

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

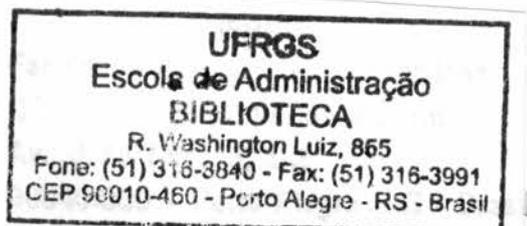
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MRPII, KANBAN E OPT

Autor: DORVAL OLIVIO MALLMANN

Orientador: PROF. JOÃO LUIZ BECKER, PH. D.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração como
quesito parcial para a obtenção do título de Mestre em Administração.

NOVEMBRO DE 1993



À minha esposa Gedi e aos filhos, Tagli e Marília, pelos longos períodos em que o esposo e pai teve apenas presença física

AGRADECIMENTOS

Aos Professores do Curso de Mestrado do PPGA, pelas contribuições que me forneceram com seus conhecimentos.

Ao Professor João Luiz Becker, pelas valiosas sugestões fornecidas no decorrer do trabalho e principalmente pelo estímulo nos momentos em que quase desistimos

A Profa. Edi Madalena Fracasso pelo estímulo que me foi dado para ministrar cursos, onde muitas das idéias aqui apresentadas foram discutidas.

Ao Professor Antunes, pelas valiosas informações trazidas durante diversas disciplinas do curso.

Aos colegas de Mestrado, em especial aos pertencentes à área de Produção e Sistemas

Ao Prof Wolney Correa e aos colegas dos cursos do Centro de Estudos e Pesquisas em Administração

Aos alunos dos cursos de pós-graduação que ministrei durante o período de elaboração deste trabalho, principalmente àqueles que exerciam funções na área de produção nas suas empresas, pelas discussões que foram possíveis em sala de aula sobre algumas idéias aqui expostas.

RESUMO

A escolha dos métodos de planejamento e controle de produção mais adequados para uma determinada empresa, é uma tarefa bastante árdua. Dentro de um mercado global, no qual a competitividade é a tônica, a procura de metodologias que permitam o aumento da produtividade é uma constante.

O presente trabalho avalia as metodologias MRPII, "kanban" e OPT diante de alguns dos fatores que devem ser analisados para o projeto de um sistema de controle de produção. Os fatores analisados são: natureza da demanda, características dos produtos e processos, fontes de suprimento, nível tecnológico dos equipamentos e os estágios da organização da produção

ABSTRACT

Choosing the right production planning and control system is a challenging task for every industrial company. In global markets, with strong competition, there are constant searches for the introduction of new methodologies or the implementation of strongly established ones, that represents increasing of productivity.

This paper analyses some factors which are important to take into account for the choice of an specific methodology. The factors analyzed are: the nature of the demand, the products and process characteristics, sources of suppliers, the technology level and the stage of the production organization.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	1
1.1 - Origem do trabalho	1
1.2 - Objetivos do trabalho	7
1.3 - Material e métodos	8
1.4 - Contribuições esperadas	13
1.5 - Estrutura do relatório	14
2- REVISÃO DOS CONCEITOS DE MRPII, KANBAN E OPT	16
2.1 - O MRPII , Manufacturing Resource Planning	16
2.1.1 Introdução.....	16
2.1.3 As listas de materiais.....	28
2.1.4 A lógica de determinação das necessidades	36
2.1.5 Plano mestre de produção	41
2.1.6 Outros componentes do MRPII.....	43
2.1.7 O MRPII em operação.....	46
2.2 - O Sistema JIT	48
2.2.1 Introdução.....	48
2.2.2 Causa da existência de estoques em um sistema de manu- fatura.....	51
2.2.2 Redução dos tempos de preparação	54
2.2.3 Redução dos custos de compra	58
2.2.4 O método "kanban"	59
2.3 - A Tecnologia de Otimização da Produção (OPT) e a Teoria das restrições.....	62

3- O IMPACTO DA NATUREZA DA DEMANDA SOBRE AS METODOLOGIAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	72
3.1 - Introdução	72
3.2 - O sistema MRPII e as variações da demanda	77
3.3 - Os sistemas "kanban" diante das alterações da demanda	98
3.4 - A utilização de OPT e a Teoria das Restrições	110
4- O MRPII, "KANBAN" E OPT E AS CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS E PROCESSOS.....	112
4.1 - As Características dos Processos	112
4.1.1 Produção por fluxo contínuo.....	113
4.1.2 Produção repetitiva em lotes.....	115
4.1.3 Produção em lotes com variações dinâmicas.....	116
4.1.4 Produção sob projeto.....	119
4.2 - Características dos produtos	124
4.3 - Considerações finais	125
5- OS EFEITOS DAS FONTES DE SUPRIMENTO NAS METODOLOGIAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	127
5.1 - A Importância das fontes de suprimentos para a escolha da metodologia de planejamento e controle da produção.....	127
5.2 - Características das fontes de suprimentos	129
5.3 - As Relações com as fontes de suprimentos	134
5.4 - A Possibilidade de criação de relações de fornecimento "just-in-time".....	137
5.5 - Os Benefícios obtidos pelo MRPII e pelo OPT da revolução nas relações de fornecimento criada pelo "just-in-time"	141
5.6 - Os estoques como aplicação estratégica de capitais.....	142
5.7 - Conclusões	143

6- O EFEITO DO NÍVEL TECNOLÓGICO DOS EQUIPAMENTOS SOBRE OS MÉTODOS DE CONTROLE DE PRODUÇÃO	145
6.1 - O Nível tecnológico dos equipamentos e o MRPII	152
6.2 - O Impacto da evolução tecnológica no uso de kanban.....	156
6.3 - A OPT e o nível tecnológico dos equipamentos.....	160
6.4 - Conclusões	163
7- OS ESTÁGIOS DE ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E AS METODOLOGIAS DE PLANEJAMENTO.....	165
7.1 - Aspectos organizacionais relevantes para a implantação de MRPII.....	165
7.2 - Aspectos organizacionais relevantes para a implantação de “kanban”.....	174
7.3 - Efeitos organizacionais da implantação de OPT e Gerência das Restrições.	179
8- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	182
8.1 Conclusões.....	182
8.2- Recomendações para futuros trabalhos	188
9- BIBLIOGRAFIA	190

