produção, como, por exemplo, na família da *Mercearia*. Nesta família encontra-se o produto mais vendido da empresa, o Azeite Tipo A, e isso levaria a realizar o restante deste estudo nos produtos pertencentes à mesma família, mas, enquanto o Azeite Tipo A é vendido em caixas com 20 unidades, o Café Tipo A é vendido em caixas com 50 unidades, e esta diferenciação, observada em todos os produtos conseguintes, inviabiliza completamente o cálculo do LEP, que para ser calculado necessita de igualdade nas unidades produtivas, consequentemente inviabilizando o seqüenciamento desta linha de produção.

Em função desses enclaves para o cálculo do LEP, encontrados nas famílias dos produtos mais vendidos, teríamos de escolher uma família cuja unidade de produção fosse a mesma para grande parte, ou para todos os seus produtos. Baseando-se neste princípio, foi escolhida a família dos *Bolos*, por apresentar homogeneidade nas unidades de produção, e por tratar-se de uma família rentável para a empresa, por isso classificada como item de classe A. A seguir encontra-se uma tabela com os produtos mais vendidos dentro da família escolhida.

DESCRIÇÃO DO PRODUTO	DEMANDA	UNIDADE
Bolo Tipo A	10350	cx c/ 12 und
Bolo Tipo B	9111	cx c/ 12 und
Bolo Tipo C	6203	cx c/ 12 und
Bolo Tipo D	5251	cx c/ 12 und
Chocolate Tipo A	5300	cx c/ 12 und
Bolo Tipo E	3671	cx c/ 12 und
Bolo Tipo F	3645	cx c/ 12 und
Bolo Tipo G	3536	cx c/ 12 und

Quadro 2 – Demanda dos Bolos, em unidades vendidas

Depois de escolhida a família de produtos a ser trabalhada, o próximo passo era a determinação do LEP, através do histórico da produção dos produtos, cujas principais variáveis consideradas serão apresentadas a seguir.

2.2 - Cálculo do Lote Econômico de Produção

Para CONTADOR (1998, p. 230), o LEP *procura determinar a quantidade a ser produzida ou comprada em cada ordem de forma a reduzir o custo total, composto pelo custo de aquisição da ordem e pelo custo associado à existência de estoque*. Em conseqüência disso, consideramos que, para uma demanda constante não levamos em conta tendência, sazonalidade e incertezas; a reposição é imediata, é desconsiderado o tempo de *setup* de produção.

Antes da determinação do LEP, deve-se calcular o K_f da família. As variáveis necessárias para o cálculo do K_f são:

E → *Estoque médio anual da família*

D → *Demanda anual de cada produto*

P → *Taxa de produção total da máquina*

Em função disso tem-se:

$$K_f = \frac{E \times 2P}{\sum_{i}^{n} \sqrt{D_i}(P - D_i)}$$

Para efetivar-se o cálculo do K_f *utilizaremos a tabela a seguir:*

DESCRIÇÃO DO PRODUTO	DEMANDA (D)	TAXA DE PRODUÇÃO (P)	ESTOQUE (E)
1-Bolo Tipo A	11566	58764	305,6
2-Bolo Tipo B	10328	64491	302,4
3-Bolo Tipo C	7420	63744	229,2
4-Bolo Tipo D	6469	63744	197,6
5-Chocolate para Bolo Tipo A g	6282	181770	321,8
6-Bolo Tipo E	4889	63993	242,6
7-Bolo Tipo F	4862	51294	191,5
8-Bolo Tipo G	4754	63495	173,3
		Média **76412**	**Σ 1964**

Quadro 3 – Dados da Produção

É válido lembrar que o item 5 – Chocolate para Bolo Tipo A, é vendido usualmente em caixas de 24 unidades, em conseqüência disso foi necessário transformar este item para caixa com 12 unidades multiplicando os valores encontrados de Demanda, Estoque e Taxa de Produção por duas unidades (2 x P). Esta foi a maneira encontrada para poder trabalhar com uma família que apresentasse constância das unidades de produção, essencial para o cálculo do LEP, e conseqüentemente do K_f .

