PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES VISANDO MINIMIZAR OS ATRASOS NA ENTREGA DOS PEDIDOS

André Clementino de Oliveira Santos *

RESUMO: Este artigo trata do projeto de um sistema de planejamento e programação da produção para o maior fabricante de óleos lubrificantes do Brasil, visando solucionar o problema dos pedidos em atraso na linha de enchimento mais crítica e importante da fábrica, a de embalagens de 1 litro.

O sistema proposto utiliza conceitos da metodologia MRP (Planejamento das Necessidades de Material), mais especificamente o MPS (Programa Mestre de Produção) e lotes econômicos de produção determinados em função das demandas médias anuais. A programação da produção procura seguir as datas determinadas pelo MPS de forma a não atrasar as entregas dos pedidos feitos pelos clientes, respeitando a restrição de capacidade da linha.

Introdução

O presente artigo estuda a aplicação de uma sistemática de planejamento, programação e controle da produção a uma companhia produtora e distribuidora de óleo lubrificante, a BR-Distribuidora, localizada no Estado do Rio de Janeiro.

A escolha desta indústria de óleo lubrificante para a realização do trabalho foi motivada pelo sério interesse demonstrado pela companhia na melhoria de seus processos. Apesar de o foco inicial ter sido a melhoria do sistema logístico, resolveu-se mudá-lo para o constante problema de atrasos nas entregas dos pedidos feitos à fábrica. Logo se concluiu que esses atrasos são essencialmente gerados pela dificuldade no planejamento e programação da produção, o que freqüentemente leva a um descompasso entre estes e os prazos estabelecidos para atendimento aos clientes.

O objetivo geral do artigo é propor um sistema que, mesmo sem mudanças nos prazos de entrega, reduza os atrasos sem elevar custos. Uma condicionante deste objetivo foi buscar um método simples que solucione esse problema e que possa ser implantado pela gerência da fábrica. O seu potencial foi avaliado a partir de dados reais, mostrando um desempenho superior ao atual com um mínimo de alteração no sistema de informações e nos procedimentos atuais.

Conceitos de estrutura e controle geral da produção

No que se refere ao controle geral da produção, o objetivo é o desenvolvimento de sistemas que integram as funções de decisão relativas ao gerenciamento do fluxo de materiais e recursos determinantes da capacidade. Essas estruturas se assemelham muito ao sistema MRP (Planejamento das Necessidades de Material ou "Material Requirements Planning").

O MPS (Programa Mestre da Produção ou "Master Production Schedule") é uma entrada do MRP que expressa o plano operacional da produção, em períodos, durante um certo horizonte de planejamento, quase sempre baseado nos produtos finais.

* É graduado em Tecnólogo em Processamento de Dados (1993) pelo CESUPa (Centro de Ensino Superior do Pará) e Engenheiro Civil (1995) pela Universidade Federal do Pará. É Mestre em Engenharia de Produção (1998) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Atualmente exerce a função de professor adjunto I no Deptº de Engenharia Civil na UNAMA. As áreas de interesse envolvem Tecnologia das Construções e Planejamento e Programação da Produção.

Programação da Produção

Os estudos em relação à programação da produção em indústrias de processo/fluxo se concentram em torno do problema do dimensionamento e programação de lotes de produção em máquinas multi-produto (ELSP - "Economic Lot Scheduling Problem"). Uma vasta literatura tem se preocupado com este problema, especialmente o problema determinístico. Uma excelente e clássica visão de ELSP é apresentada por Elmaghraby (1978).

Essencialmente, o ELSP trata da determinação ótima do tamanho do lote de produção de cada produto simultaneamente com a programação da produção desses lotes numa única máquina.

Análise do Problema

Dentre as dificuldades percebidas pela gerência, a fábrica apresenta problema de pedidos em atraso. Amenizar esse problema é importante, já que o bom atendimento ao cliente vem a ser uma das metas prioritárias da empresa.

Uma forma de atacar esse problema seria buscar melhoras no setor de distribuição da empresa, analisando os prazos de entrega dos produtos, a carga a ser enviada, o roteamento dos veículos de entrega, etc. Entretanto, em vista dos prazos de entrega, o setor em questão não parece crítico para a redução de atraso, além de apresentar uma grande complexidade. Ele envolve operações de entrega diferentes (Transferência e Venda Direta) e inclui terceirização do transporte para empresas privadas, o que dificulta a obtenção de dados e reduz o controle sobre essas operações.