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Modelo de demanda utilizado na abordagem tradicional	17
FIGURA 2 - Comportamento dos estoques na abordagem tradicional	17
FIGURA 3 - Comportamento da demanda de itens com demanda dependente ..	24
FIGURA 4 - Comportamento dos estoques de itens com demanda independente se administrados de acordo com a abordagem tradicional	26
FIGURA 5 - Comportamento dos estoques dos itens com demanda dependente, administrados de acordo com a metodologia MRPII	27
FIGURA 6 - Exemplo de lista de materiais.....	31
FIGURA 7 - Lista de materiais - Analogia com Gráfico de Gantt.....	35
FIGURA 8 - Relação dos módulos componentes do MRPII	45
FIGURA 9 - Implantação de “Kanban”	61
FIGURA 10 - Modelo utilizado para a análise da variação da demanda	74
FIGURA 11 - Lista de materiais.....	75
FIGURA 12 - Modelo de Produção utilizando “Kanban”	76
FIGURA 13 - Carga de máquinas	81
FIGURA 14 - Lista de materiais com os tempos de deslocamento.....	86
FIGURA 15 - Carga de máquina gerada pelo MRPII para o programa X = 60, Y = 60.....	92
FIGURA 16 - Carga de máquina gerada pelo MRPII para o programa X=100 e Y=100.....	93
FIGURA 17 - Carga de máquina gerada pelo MRPII para o programa X= 140 , Y = 140.....	94
FIGURA 18 - Carga de máquina ajustada para a demanda de x=140 e y= 140 ..	96
FIGURA 19 - Modelo de produção utilizando “kanban”	100

LISTA DE TABELAS

TABELA I - Nível de Serviço dos estoques e dimensionamento dos estoques de segurança	18
TABELA II - Níveis de serviços dos componentes necessário para manter um nível de serviço global de 80%.....	19
TABELA III - Materiais existentes na empresa	29
TABELA IV - Nível dos produtos	32
TABELA V - Tempo de ocupação das máquinas	80
TABELA VI - Cálculo do tempo interoperações	83
TABELA VII - Tempo de deslocamento das operações	84
TABELA VIII - Programas mestre de produção	87
TABELA IX - Determinação do plano de produção para a demanda X=60 e Y=60	88
TABELA X - Determinação do plano de produção para a demanda X=100 e Y=100	89
TABELA XI - Determinação do plano de produção para a demanda X=140 e Y=140	90
TABELA XII - Liberação das ordens de fabricação por máquina	91
TABELA XIII - Cálculo do número de "kanbans"	104
TABELA XIV - Simulação dos painéis porta-kanban para a demanda X=60 e Y=60	107
TABELA XV - Simulação dos painéis porta-kanban para a demanda X=100 e Y=100	108
TABELA XVI - Simulação dos painéis porta-kanban para a demanda X=140 e Y=140	109
TABELA XVII- Sistemas adotados para diversas funções do controle de produção	122

1- INTRODUÇÃO

1.1 - Origem do Trabalho

A Produção é a fonte primária de toda a riqueza. Apesar da crescente participação do setor terciário no produto nacional bruto das economias desenvolvidas, a utilização dos serviços só tem razão de ser devido à existência de fontes produtoras. WIGHT¹ afirma que em comunidades onde a produção entra em colapso, rapidamente o setor terciário desaparece ou diminui em proporções alarmantes. Em recente artigo na revista "Business Week"² intitulado "Detroit South", é analisado o efeito do deslocamento das empresas automobilísticas para o México e seu impacto nas comunidades das quais se retiraram. São descritos alguns aspectos dramáticos deste deslocamento, sendo descrito especialmente o caso da cidade de Owosso no estado de Michigan onde todas as empresas de serviços logo entraram em colapso após o fechamento das indústrias de autopeças que predominavam na região. A produção, representada pelas fábricas, pelas fazendas, pela construção civil e pela mineração é sem dúvida a fonte fundamental de geração da riqueza. A análise da distribuição da riqueza no mundo mostra que os países que assumiram a liderança da produção, rapidamente assumiram a liderança nos outros setores da atividade econômica.

A utilização inadequada de técnicas de planejamento industrial pode gerar importantes impactos macroeconômicos. BURLINGNAME³, ex-presidente da APICS

¹ WIGHT, Oliver W. *Manufacturing Resource Planning: MRP II - Unlocking America's Productivity Potential*, Brattleboro, Vermont, USA, The Book Press, 1984

² Revista Business Week. *Detroit South*. 16.03.92, p 16-22

³ BURLINGNAME, L.J. *American Production and Inventory Control Society Conference*, 1979

("American Production and Inventory Control Society"), em conferência realizada naquela associação, fez a seguinte observação: *"No mundo ocidental nós criamos estoques através de horas extras e nos desfazemos através da demissão de operários"*.

A constatação de que estamos atravessando um período no qual a riqueza, e conseqüentemente o poder está sofrendo um novo deslocamento, com a emergência cada vez maior do Japão e dos chamados Tigres Asiáticos, compostos por Coréia, Hong Kong, Taiwan e Singapura, e que este deslocamento esta se processando novamente através do deslocamento da produção, reforça as afirmativas anteriores.

Estes fatos por si só já são motivadores de pesquisa no campo de Administração de Produção.

Tradicionalmente a abordagem acadêmica dada aos problemas de Administração da Produção contempla o estudo de tempos e movimentos, a localização de unidades produtoras, o estudo dos "layouts" de fabricação e as teorias sobre planejamento e controle da produção.