A seguir o K_f :

DESCRIÇÃO DO PRODUTO	Di (P-Di)	Raiz [Di(P-Di)]	Kf
Bolo Tipo A	750007390,3	27386,2628	1722,941588
Bolo Tipo B	682514261	26124,97389	1722,941588
Bolo Tipo C	511919712,5	22625,64281	1722,941588
Bolo Tipo D	452460458,4	21271,11794	1722,941588
Chocolate para Bolo Tipo A	440555874,8	20989,42293	1722,941588
Bolo Tipo E	349675335,9	18699,60791	1722,941588
Bolo Tipo F	347875492,3	18651,42065	1722,941588
Bolo Tipo G	340661537,8	18457,01866	1722,941588
		Σ 174205,4676	

Quadro 4 - K_f da família

Tendo em mãos o K_f da família, partiremos então para o cálculo do LEP, levando em conta as mesmas varáveis do K_f .

$$LEP = K_f \times \sqrt{\frac{D_i}{P - D_i}}$$

A seguir, o LEP para cada produto:

DESCRIÇÃO DO PRODUTO	Di/(P-Di)	Raiz [Di/(P-Di)]	LEP
Bolo Tipo A	0,178361384	0,422328526	728
Bolo Tipo B	0,156286235	0,395330539	681
Bolo Tipo C	0,107548896	0,327946484	565
Bolo Tipo D	0,092489764	0,304121298	524
Chocolate para Bolo Tipo A	0,08957666	0,299293602	516
Bolo Tipo E	0,068355753	0,261449332	450
Bolo Tipo F	0,067952599	0,260677194	449
Bolo Tipo G	0,066343022	0,257571393	444

Quadro 5 – LEP dos Produtos

O valor de LEP significa dizer que, quando o setor de produção de bolos da indústria entrar em funcionamento, só deverá parar quando produzir um LEP, independente do tempo de produção. Daí surge a importância de seqüenciar a produção para evitar atrasos na entrega, priorizando assim o cliente.

Este LEP deve ser tomado como referência de produção, e nunca como um valor a ser seguido à risca, pois:

1. A curva de custo total que determina o LEP é inelástica, variações no tamanho do lote em até 25% acarretam uma mínima ou nenhuma variação do custo.

2. O fornecedor é alijado do processo de determinação desse lote. Portanto a simples determinação do LEP pelo setor de produção de uma empresa em termos práticos pode não significar nada dependendo da capacidade de seus fornecedores.

Como os produtos objetos deste estudo não estão sujeitos a sazonalidades para a sua produção, essas definições apenas o reafirmam como referência produtiva.

Após todos esses cálculos, faz-se necessário encontrar o Estoque Ciclo Médio Teórico de cada produto, para saber se o estoque real apresentado ao longo do ano é (ou não) mais próximo do ideal.

$$ECMT = K_f \times \frac{1}{2P} \times \sum_{LEP} \sqrt{D_i(P - D_i}$$

DESCRIÇÃO DO PRODUTO	ECMP
Bolo Tipo A	309
Bolo Tipo B	295
Bolo Tipo C	255
Bolo Tipo D	240
Chocolate para Bolo Tipo A	237
Bolo Tipo E	211
Bolo Tipo F	210
Bolo Tipo G	208

Quadro 6 – Estoque Ciclo Médio Teórico

Visualizar-se-á a relação entre o estoque real e o estoque ideal através do gráfico abaixo:

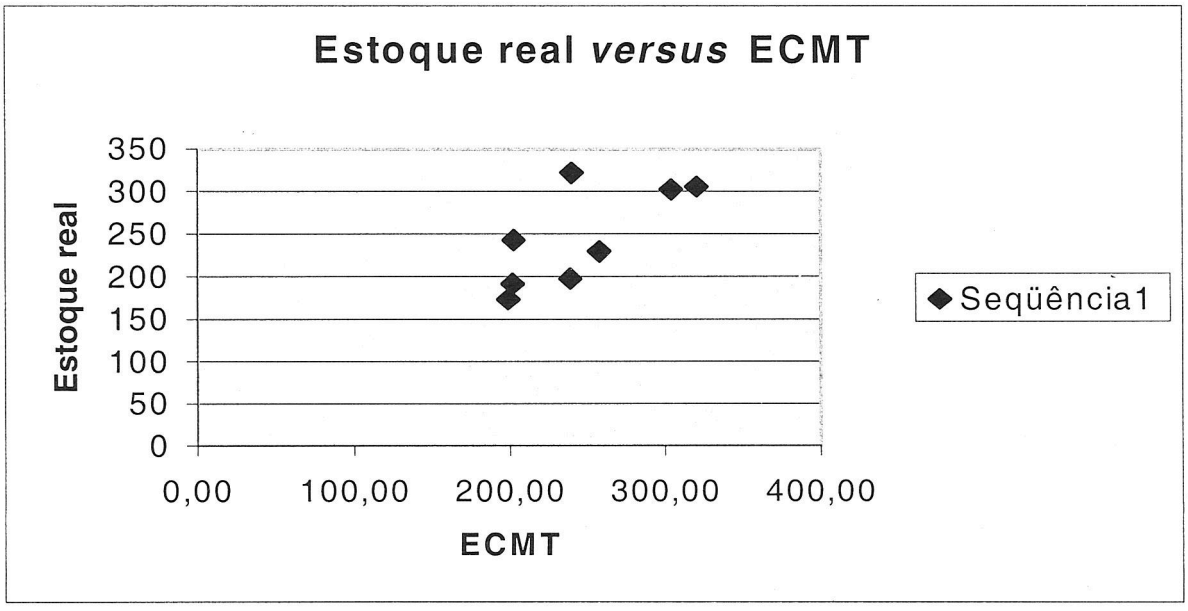


Figura 2 – Estoque real contra ECMT (em cx c/ 12 und)

Analisando a linearidade e a pouca dispersão do gráfico acima conclui-se que o estoque, apresentado ao longo dos meses, é bem próximo do ideal, representando um bom controle de estoque nesta empresa.

3 – SEQÜENCIAMENTO DAS MÁQUINAS

Segundo SLACK (1996, p. 330), *decisões devem ser tomadas sobre a ordem em que as tarefas serão executadas, essa atividade é denominada seqüenciamento.* Todo o trabalho de seqüenciamento da linha de produção será definido levando em consideração prioridades dadas às tarefas, de acordo com regras pré-estabelecidas que atendam as necessidades da indústria.

As regras comumente usadas são:

EDD → *Earlie due date* – Tempo de entrega mais cedo, este modelo procura minimizar um maior atraso, priorizando o cliente.

FCFS → *First Come, First served* – O primeiro que entra, o primeiro que sai. Prioriza ordem chegada.

SPT → *Shortest Process Time* – Tempo de processamento mais curto, este prioriza o processo, minimizando o tempo ocioso das máquinas.

Regra de Johnson ® Segundo SLACK (1996, p. 336), *se aplica a programação de n trabalhos em dois centros de trabalho.* Minimiza o tempo ocioso das máquinas, somente é aplicado para mais de duas máquinas.

Os tempos de cada máquina e do operário serão considerados um só para o seqüenciamento das tarefas que será feito a seguir.