Observou-se que os atrasos são provenientes, principalmente, do setor de produção que não consegue disponibilizar, nas datas adequadas, os produtos demandados pelos clientes.

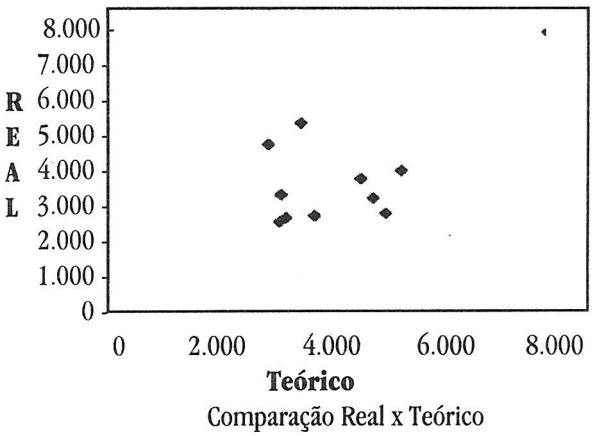
Um estudo sobre o planejamento da produção destacou três fatores problemáticos:

- Os lotes de produção dos diferentes itens são dimensionados de maneira intuitiva. A determinação dos lotes econômicos de fabricação de cada produto parece ser importante;
- A falta de um horizonte de planejamento adequado impede que se possa "enxergar" os dias de pico de demanda e consequentemente antecipar situações críticas. O uso de uma sistemática, que permita antecipar situações de sobrecarga de produção, em um horizonte adequado, é necessária para reduzir atrasos sem ônus de maior estoque;
- Os prazos de entrega não parecem coerentes com as distâncias aos pontos de demanda.

Uma pesquisa realizada na fábrica revelou quais os produtos que representam as maiores vendas da empresa. Observa-se que mais de 50% dos produtos pertencem ao setor de caixarias e que dos 10 mais importantes, 6 são da linha de caixas de 1 litro, portanto, a linha de enchimento de frascos de 1 litro é a mais importante em termos de venda para a fábrica. Um diagnóstico mais detalhado dessa linha confirmou as indicações anteriores:

1. O estoque médio anual de cada item Classe A da linha de 1 litro foi comparado com o que seria, teoricamente, o estoque de ciclo médio se o tamanho de lote ótimo fosse utilizado. Conforme fica claro da Figura abaixo, os estoques médios atuais apresentam grandes desvios em relação aos valores ótimos. Como o lote de produção atualmente utilizado é determinado sem levar em conta o valor de demanda dos produtos, isso indica a necessidade de rever as decisões sobre os lotes de fabricação.

Estoque Médio Anual contra Estoque de Ciclo Médio Teórico para itens da Linha de 1 litro (em caixas)



Comparação Real x Teórico

2. Constatou-se que apesar da relativa folga de capacidade, os atrasos ocorrem sistematicamente mesmo na presença de estoques consideráveis. Além disso, a programação da produção é feita dando prioridade aos itens em atraso, ao invés de evitá-los com uma antevisão das necessidades. Isso indica uma programação da produção inadequada.

3. Do ponto de vista logístico, os prazos de entrega não refletem razoavelmente os tempos de transporte. Entretanto, esses prazos podem se justificar pelas atuais práticas do mercado e para mudá-los seria necessário examinar o valor que os clientes dão aos prazos de entrega. Tal exame exige um pesquisa de Marketing, claramente fora do escopo deste trabalho. Todavia, mesmo que alterações venham a ser feitas nos prazos, elas não invalidarão esforços na melhoria da programação da produção.

Abordagem Utilizada

A partir do diagnóstico acima, foram consideradas duas abordagens:

(a) Utilização do ELSP com ajustes para variações na demanda, baseado no trabalho de Leachman e Gascon (1988);

(b)Utilização do Programa Mestre de Produção com dimensionamento de lotes e programação da linha.