Com o desenvolvimento da informática, começaram a aparecer algumas soluções novas que apresentam diferenças significativas de abordagem para os problemas de produção. Um enfoque interessante é o preconizado pela metodologia MRPII "Manufacturing Resource Planning" cujos conceitos já existiam latentes nos sistemas produtivos e, a partir da década de 70, começaram rapidamente a ser difundidos entre as empresas industriais. Estes conceitos via de regra foram desenvolvidos nas comunidades industriais e só posteriormente começaram a interessar os meios acadêmicos. De acordo com FENSTERSEIFER e BASTOS ⁴, *"A exemplo do que ocorrera nos Estados Unidos, também aqui no Brasil o meio acadêmico não esteve à frente deste processo. O interesse acadêmico pelo MRPII foi posterior às primeiras implantações e posterior também aos trabalhos de divulgação através de seminários e conferências."*

⁴ FENSTERSEIFER, Jaime Ewaldo & BASTOS, Ricardo Mello. *A implantação de sistemas MRPII nas grandes empresas industriais*. mimeo

A crescente participação japonesa na produção mundial gerou grande interesse tanto na comunidade industrial quanto na comunidade acadêmica sobre os métodos de produção adotados naquele país. Segundo WIGHT ⁵, *"enquanto a produtividade nos Estados Unidos cresceu 23,6 % no período compreendido entre 1968 e 1978, no Japão houve um acréscimo de 89,1 %"*. Talvez um dos assuntos sobre o qual mais se tenha escrito ultimamente na área de Administração da Produção diga respeito às filosofias de Administração da Produção japonesas dentro do conceito "Just-in-Time". Esta abordagem exige uma série de transformações na estrutura da produção, o que segundo ANTUNES, KLIEMANN e FENSTERSEIFER ⁶, *"A nível de Administração da Produção, implica na radical transformação das fábricas tradicionais, dado que estas precisam sempre se definir entre os ganhos de escala responsáveis pela redução de custos de produção com conseqüente estreitamento da linha de produtos, ou por uma maior diversificação que acarreta uma elevação dos custos de produção em virtude de fatores de complexidade que aparecem, tais como: troca de ferramentas, movimentação de materiais, elevação dos custos indiretos com manutenção etc."*.

Uma das técnicas mais utilizadas pela filosofia "Just-in-Time" para o controle e a movimentação dos estoques e a liberação de ordens de fabricação é o "kanban".

Outras técnicas de controle de produção tem surgido recentemente. Entre estas, apresenta especial interesse pelo enfoque totalmente novo dado ao conceito de produtividade, a metodologia "OPT (Optimized Production Technology)" desenvolvida

⁵ WIGHT, Oliver W. "op. cit." p. 4

⁶ ANTUNES JR., José A. V.; KLIEMANN, Francisco J. e FENSTERSEIFER, Jaime E. *Considerações críticas sobre a evolução das filosofias de administração da produção: do "Just-in-Case" ao "Just-in-Time"*. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, FGV, n 29(3): 49-64, jul/set 1989

por GOLDRATT e COX ⁷. A técnica apresenta uma série de conceitos interessantes que levam a repensar muitos princípios normalmente não contestados.

A literatura existente muitas vezes extrapola os conceitos existentes no MRPII, "kanban" e OPT, e apresenta comparações favoráveis a uma ou outra metodologia, onde se percebe nitidamente a presença de interesses comerciais. Apenas para exemplificar, FULLMANN et alii ⁸ apresentam um quadro comparativo onde afirmam que: "...os inventários são considerados uma vantagem no MRPII, um mal nos sistemas que utilizam "KANBAN" e um dreno na posição competitiva no OPT". Além disso, afirma que "Os estoques em processo são grandes em todos os lugares no MRPII, pequenos em todos os lugares no "KANBAN" e existentes apenas nos pontos críticos para proteger vendas no OPT." Uma análise mais aprofundada dos princípios envolvidos nestas metodologias no entanto mostra que todas visam a diminuição dos estoques e a virtual eliminação dos estoques ociosos. WIGHT ⁹ analisando o efeito do MRPII sobre os estoques em processo afirma: "Com o sistema formal de planejamento e controle das capacidades podem ser obtidos níveis de estoque em processamento significativamente menores do que com os sistemas informais". A lógica do sistema MRPII conduz, no limite, a estoques praticamente iguais a zero. Por outro lado, MOURA ¹⁰ afirma: "Deve existir pelo menos um "contenedor" de cada peça, em cada operação que possui

⁷ GOLDRATT, Eliyhau e COX, Jeff. *A Meta - A Administração dos Gargalos de Produção*. São Paulo, IMAM, 1989

⁸ FULLMANN, C. et alii. *MRPII, MRPII, MRP III, OPT, GDR*. São Paulo, IMAM, 1989

⁹ WIGHT, Oliver W. *op. cit.*

¹⁰ MOURA, Reinaldo A. *KANBAN - A simplicidade do Controle da Produção*. São Paulo, IMAM, 1989

supermercado"¹¹. Qual das metodologias então nos conduz a estoques em processamento menores?

As variáveis que afetam a Administração da Empresa em geral e a Administração da Produção em particular são muitas e se alteram de forma dinâmica. STALK, EVANS e SHULMAN¹² afirmam que "*A competição esta se tornando cada vez menos semelhante a um jogo de xadrez, onde são usadas estratégias de posição, e cada vez mais semelhante a um "vídeo game" interativo, onde são necessárias estratégias de movimento*". As metodologias utilizadas para a Administração e Controle da Produção devem se adequar ao ambiente competitivo no qual a empresa está inserida. Alguns aspectos importantes para a definição dos métodos de controle de produção são originados dos seguintes fatores:

- 1 - Natureza da demanda
- 2 - Características dos Produtos/Processos
- 3 - Fontes de Suprimento existentes para o segmento
- 4 - Nível tecnológico dos equipamentos existentes na estrutura produtiva
- 5 - Estágio de organização da produção no qual a empresa se encontra.

A análise dos impactos de cada um dos aspectos referidos sobre a produção, que permita auxiliar na escolha de uma estratégia adequada para sua administração, constitui-se no motivador do presente trabalho

¹¹ Dentro do sistema de produção com cartões Kanban, um centro de fabricação só inicia a fabricação de uma peça quando existe uma solicitação da operação posterior. Esta solicitação é representada por um cartão Kanban. As peças produzidas pelo centro de fabricação após completadas são colocadas em uma área da fábrica que normalmente é chamada de "SUPERMERCADO". Nesta área é que são buscadas as peças necessárias para as operações posteriores.

¹² STALK, George, EVANS, Philip e SHULMAN, Lawrence E. *Competing on capabilities: The new rules of corporate strategy*. Harvard Business Review, Boston, n.70(2): 57-69, March-April 1992

A análise da aplicabilidade das técnicas MRPII, "kanban" e OPT a um sistema produtivo levando em conta todos os fatores que influenciam sua utilização é uma tarefa gigantesca. Com a finalidade de analisar a aplicabilidade das metodologias diante de um conjunto significativo de fatores foram escolhidos estes 5, em detrimento de outros que podem ser igualmente importantes. Os motivos que conduziram à seleção destes fatores foram os seguintes:

A utilização de "kanban" implica na existência de peças em um supermercado após cada operação. O que acontece se a demanda apresentar variações significativas entre períodos subseqüentes? O sistema responde satisfatoriamente?