Como a empresa procura minimizar os atrasos, sem deixar as máquinas ociosas, adotou-se a regra de seqüenciamento SPT (Tempo de processamento mais curto), com desempate pelo EDD (Tempo de entrega mais cedo), pois trabalhando dessa forma acredita-se que a empresa irá satisfazer seus clientes sem perder dinheiro com máquinas paradas. Explica-se isso através de SLACK (1996, p. 331):

> *a maioria das operações, em certo momento, tornam-se limitadas por disponibilidade de caixa. Nessas situações, as regras de seqüenciamento podem ser ajustadas para atacar primeiro os trabalhos mais curtos. Esses trabalhos podem então ser faturados e os pagamentos recebidos para facilitar os problemas de fluxo de caixa. Os trabalhos maiores, que tomam mais tempo, não permitirão que o negócio fature tão rapidamente. Isso tem um efeito no melhoramento do desempenho de entrega, se a unidade de medida da entrega é o número de trabalhos completados. Todavia, ela pode afetar adversamente a produtividade total e pode prejudicar consumidores maiores.*

Para fazer o seqüenciamento, foi preciso ter em mãos o tempo para produzir um LEP, logo:

DESCRIÇÃO DO PRODUTO	TAREFA	TEMPO DE PROCESSAMENTO
Bolo Tipo A	Job1	24,67
Bolo Tipo B	job2	21,03
Bolo Tipo C	job3	17,65
Bolo Tipo D	job4	16,375
Chocolate para Bolo Tipo A	job5	5,65
Bolo Tipo E	job6	14
Bolo Tipo F	job7	17,43
Bolo Tipo G	job8	13,92

Quadro 7 – Tempo para produzir o LEP, em horas, de cada produto

Segue-se enfim, o seqüenciamento da produção:

DESCRIÇÃO DO PRODUTO	TAREFA	TEMPO DE PROCESSAMENTO
Chocolate par bolo Tipo A	job5	5,65
Bolo Tipo G	job8	13,92
Bolo Tipo E	job6	14
Bolo Tipo D	job4	16,375
Bolo Tipo F	job7	17,43
Bolo Tipo C	job3	17,65
Bolo Tipo B	job2	21,03
Bolo Tipo A	Job1	24,67

Quadro 8 – Seqüenciamento da produção pela regra do SPT

Neste caso, não houve necessidade de utilizar a regra do EDD, visto que não houve empate nos tempos de processamento.

4 – CONCLUSÃO

No caso da indústria estudada, notou-se não haver nenhum princípio de programação da produção nem qualquer embasamento técnico para o cálculo dos lotes a produzir, que são fabricados na "intuição".

O LEP deve ser adotado como referência produtiva desde que acompanhado da regra de seqüenciamento adequada às prioridades da empresa, do cliente ou do processo (máquinas).

Dentre algumas sugestões para a área de PCP, incluindo cálculo de lotes e seqüenciamento da produção, seguem-se as seguintes:

1. Diminuir o tempo de *setup* (preparação) das máquinas, que tem uma importância crucial para atender sem atrasos os clientes, uma vez que, quando se diminui o tempo de setup, automaticamente aumenta a capacidade produtiva do processo.

2. Criar uma programação para a produção, de modo a atender as necessidades imediatas da empresa, seja de priorizar o cliente, seja de priorizar o processo produtivo.

5- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CONTADOR, José C. et al. **Gestão de Operações.** 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1998.

FRANÇA, Paulo M. **Planejamento e Controle da Produção em Sistemas de Manufatura**. Jan. 1999. Disponível: http://www.densis.fee.unicamp.br/~franca/tematico/welcome.html. Acesso em: 20 nov 1997.

GIANESI, Irineu G. N. et al. **Planejamento, Programação e Controle da Produção MRP II/ERP Conceitos, Uso e Implantação**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 1999.

SALOMON, Valério A. P. **Planejamento e Controle da Produção**. Dez. 2000. Disponível: http://polo01.feg.unesp.br/~salomon/ensino/pcp/. Acesso em 20 nov 2000.

SANTOS, André C. O. **Planejamento e Programação da Produção de Óleos Lubrificantes Visando Minimizar os Atrasos na Entrega dos Pedidos**. 1998. 12 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – PUC: RJ. 1998.

SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

TEIXEIRA, Elizabeth. **As três Metodologias Acadêmica, da Ciência e da Pesquisa**. 2. ed. Belém: Grapel, 2000.