A abordagem (a) se baseia no monitoramento dos níveis de estoque e no cálculo dos ciclos econômicos de produção de cada item para as demandas previstas (segundo alguma forma de solução do ELSP). A política é aplicada período-a-período tomando decisões concernentes a quando e quanto produzir de cada item no próximo período. Estas quantidades refletem os ciclos econômicos de produção revisados em cada período em resposta a três fatores:

- Diferenças entre os níveis de estoque projetado e atual de cada item;
- Mudanças na taxa de demanda de cada item;
- Erro de previsão de demanda de cada item.

A abordagem (a) é, em princípio, aplicável ao problema em questão e uma versão utilizando programação matemática com um estoque de segurança arbitrário foi tentada. Entretanto, algumas peculiaridades levaram a abandoná-la, entre elas:

- A produção não é exclusivamente para estoque, o que dificulta o estabelecimento de um estoque de segurança (ou uma probabilidade de falta) adequado;
- A variação de demanda, apesar de não desprezível, é relativamente pequena e a folga de capacidade é relativamente grande, de tal forma que o ajuste dos ciclos não se mostrava necessário para obtenção de uma programação factível sem faltas;

- Apesar de a idéia básica do método ser simples e intuitiva, para se chegar a sua implementação é necessário que se entenda um desenvolvimento demasiadamente complexo para não-especialistas. Isso vem de encontro ao desejo de se adotar uma solução que possa ser bem entendida pelos gerentes.

Por isso, a abordagem (b) foi considerada mais adequada.

Em virtude da robustez da solução do lote econômico em relação a variações na demanda, e ainda pelo fato de a própria demanda ser relativamente estável, o dimensionamento dos lotes com base nas demandas médias, em separado do programa mestre e da programação da linha, parece ser adequado.

Como o tempo de troca na linha ("changeover") entre dois produtos é pequeno e independe da ordem dos mesmos e, juntando-se a isso, o fato de que o tempo de corrida dos lotes, incluindo "changeover", ser relativamente curto (no máximo 20% da duração total do ciclo), tem-se que o problema se aproxima a um problema de seqüenciamento em uma única máquina com o objetivo de acertar as datas de entrega determinadas pelo Programa Mestre de Produção.

Caso a folga de capacidade se reduza substancialmente, a determinação conjunta do tamanho e da programação dos lotes pode vir a se tornar necessária. Neste caso, estando a abordagem (b) já estabelecida, a adoção da abordagem (a) tornar-se-á inevitável mas já encontrará um caminho bem pavimentado.

A Solução

Partindo da visão simplificada do problema acima enunciado, apresenta-se, a seguir, uma proposta para planejamento e programação da produção na linha de enchimentos de frascos de 1 litro, que se concentra em dois pontos:

- A determinação dos lotes econômicos de fabricação dos produtos;
- O uso de uma sistemática que permita visualizar um horizonte de planejamento.

Na primeira etapa, baseado em um dos vários modelos teóricos existentes, determina-se o lote econômico de fabricação dos produtos regulares da linha. [2]

A segunda etapa do planejamento consiste em elaborar um sistema de controle capaz de prover o setor de produção de informações futuras sobre as necessidades de embarque, permitindo assim definir em que dia as ordens de produção devem ser liberadas, dando origem ao programa de fabricação dos produtos da linha.

A terceira etapa consiste na programação da linha a partir das ordens de produção, observando quais os produtos que devem entrar na linha prioritariamente e que terão a produção antecipada para ocasiões em que a linha esteja menos carregada, evitando com isso os atrasos que vêm ocorrendo.

Finalmente, verifica-se os níveis de estoque que esta sistemática proporciona, já que não é interessante aumentar esse nível não só devido aos problemas de capacidade que o armazém da fábrica apresenta mas, também, pelo maior custo financeiro.

Determinação do Lote Econômico de Produção

Há necessidade de se dimensionar lotes de produção para cada produto, de modo que a programação da produção possa ser realizada com um bom equilíbrio entre o número de "changeovers" e o estoque médio. Um modelo útil para este caso é o bem conhecido Lote Econômico de Produção - LEP (veja, por exemplo, Krajewski e Ritzman - 1996), que é uma extensão do modelo do lote econômico de encomenda e leva em consideração a taxa de produção finita da linha.