Empresas onde é possível se montar linha de produção apresentam um quadro totalmente diferente de empresas de produção sob encomenda. Que metodologia é mais adequada a cada tipo de produto/processo?

A utilização de "kanban" como forma de operacionalização os pedidos de compras, implica na existência de fontes de suprimento que permitam fornecimento "Just-in-Time". Dependendo da estrutura de cada fonte de suprimento quais as metodologias mais adequadas?

A utilização de "kanban" visa minimizar os estoques em processamento e praticamente eliminar a necessidade de Planejamento das Operações. Equipamentos tecnologicamente obsoletos, devido a problemas de falta de recursos financeiros, muitas vezes continuam a ser utilizados. Qual o impacto dos equipamentos que possuem altos tempos de "set-up" sobre as Metodologias de Planejamento e Controle de Produção?

A utilização de MRPII implica na implantação em computador das listas de materiais, das estruturas de fabricação e de outras documentos muitas vezes inexistentes nas fábricas de pequeno porte. O que pode ser feito nestas empresas onde a criação de documentos de produção pode representar esforços muito elevados?

KARMARKAR ¹³ procura avaliar algumas destas características, dando ênfase maior ao tipo de produção. Erros freqüentes na escolha das metodologias adequadas ao ambiente no qual a empresa está inserida, têm gerado desperdícios de importantes recursos.

ANTUNES, KLIEMANN e FENSTERSEIFER ¹⁴ concluem que "*É necessário que se analisem mais detalhadamente as grandes filosofias de gestão industrial (JIC e JIT), visando adequá-las o mais convenientemente possível a realidade das empresas brasileiras, caracterizadas pelas existência de parques recursos computacionais (o que torna difícil a aplicação de técnicas como o MRPII), e por uma mão de obra pouco qualificada (o que torna difícil a implantação do JIT)*".

1.2 - Objetivos do Trabalho

Qualquer Administrador da Produção que receba a tarefa de escolher uma metodologia entre MRPII, "kanban" e OPT, ou, um pesquisador preocupado em apresentar um plano para a melhora do resultado global de uma empresa de manufatura, dificilmente encontrará suporte na literatura, que contextualize e analise comparativamente as metodologias aqui discutidas, principalmente considerando os aspectos avaliados no presente trabalho. NEWMANN e SRIDHARAN ¹⁵ "*Historicamente, a seleção de métodos de controle de produção, tem sido influenciada mais pelos mais recentes desenvolvimentos de sistemas, pelo conhecimento interno existente e pelas limitações dos sistemas de informações existentes do que pelas*

¹³ KARMARKAR, Uday. *Getting control of Just-in-Time*. Harvard Business Review, Boston, 67(5): 122-131, Sep-Oct 1989

¹⁴ ANTUNES, José A. V., KLIEMANN, Francisco J. e FENSTERSEIFER, Jaime E. *op.cit* p. 64

¹⁵ NEWMANN, William e SRIDHARAN, V, *Manufacturing planning and control: Is there one definitive answer?*. Production and Inventory Management Journal, Falls Church, n. (33) 1, 1992

variáveis ambientais enfrentadas pela empresa. Apesar de existir um claro entendimento da mecânica e dos benefícios destes sistemas, e de existirem abundantes estudos de casos e testemunhos, muito pouco é conhecido sobre as relações destes sistemas e o ambiente estratégico encontrado pelas empresas, e sobre o seu desempenho em proporcionar vantagem competitiva e em custos."

O objetivo do presente trabalho, é analisar cada técnica comparativamente às demais levando em conta os seguintes fatores:

- 1 - Natureza da demanda
- 2 - Características dos Produtos/Processos
- 3 - Fontes de Suprimento
- 4 - Nível tecnológico dos equipamentos existentes
- 5 - Estágio da Organização da Produção

1.3 - Material e métodos

Segundo LAKATOS e MARCONI ¹⁶, dissertação é *"um estudo teórico, de natureza reflexiva, que consiste na ordenação de idéias sobre determinado tema (Salvador, 1980:35), aplicação de uma teoria já existente para analisar determinado problema (Rehfeld, 1980:62) ou trabalho feito nos moldes de tese, com a peculiaridade de ser ainda uma tese inicial ou em miniatura (Salomon, 1972:22). A dissertação é, portanto, um tipo de trabalho científico apresentado ao final do curso de pós-graduação, visando obter o título de mestre. ..Para Salomon(1972:224), há dois tipos de dissertação: a) Dissertação monográfica ou tratamento escrito de assunto específico,*

¹⁶ LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Marina de Andrade, *Metodologia do Trabalho Científico*. 4. ed. São Paulo, Atlas, 1992

com metodologia adequada e de caráter eminentemente didático; b) Dissertação científica, ou tratamento escrito, original de assunto específico, com metodologia própria que resulte de pesquisa pura ou aplicada. Para Salvador (1980:35), a dissertação pode ser: a) Expositiva. Quando reúne e relaciona material obtido de diferentes fontes, expondo o assunto com fidedignidade e demonstrando habilidade não só de levantamento, mas também de organização. b) Argumentativa. Quando requer interpretação das idéias apresentadas e o posicionamento do pesquisador"

O presente trabalho, enquadra-se na definição de Salvador, ou seja é um estudo teórico, de natureza reflexiva. Enquadra-se como uma dissertação monográfica, sendo expositiva e argumentativa. Para sua elaboração foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica, foram avaliados diversos "softwares" de MRPII, foram verificadas metodologias utilizadas em diversas empresas e foram elaborados programas de computador para simulação de situações

- Pesquisa bibliográfica

Efetuuou-se uma pesquisa bibliográfica sobre os temas MRPII, "Just-in-Time" e OPT, além de uma revisão dos textos de Administração da Produção tradicionais. Boa parte das fontes utilizadas na pesquisa bibliográfica constituíram-se de artigos publicados em revistas técnicas ¹⁷. A literatura encontrada sobre OPT não foi muito significativa. A maioria das informações apresentadas são baseadas nos livros escritos pelo seu criador,

¹⁷ As principais revistas pesquisadas foram : "Academy of Management Review", "Business Week", "Fortune", "Harvard Business Review", "Interfaces", "International Journal of Production Planning & Control", "Production and Inventory Management Journal", "Revista de Administração de Empresas da FGV", "Revista de Administração da USP", "Revista Exame", "Sloan Management Review",

pela conferência apresentada por Goldratt em 1988 em Londres e pelas edições do "The Theory of Constraints Journal " 18 e em artigos de revistas.

-Avaliação de "Softwares" de MRPII

Para se obter uma avaliação mais prática sobre o MRPII foram analisados os "softwares" de Controle de Produção a que o autor teve acesso. Estas avaliações foram efetuadas através de simulações de situações em computador, através de participação em palestras e através da participação em demonstrações. Particularmente o autor teve oportunidade de realizar diversas simulações com os "softwares" "MAC-PAC" 19, "COPICS" 20 "MAPICS" 21 e "SYMIX" 22, procurando avaliar sua funcionalidade e os conceitos que possuem incorporados. Foram assistidas palestras a respeito de outros

18 "The Theory of Constraints Journal" é uma publicação periódica escrita exclusivamente pelo Dr. Eliyahu M. Goldratt

19 MAC-PAC é um software para controle de produção desenvolvido pela Arthur Andersen Co. de Chicago que é apresentado como uma solução para a automação de manufatura, englobando conceitos de MRPII e possuindo técnicas que geram cartões "kanban" dinâmicos.

20 COPICS é a abreviatura de Communications Oriented Production Information and Control System. É o software comercializado pela IBM mundialmente para solução dos problemas de manufatura. Utiliza totalmente os conceitos de MRPII

21 MAPICS é a marca de um software produzido pela IBM para computadores de médio porte.

22 SYMIX é um software de Planejamento e Controle de Produção desenvolvido para computadores com sistema operacional UNIX e para redes de microcomputadores. Utiliza o sistema de Banco de Dados e a linguagem de acesso aos dados PROGRESS.

“softwares” principalmente o "BPCS" ²³ e "IMS-TD" ²⁴ e encontrado informações na literatura sobre o TRITON ²⁵

-Verificação das metodologias utilizadas em diversas empresas.

Durante o período de elaboração do presente trabalho o autor teve oportunidade de ministrar diversos cursos de pós-graduação cujo público era constituído basicamente por gerentes de produção, engenheiros de produção e pessoal de controle de qualidade de empresas conceituadas. Estas empresas situavam-se nas cidades da grande Porto Alegre-RS, na região de Caxias do Sul-RS, na região de Chapecó-SC, onde foi possível verificar alguns fatos interessantes sobre empresas ligadas a industrialização de aves e suínos, na região de Criciúma-SC, onde se obtiveram valiosas observações sobre a indústria de cerâmica, e no vale do Itajai-SC, onde foram obtidas informações sobre a indústria têxtil e sobre a indústria pesqueira. Além disso foram realizadas visitas a diversas empresas de ramos variados, entre eles: massas e biscoitos, termostatos, ferramentas, máquinas operatrizes, máquinas agrícolas, produtos químicos, etc.

Estas visitas serviram para verificar na prática algumas das idéias que foram surgindo durante a elaboração do trabalho.

- Elaboração de programas de computador para a simulação de situações.

Particularmente o capítulo sobre análise dos impactos da variação da demanda sobre as metodologias MRPII e "kanban" necessitaram que fossem elaborados programas

²³ BPCS é um software desenvolvido pela System Software Association que incorpora os conceitos de MRPII.

²⁴ IMS-TD é a sigla de Industrial Management System- Transaction Drive, software incorpora os conceitos de MRPII e utiliza computadores ABC BULL

²⁵ TRITON é um software desenvolvido na Holanda pela Baan International BV e liberado no início de 1990. No Rio Grande do Sul está sendo implantado na COEMSA e na APREL. Apresenta como diferencial em relação aos demais produtos o fato de possuir módulos independentes para tratar a produção para estoque, produção sob encomenda e montagem sob encomenda.

de computador que tornassem possível as avaliações. Para a simulação do uso de cartões "kanban" foi elaborado um modelo de simulação utilizando a linguagem Pascal ²⁶ onde foram utilizados os princípios básicos apresentados por LAW e KELTON ²⁷. Para finalidade do estudo, as distribuições utilizadas não foram estatísticas, uma vez que o objetivo era simplesmente verificar a resposta do sistema às variações da demanda. Para a determinação dos impactos sobre o MRPII foi desenvolvido um programa utilizando a planilha de cálculo Excell for Windows ²⁸

Durante o trabalho de pesquisa bibliográfica foi surpreendente a constatação do pouco rigor científico que existe a respeito dos conceitos utilizados nos sistemas de controle de produção. KARMARKAR, LEDERER e ZIMMERMAN ²⁹ chegam a afirmar: "*Pouco é conhecido sobre os determinantes de escolha de sistemas de contabilidade de custos e sistemas de controle de produção. ... A literatura não avançou além de tautologias genéricas*". BURBIDGE ³⁰ afirma que "*Uma das deficiências da ciência da Administração da Produção, é que ela falhou ao não conseguir criar leis, ou como Popper preferiria, "hipóteses", como guias para ações futuras.*"

A maioria das informações existentes na literatura são de natureza descritiva sem apresentar evidências empíricas dos fatos que estão sendo explicados. A exceção é a literatura japonesa que, mesmo sendo descritiva, está repleta de exemplos sobre os fatos

²⁶ PASCAL é uma linguagem de programação bastante utilizada para modelos de simulação em computadores. A versão utilizada foi a linguagem Turbopascal de propriedade da Borland.

²⁷ LAW, Averill M. e KELTON, David K. *Simulation modeling and analysis*. New York, Mc Graw Hill Book Company, 1982

²⁸ EXCELL FOR WINDOWS é uma planilha de cálculo de propriedade da MICROSOFT

²⁹ KARMARKAR, Uday S., LEDERER, Phillip J. e ZIMMERMAN, Jerold L. *Choosing Manufacturing Production Control and Cost Accounting Systems* in *Measures for Manufacturing Excellence*. Boston, Harvard Business School Press, 1990

³⁰ BURBIDGE, John L., *Production Control: a Universal Conceptual Framework*, International Journal of Production Planning & Control, London, n.1(1): 16, jan-march 1990

analisados. Desta forma optou-se por um trabalho descritivo onde são avaliadas as implicações de cada sistema de administração da produção diante dos fatores analisados.