No modelo, tem-se que:

- estoque máximo, $I_{máx.}$ é dado por:

$$I_{máx.} = \frac{Q}{P}(P - D)$$

A função custo total por unidade de tempo:

$$C = \frac{I_{máx.}}{2}(H) + \frac{D}{Q}(S) = \frac{Q}{2}\frac{(P - D)}{P}(H) + \frac{D}{Q}(S)$$

onde,

$I_{máx.}$ = Estoque máximo (em caixas);
D = Demanda anual (em caixas/ano);
Q = Tamanho do lote (em caixas);
H = Custo de manter em estoque (em R$/ (caixas x ano)
S = Custo de setup (em R$);
P = Taxa de produção anual (em caixas/ ano).

Determinando-se o valor de Q que minimiza C, obtêm-se o lote econômico de produção dado por:

$$LEP = \sqrt{\frac{2\,DS}{H}} \times \sqrt{\frac{P}{P-D}}$$

Para cada família de produtos (tipo de frasco), o custo de setup ("changeover"), a taxa de produção e o valor do produto (consequentemente, o custo de manter em estoque) são praticamente constantes, ficando a fórmula do LEP para um item i da família na forma:

$$LEP_i = \sqrt{\frac{2\,PS}{H}} \quad \sqrt{\frac{D_i}{P-D_i}}$$

Observa-se que $\sqrt{2\,PS}$ é uma constante

[2] Todos os produtos com ciclos regulares são considerados Classe A, o que tornará o ensaio, a ser feito no próximo capítulo, bastante significativo.

K_F característica da família.

Para se determinar o K_F de cada família, precisa-se saber os valores das constantes que o compõem, ou estabelecê-lo através de alguma relação.

Para o estudo em questão, tomou-se como ponto de partida manter o estoque de ciclo médio ótimo da família *F* igual ao estoque médio total atual da família. Esse critério é bem conservador, mas essa parece ser a atitude adequada para implantação. Depois, quando o sistema entrar em uso corrente, o valor de K_F pode ser adequadamente reduzido. Tem-se então que o Estoque de Ciclo Médio da Família (ECMF) é:

Estoque de ciclo médio família = Estoque médio atual família,

tem-se que:

$$K_F = \frac{\text{Estoque - médio - atual - família} \times 2P}{\sum_{i \in F} \sqrt{D_i \ (P\text{-}D_i)}}$$

Para família de 1 litro, tem-se que a taxa de produção *P* é de 12000 caixas/dia ou 4.320.000 caixas/ano.

$$ECMF = \frac{1}{2} \sum_{i \in F} I_{MÁXi} = K_F X \sum_{i \in F} \sqrt{\frac{D_i}{P\text{-}D_i} \frac{P\text{-}D_i}{2P}} = K_F X \frac{1}{2P} X \sum_{i \in F} \sqrt{D_i \ (P\text{-}D_i)}$$

A demanda anual dos produtos desta linha segue a relação abaixo:

Logo, tomando-se:

Descrição do produto	**Demanda anual (Caixas)**
MG-1/40 Cx 1L	717695
MD-400/40 Cx 1L	226698
SH-20W40 Cx 1L	191774
MG-1/50 Cx 1L	170419
MG-4/20W40 Cx 1L	147525
TRM-5/90 Cx 1L	78407
MOTO-4 Cx 1L	65991
TRM-5/140 Cx 1L	43770
ET/15W40 Cx 1L	48546
SJ 20W50 Cx 1L	35110
MD-300/40 Cx 1L	44812

Calcula-se o coeficiente *K* da família:

Descrição do Produto	Demanda Anual (Caixas)	P (taxa de produção	Di (P- Di)	Raiz (Di(P-Di)	Estoque Médio em 1997 (caixas)
MG-1/40 Cx 1L	717.695	4.320.000	2,58536E +12	1607904,315	7.444
MD-400/40 Cx 1L	226.698	4.320.000	9,27943E +11	963298,1765	3.611
SH-20W40 Cx 1L	191.774	4.320.000	7,91686E +11	889767,6174	2.412
MG-1/50 Cx 1L	170.419	4.320.000	7,07167E +11	840932,4851	2.811
MG-4/20W40 Cx 1L	147.525	4.320.000	6,15544E +11	784566,3607	3.386
TRM-5/90 Cx 1L	78.407	4.320.000	3,32571E +11	576689,3291	2.348