1.4 - Contribuições Esperadas

A experiência Brasileira na implantação de métodos modernos de produção não pode ser considerada um sucesso. São comuns casos de empresas que iniciaram implantações de MRPII e após exaustivos e custosos trabalhos, verificaram que esta metodologia não era solução para o seu caso e a abandonaram. A experiência internacional não parece ter sido diferente: MILLER e SPRAGUE ³¹ relatam o caso de uma empresa que obteve os benefícios da utilização do MRPII após mais de 5 anos de implantação que ora era incentivada ora era desacelerada.

Da mesma forma, outras empresas encantaram-se com as facilidades do "kanban" para depois verificarem que seus processos e seus fornecedores não eram compatíveis com esta metodologia.

Dentro deste contexto, este trabalho assume importância na medida em que analisa as características de cada método diante dos aspectos selecionados.

Sendo uma abordagem integrada e comparativa, e levando-se em conta que os fatores analisados não são estáticos, mas dinâmicos, o trabalho poderá servir como um quadro de referência para posteriores criações de estratégias evolutivas que tracem um plano de abordagem para os níveis atuais de demanda, produto, estrutura organizacional, nível tecnológico e fontes de suprimento, e os níveis projetados para os mesmos componentes no futuro.

³¹ MILLER, Jeffrey G. and SPRAGUE, Linda G. *Behind the growth in Materials Requirements Planning*. Harvard Business Review, Boston, n. 51(5), sep-oct 1975

1.5 - Estrutura do Relatório

O relatório de dissertação está composto por 9 capítulos, assim distribuídos:

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

- Visa definir as origens e os objetivos da dissertação, bem como definir as contribuições esperadas e a metodologia utilizada.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO SUMÁRIA DOS CONCEITOS DE MRPII, "KANBAN" E OPT

- Visa situar o leitor não familiarizado com estas metodologias nos princípios que as regem, e fornecer indicações bibliográficas, para aqueles em que o trabalho motive o interesse no aprofundamento destas metodologias de controle de produção.

CAPÍTULO 3 - O IMPACTO DA NATUREZA DA DEMANDA SOBRE AS METODOLOGIAS DE PRODUÇÃO

- Visa avaliar a forma como o planejamento da produção, executado de acordo com cada uma das metodologias reage ao impacto das variações de demanda. Além disso, visa fornecer subsídios, que permitam a escolha de uma estratégia lógica de produção, com a consciência das limitações que as variações de demanda impõem às metodologias.

CAPÍTULO 4 - O MRPII, "KANBAN" E OPT E AS CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS E PROCESSOS.

- Procura detectar características dos produtos e dos processos que possam recomendar a adoção de uma metodologia específica de controle de produção.

CAPÍTULO 5 - OS EFEITOS DAS FONTES DE SUPRIMENTO NAS METODOLOGIAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO.

- Avalia os efeitos originados das diferentes estruturas de distribuição dos insumos e das diferentes situações de competitividade dos fornecedores da empresa.

CAPÍTULO 6 - O EFEITO DO NÍVEL TECNOLÓGICO DOS EQUIPAMENTOS SOBRE OS MÉTODOS DE CONTROLE DE PRODUÇÃO

-Analisa o impacto do nível tecnológico dos equipamentos sobre as metodologias de Controle da Produção.

CAPÍTULO 7 - OS ESTÁGIOS DE ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E AS METODOLOGIAS DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

- Relaciona o esforço necessário para a implantação de cada metodologia em face do estado atual de organização da empresa.

CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

-Traça um quadro onde são comparadas as diversas metodologias com relação ao conjunto de fatores analisados no decorrer do trabalho. Além disso são apresentadas sugestões de áreas que necessitam, no juízo do autor, complementação de pesquisas.

2- REVISÃO DOS CONCEITOS DE MRPII, KANBAN E OPT

2.1 - O MRPII , Manufacturing Resource Planning.³²

2.1.1 Introdução

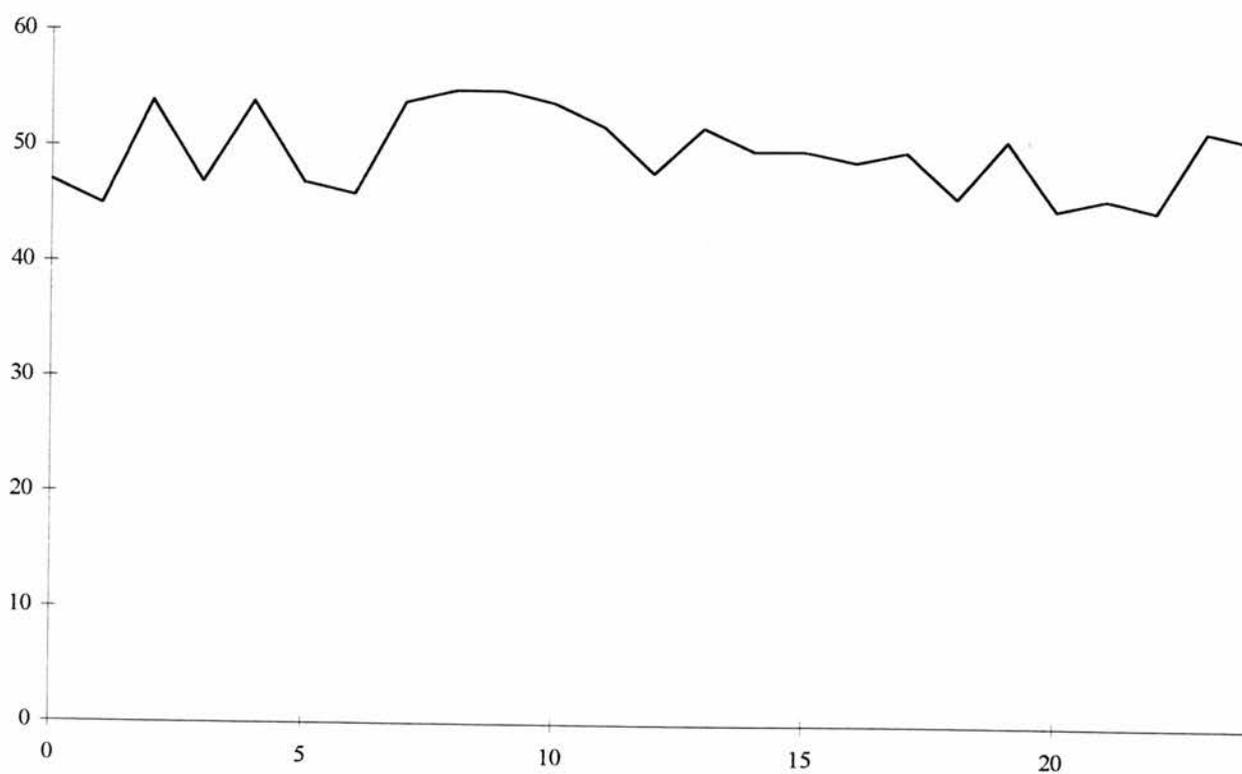
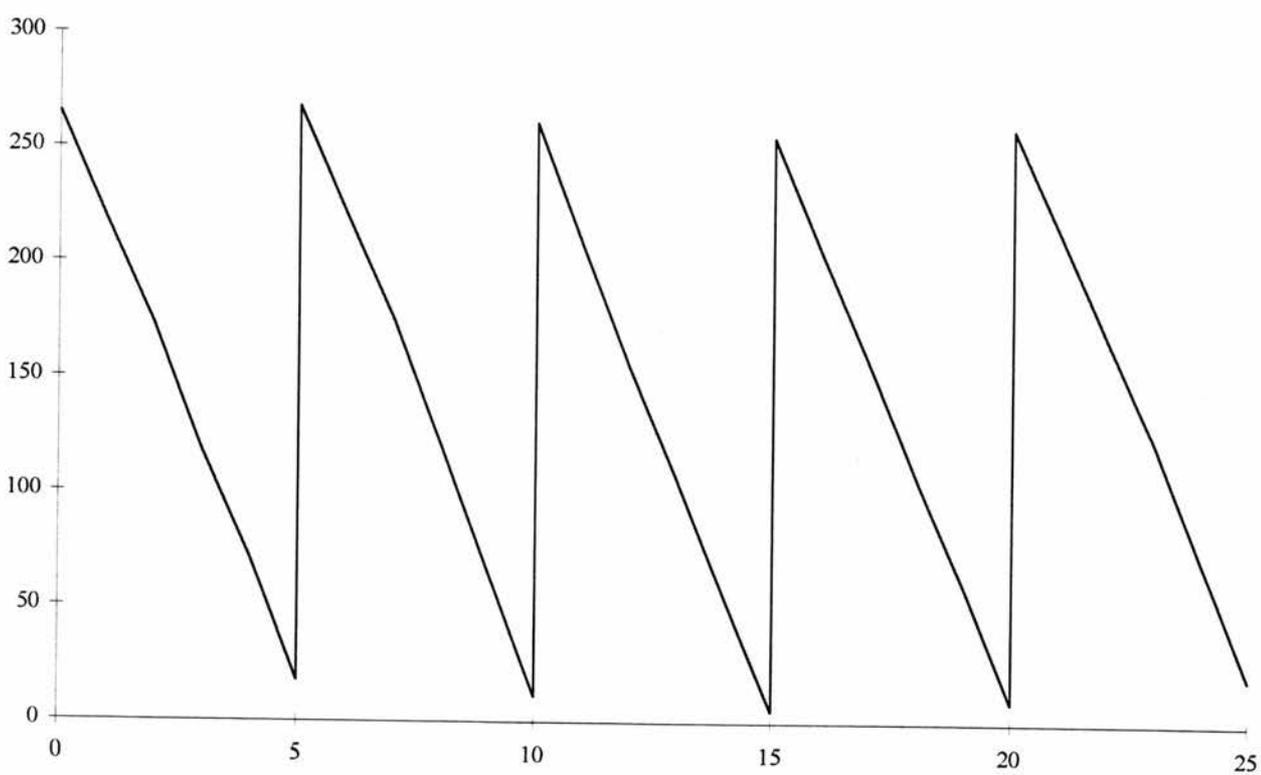
Até meados da década de 70, os processos de Planejamento e Controle de Produção utilizavam as mesmas técnicas para produtos acabados e para seus componentes, não levando em conta o correlacionamento dos itens de fabricação. Cada item de fabricação era administrado de forma independente. A metodologia mais utilizada baseava-se na determinação dos lotes econômicos e do ponto de pedido. O Lote econômico havia sido desenvolvido por HARRIS ³³ e as definições de ponto pedido por WILSON ³⁴. Dentro desta metodologia, a cada vez que determinado componente atingisse o ponto de pedido, deveria ser fabricado um lote econômico. A definição dos lotes econômicos leva em consideração um perfil de demanda semelhante ao apresentado na figura 1. Este perfil de demanda, que pode ser caracterizado como demanda estacionária, leva a um comportamento dos estoques como o da figura 2 que é o clássico modelo de "dente de serra".

Existem uma série de variações deste modelo, sendo as principais as que consideram a produção concomitante com o consumo. A principal suposição teórica em

³² para uma análise completa do método MRPII ver ORLICKY, J. *Materials Requirements Planning: The new way of life in production and inventory management*, New York, MacGraw-Hill, 1975

³³ HARRIS, W. *Operations and Cost (Factory Management Series)*. Chicago, A. W. Shaw Company, 1914

³⁴ WILSON, H. *A Scientific Routine for Stock Control*, Harvard Business Review, Boston, n.13(1), oct 1934

Figura 1 - Modelo de demanda utilizado na abordagem tradicional**Figura 2 - Comportamento dos estoques**

que se embasa o modelo de Ponto pedido/Lote econômico, é de que a demanda apresenta um comportamento estacionário, seguindo uma distribuição normal. Em alguns modelos, a esta distribuição estacionária é adicionado um fator de sazonalidade. O ponto pedido é então determinado em função do prazo de ressuprimento e dos estoques de segurança. Os estoques de segurança são função do desvio padrão da demanda. Utiliza-se o conceito de nível de serviço que representa o percentual de solicitações ao estoque que devem ser atendidas. Um nível de serviço de 90% significa que 90% das requisições serão atendidas.

A tabela I apresenta o número de desvios padrões que constituem o estoque de segurança para diversos níveis de serviço.