Estoque ciclo médio família	38.678
K família	42266

De posse desses dados, chega-se ao LEP (em caixas) de cada item:

	Descrição do produto	K_F	Raiz (Di/ (P- Di)	LEP	Estoque de Ciclo Médio Teórico (caixas)
(A)	MG-1/40 Cx 1L	42266	0,446	18.866	7.866
(B)	SH-20W40 Cx 1L	42266	0,216	9.110	4.353
(C)	MD-400/40 Cx 1L	42266	0,235	9.947	4.712
(D)	MG-1/50 Cx 1L	42266	0,203	8.565	4.114
(E)	MG-4/20W40 Cx 1L	42266	0,188	7.947	3.838
(F)	TRM-5/90 Cx 1L	42266	0,136	5.746	2.821
(G)	ET/15W40 Cx 1L	42266	0,107	4.506	2.228
(H)	TRM-5/140 Cx 1L	42266	0,101	4.276	2.116
(I)	MD-300/40 Cx 1L	42266	0,102	4.327	2.141
(J)	MOTO-4 Cx 1L	42266	0,125	5.264	2.592
(K)	SJ 20W50 Cx 1L	42266	0,091	3.826	1.897

Cálculo do LEP de cada produto

O uso do MPS

Para facilitar a lógica e a visualização do processo foi construída a seguinte planilha para cada produto.

Produto:						Lote: Lote Econômico				
Descrição:										
Unidade: Caixas						Tpo. Segurança: 0 dias				
Qtde. em mãos	Dias da Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Previsão										
Ordens Confirmadas										
Estoques em mãos projetado										
Recebtos. Programados										
Recebtos. Planejados										
Ordem para produzir										

Tabela padrão para o MPS

A QTDE. EM MÃOS significa o nível de estoque final do dia anterior.

A linha de PREVISÃO indica a demanda prevista.

A linha de ORDENS CONFIRMADAS indica os pedidos já confirmados.

A linha ESTOQUE EM MÃOS PROJETADO indica o estoque planejado, ao final do dia, na fábrica. Em cada dia, o estoque para cada produto é calculado através da fórmula:

$$E_t = E_{t-1} - D_t + R_{PRt} + R_{PLt}$$

onde,

E_t = Estoque no final do dia t

D_t = É o maior valor entre a previsão e as ordens confirmadas no dia t. Essa forma de determinação da demanda bruta é frequentemente utilizada porque as previsões estão sujeitas a erros e as ordens firmes podem não representar todas as ordens, visto que novos pedidos podem ser fechados. Além disso, a intenção de se criar estoques de antecipação também justifica esta abordagem.

R_{PRt} = É o recebimento já programado para o dia t.

R_{PLt} = É o recebimento planejado (i.e., ainda a ser programado) para o dia t. Indica a quantidade que se planeja receber da produção de forma que nenhum E_t fique negativo. Dessa forma:

$$R_{PLt} = \begin{cases} 0, \text{ se } E_{t-1} - D_t + R_{PRt} \geq 0 \\ \text{LEP, se } E_{t-1} - D_t + R_{PRt} < 0 \end{cases}$$

A linha ORDEM PARA PRODUZIR indica a quantidade planejada para liberação da ordem de produção de um produto para a linha de forma que ele esteja disponível na data indicada pelo RECEBTO. PLANEJADO.

O Seqüenciamento da Linha

A partir das informações sobre o que produzir no horizonte de 10 dias, faz-se a verificação das cargas de produção em cada um destes dias.

A planilha a seguir auxilia nesta tarefa:

Tabela padrão para o cálculo do perfil da carga

Perfil de Carga										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produto A										
Produto B										
Produto C										
Produto D										
Produto E										
Produto F										
Produto G										
Produto H										
Produto I										
Produto J										
Produto K										
Soma =										
T Ocupado =										

Tabela padrão para o cálculo do perfil de carga

Nas linhas PRODUTO A até PRODUTO K vão sendo colocadas as respectivas ORDEM PARA PRODUZIR de acordo com o dia em que é necessitado o produto.

A linha SOMA indicará a quantidade de caixas que se irá produzir naquele dia. Será o somatório de ordens de produção de um determinado dia:

$$\text{Soma} = \sum_{i=A}^{K} O_{it}$$

onde,

O_{it} Ordem para produção de um lote do produto i no dia t.

A linha TEMPO OCUPADO indica nos respectivos dias quanto tempo a linha estará ocupada produzindo. Este tempo é expresso em dias e é dado pela fórmula:

$$TOt = \frac{\sum_{i=A}^{K} O_{it}}{p}$$

onde,

TO_t = É o tempo ocupado da linha no dia t;

p = taxa de produção diária. No caso, 12000 caixas/dia.

Quando o tempo ocupado extrapola 1,0 dia de produção, há a necessidade de antecipação da produção sob pena de haver atraso nas entregas. Entretanto essa antecipação terá de ser a menor possível a fim de evitar aumentos desnecessários nos níveis de estoque.

Essa redistribuição de carga é feita de maneira simples e automática, utilizando-se as funções do Microsoft Excel. Seus passos basicamente são:

1. Ler o perfil de carga obtido do MPS;

2. Partindo-se do último dia do horizonte de planejamento, verificar se a carga do dia excede 1,0 dia de produção. Se não exceder, esta será a carga de produção na linha. Caso contrário, o excedente é antecipado para o dia anterior, somando-se à carga deste dia. Repete-se sequencialmente esse passo para todos os dias até que se chegue ao primeiro dia.

3. Verificar a carga do primeiro dia. Se ela estiver factível (não excede 1,0 dia de produção), o plano de redistribuição está aprovado. Caso contrário, o plano é infactível e alguma medida remediadora deverá ser tomada pela gerência, como por exemplo, diminuir o tamanho de lote dos produtos a fim de que a produção planejada, para cada um dos dias do horizonte, não exceda a carga de 1,0 dia.

A partir desta redistribuição, fica determinada a carga de horas de produção que deve ser utilizada em cada dia do horizonte.

A seguir, parte-se para o sequenciamento dos produtos que entrarão na linha, obedecendo-se as seguintes regras:

1) Tem prioridade o produto que apresenta a data de "ordem para produzir" mais próxima;

2) Em caso de empate, terá prioridade aquele produto que apresentar maior quantidade de pedidos firmes. Com essa medida, busca-se privilegiar uma quantidade maior de clientes à espera do determinado produto.

Observa-se que no dia 0, liberam-se as ordens indicadas pela programação do dia 1; no dia 1, após uma nova regeneração de dados, liberam-se as ordens segundo a programação do dia 2 e assim sucessivamente.

Níveis de Estoque

O acompanhamento dos níveis de estoque em cada dia é feito a partir do seguinte cálculo:

$E_t = E_{t-1} - OC_t + R_{PRt}$, onde

OC_t = São as ordens que realmente foram embarcadas no dia t.

Os demais termos dessa relação já foram definidos anteriormente.

Observa-se que nesse estoque será calculado o que alimentará o MPS gerado no dia seguinte, através do dado "Quantidade em mãos". Esse estoque não é, portanto, necessariamente igual ao "Estoque em mãos projetado", que aparece na coluna do dia seguinte na planilha do MPS, pois para o cálculo deste foi utilizado sempre o maior valor entre a previsão e as ordens confirmadas. Se assim não se procedesse, poderia haver um acúmulo de estoque.

Na prática, as ordens realmente embarcadas não são necessariamente as "ordens confirmadas". Anomalias fazem com que esse cálculo se complique. No caso da ocorrência de anomalias, uma ação gerencial deve ser tomada e as modificações nos registros precisam ser feitas de forma adequada. Como exemplo de anomalias que se observam na prática, tem-se:

1) Redução de estoque (por avaria de material e furto) - exige uma retificação na contagem de material;

2) Embarque cancelado - exige um aumento no nível de estoque;

3) Recebimento programado não realizado (problemas na produção, rejeição de lotes, etc.) - exige um aumento na quantidade de ordens confirmadas.

A partir das posições de estoque, pode-se visualizar graficamente os ciclos de produção dos produtos da linha.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A ênfase deste artigo está na busca de uma solução para o problema de atrasos no atendimento aos clientes.

Um aspecto importante é que um problema aparentemente de grande complexidade pode ser muito simplificado através de uma análise mais cuidadosa, a ponto de se tornar um problema de solução quase trivial como é o problema de programação de vários produtos em uma única máquina.

Analisando a política vigente no setor de produção, conclui-se que o sistema de planejamento e programação da produção carece de um horizonte de planejamento que permita prever a demanda dos dias futuros. Além disso, apresenta lotes de produção incompatíveis com o chamado "Lote Econômico de Produção".

Com esse planejamento atual, a empresa incorre, com frequência, em dificuldades na entrega dos pedidos em tempo hábil, apesar dos excessos de determinados produtos.

A sistemática proposta que se baseia no MRP (mais especificamente no MPS) e integra o binômio horizonte de planejamento x lote econômico de produção, foi considerada adequada para propiciar pleno atendimento aos prazos, bom planejamento da produção e níveis de estoques reduzidos.

Por envolver aspectos que mudam em poucas horas e para que a sistemática funcione de forma ótima, torna-se imprescindível a informatização do sistema de

controle de materiais, via código de barras - o que já está sendo feito. O sistema irá agilizar o fluxo de informações necessárias para manter os dados permanentemente atualizados e consistentes.

Atualmente, devido à fabrica estar com uma quantidade considerável de pedidos em atraso e sem níveis adequados dos principais produtos, a implantação da sistemática no setor de produção não pode ser feita de maneira total da noite para o dia. Essa transição entre a política atual e a proposta deve ser feita paulatinamente. Inicialmente, a curto prazo, em vez de se trabalhar com os lotes econômicos sugeridos, deve-se usar lotes de produção menores para se ter vários produtos ocupando a linha num período menor de tempo proporcionando, assim, maior flexibilidade na programação. Nesse ínterim, a quantidade de setups aumentaria muito, entretanto, aos poucos, o volume de pedidos em atraso iria se reduzindo até que a situação ficasse controlada. A partir daí, o tamanho dos lotes poderia ser gradualmente aumentado sem problemas.

No futuro, com o aumento da demanda e o surgimento de novos produtos, a capacidade das linhas chegará próximo ao seus respectivos limites. Somente essa sistemática não seria suficiente para o atendimento no prazo de todos os pedidos, uma vez que o artifício da antecipação não poderia mais ser usado. Dessa forma, seria interessante estudar como a menor folga afeta a relação entre incertezas e atrasos.

O método de programação proposto tem a virtude da simplicidade mas não é ótimo. Apesar da qualidade das soluções por ele produzidas parecer boa, seria interessante contrastar seu desempenho com o de um método ótimo. Ainda com relação à otimalidade, observe-se que o horizonte finito aplicado na forma de "programação rolante" é apenas uma forma aproximada de resolução do problema com horizonte infinito, mesmo que se utilize o ótimo dentro de cada horizonte finito.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

AFENTAKIS, P. Simultaneous Lot Size and Sequencing for Multistage Producrion Systems. IIE Transactions . S.l., v. 17, nº 4, dez. 1985.

ALVAREZ, M. D. *MRP na indústria Eletrônica*: Um Estudo de Caso. Rio de Janeiro: PUC/RJ, 1991.

BOCTOR, F. F. The two-product, single machine, static demand, infinite horizon lot scheduling problem. *Management Science*. S.l., v., 28, p.798-807, 1982.

BURT, J. Master Production Scheduling Considerations for Process Industries. *APICS Conference Proceedings*. S.l., 417-418, 1980.

BRUGGEMAN,J.J., HAYTHORNTHWAITE. The Master e Schedule. .*APICS - The Performance Advantage*. S.l., p. 44-46, out. 1991.

CANDEIA, R.G.R.. Planejamento Logístico da distribuição de lubrificantes usando a metodologia DRP. Rio de Janeiro: PUC/RJ, 1996. p 113.

CERVENY, R. P., SCOTT, L.W. A Survey of MRP Implementation. *Management Journal.. S.l.*, v. 30, nº 3, p.31-34, 1989.

CHUNG, C. H., KRAJEWSKI, L. Planning Horizons for Master Production Scheduling. *Journal of Operations Management* S.l., v.4, nº 4, ago. 1984

DELPORTE, C. M., THOMAS, L. J. Lot sizing and sequencing for N products on one facility. Managements Sciences. S.l., v. 23, p. 1070-1079, 1977.

DOLL, WHYBARK, D. C. An interative procedure for the single-machine multi-product lot scheduling problem. *Management Science* . S.l., v. 28, nº 1, set. 1973.

DOUGHERTY, J. R. , PROUD, J. F. From Master Schedules to Finishing Schedules in the 1990. *American Production and Inventory Control Society 1990 Annual Conference Proceedings*. S.l., 1990.

ELMAGHRABY, S. E. The economic lot scheduling problem (ELSP): Review and extensions. *Management Science* .S.l., v. 24, p.587-598, fev. 1978.

FRANSOO, J. C., RUTTEN, W. G. M. M. A Typology of Production Control Situations in Process Industries. *International Journal of Operations&Production Management*. S.l., v. 14, p.47-57, 1994.

GALLEGO, G. Scheduling the production of several items with random demands in a single facility. *Management Science* .S.l., v. 36, p. 1579-1592, dez. 1990.

HADDOCK, J. , HUBICKI, D. E . Which Lot-Sizing Techniques are used in Material Requirements Planning? *Production and Inventory Management Journal*. S.l., v.30, nº3, p.53-56, 1989.

JONES, P. C. , INMAN, R. R. When is the economic lot scheduling problem easy? *IIE Transactions*. S.l,. v 21, p.11-20, 1989.

KARNI, R. Y. A Heuristic algorithm for the multi-item lot-sizing problem with capacity constraints, *IIE Transactions* .S.l., v. 14, nº4, dez. 1982.

KRAJEWSKI, L. J., RITZMAN, L. P. *Operations Management:* Strategy and Analysis. S.l.: Addision-Wesley Publishing Compan y, 1996.

LEACHMAN, R. C. , GASCON, A. A Heristic Scheduling Policy for Multi-Item, Single Machine Production Systems with Time- Varying, Stochastic Demands. *Management Science* . S.l., v. 34 , nº3, p. 377-390, mar. 1988.

LEE, C. Y., DANUSAPUTRO, S. Economic lot scheduling for two-product problem. IIE Transactions . S.l., v. 21, p.162-169, jun. 1989.

MADIGAN, J. G.. Scheduling a multi-product single machine system for an infinite planning period. *Management Science*.. S.l., v.14, nº11, jul. 1968.

MARTIN, A J. *DRP*: Distribution Resource Planning. Nova York: John Wiley & Sons, 1995.

ORLICKY, J. *Material Requirements Planning*. New York: McGraw-Hill, 1975.

PIZZOLATO, N. D.. *O Lote Econômico de Produção*: Avaliação de uma Aplicação Real., São Carlos- SP: First International Congress of Industrial Engineering, S.l., v. 1, p.91-95, 1995.

SILVER, E., PETERSON . Decisions System for Inventory Management and Production Planning. New York: John Wiley and Sons, 1985.

SMITH-DANIELS, V. L., RITZMAN, L. P. A model for lot sizing and sequencing in rocess industries. *International Journal Production Research*. S.l., v. 26, p. 647- 674, 1988.

STENGER, A. A. Distribution Resource Planning. *The Logistics Hadbook*.. New York: T.F.Press , 1994. p. 391-410.

TAYLOR, S. G., BOLANDER, S. F. Production Planning and Scheduling for Process Flow Manufacturer. *Production and Inventory Control Handbook*. J. H. Greene. New York: McGraw-Hill, 1997. 29pg.

VOLLMANN, T.E., , BERRY, W. L., et al. *Manufacturing Planning and Control Systems*. Homewood, III.: Irwin, 1992.

WEISS, H. J. , GERSHON, M. E. *Production and Operations Management*. New York: Allyn and Bacon, 1989.

WIGHT, O. W. (1984). *Manufacturing Resource Planning: MRP II*. Essex Junction, Vt.: Oliver Wight, 1984.