TABELA I - Nível de Serviço dos estoques e Dimensão do estoque de segurança	
Nível de Serviço	Estoque de segurança
80%	0,84 σ
85%	1,04 σ
90%	1,28 σ
95%	1,65 σ
99%	2,33 σ
σ = desvio padrão da demanda	

Este procedimento é adotado tanto para produtos acabados quanto para componentes e matérias primas. Para produtos complexos, a manutenção de níveis de

serviços condizentes implica em manter altos estoques de segurança. Para produzir o produto final, é necessário que existam todos os seus componentes. O nível de serviço global é calculado através da multiplicação dos níveis de serviço individuais. Aplica-se neste caso o conceito de independência de eventos. A tabela II apresenta os níveis de serviço dos componentes individuais para manter um nível de serviço global de 80%

TABELA II - Níveis de serviços dos componentes necessário para manter um nível de serviço global de 80%	
número de componentes	Nível de Serviço
5	95,64%
10	97,79%
20	98,89%
50	99,55%
100	99,78%

As variáveis que devem ser determinadas para a operação do modelo são as seguintes:

Demanda - função de análises históricas, do julgamento dos dirigentes, de fatores conjunturais etc.

Ponto de pedido - Função do consumo no período de ressuprimento e da taxa de produção e da variabilidade da demanda

Lote econômico - Função do balanço entre os custos de obtenção e dos custos de manutenção dos estoques.

Estoques de Segurança - Função na variabilidade da demanda dos diversos itens

A determinação destas variáveis normalmente é bastante complexa, uma vez que depende de fatores exógenos a empresa, (demanda, tempo de reposição de peças compradas, variabilidade da demanda etc.) e mesmo dependendo de fatores internos pode necessitar de fatores de difícil determinação. Muitos dos componentes utilizados na determinação dos lotes econômicos são constantes dentro de certos limites, variando em valores discretos ao transporem os limites. Custos que apresentam este comportamento são chamados, principalmente na literatura sobre administração financeira de custos semivariáveis ³⁵. Estes custos apresentam dificuldades adicionais para o cálculo do lote econômico. Exemplos de custos que apresentam este comportamento são o custo dos pedidos e os custos de preparação de máquinas. Alguns autores consideram toda a teoria de cálculo de lote econômico como falsa. Como exemplo BURBIDGE ³⁶ afirma que "*Há muitas razões porque a teoria do lote econômico é falsa. Primeiro, Harris afirmou que os custos podem ser divididos em custos de preparação e custos de manutenção, contudo, muitos custos são fixos em relação às variações do tamanho do lote. Segundo, um conjunto de sub otimizações para partes do sistema nunca representa ótimo global. Terceiro, há diferentes maneira com que os lotes são agrupados, por exemplo: quantidade de um pedido - é quantidade autorizada por um pedido, quantidade de uma corrida - é a quantidade efetuada como um lote em uma determinada operação, quantidade entre preparações (set-up) - é a quantidade não forçosamente da mesma peça produzida antes de trocar a ferramenta etc.*"

³⁵sobre conceito ver GITMAN, L.J. *Princípios de administração financeira*. 3.ed. São Paulo, Harbra, 1987

³⁶ BURBIDGE, J.L. *op. cit* p. 11

Dentro da abordagem tradicional, estas variáveis devem ser determinadas para todos os componentes da estrutura de fabricação. É portanto necessário que se estabeleçam políticas de administração, determinando estes parâmetros, tanto para os produtos acabados como para os componentes e matérias primas envolvidos na fabricação do produto.

Muitas vezes esta técnica ocasiona a fabricação de componentes desnecessários, acarretando investimentos volumosos em estoques, ao mesmo tempo em que componentes importantes deixam de ser fabricados, por falta de capacidade das máquinas, ou por inexistência da matéria prima necessária para a sua elaboração.

Como resposta a esse problema, aliado ao desenvolvimento dos computadores, surgiu no início da década de 70, a abordagem MRP (Materials Requirements Planning). Os primeiros modelos de MRP preocupavam-se exclusivamente em determinar as necessidades dos materiais, sem levar em consideração as outras restrições que existem em um sistema de fabricação, notadamente capacidade de máquinas e mão de obra. A evolução da metodologia gerou o MRPII (Manufacturing Resource Planning), no qual não só as restrições referentes aos materiais são levados em consideração, mas também restrições originadas de máquinas, mão de obra etc.

Os componentes fundamentais da metodologia MRPII são:

- Tratamento diferenciado para itens de demanda independente e itens de demanda dependente.

- Estruturação das listas de materiais

- Lógica de determinação das necessidades

- Administração das demandas de itens acabados

2.1.2 Demanda dependente e demanda independente

A abordagem MRPII reconhece dois grandes grupos de materiais dentro do sistema produtivo:

-Materiais com demanda independente

-Materiais com demanda dependente

Ao primeiro grupo pertencem todos os que têm sua demanda determinada pelo mercado. Os produtos acabados possuem demanda independente pois sua demanda é determinada por fatores externos a empresa. Da mesma forma, caso a empresa forneça ao mercado peças de reposição para os seus produtos acabados, a demanda destes produtos também é de natureza independente. A demanda independente não depende das ações internas da empresa. A única forma de influenciar seu comportamento, é através dos programas de "marketing". Alguns materiais que são utilizados de forma geral pela empresa, e que não podem ser considerados como participantes diretos da estrutura dos produtos acabados, também são administrados como materiais com demanda independente.

Enquadram-se na categoria de materiais com demanda dependente, todas as matérias primas, as peças compradas, os componentes e os subconjuntos fabricados para a montagem final. Desta forma, sua curva de comportamento da demanda não segue o modelo representado na figura 1. Somente existe demanda para um item de demanda dependente quando é necessária a fabricação dos itens com demanda independente. A demanda não é representada por uma função contínua, mas sim por uma função que tem valor zero em todos os pontos, menos no ponto em que é gerada a demanda dependente. A figura 3 ilustra o comportamento da demanda dos materiais com demanda dependente. No momento em que o produto que possui de demanda independente atinge seu estoque mínimo é gerada uma necessidade de produção. Esta necessidade de produção faz com seja necessário dispor-se do produto com demanda dependente. Apenas neste momento existe demanda dependente. Em todos os outros momentos a demanda é zero.

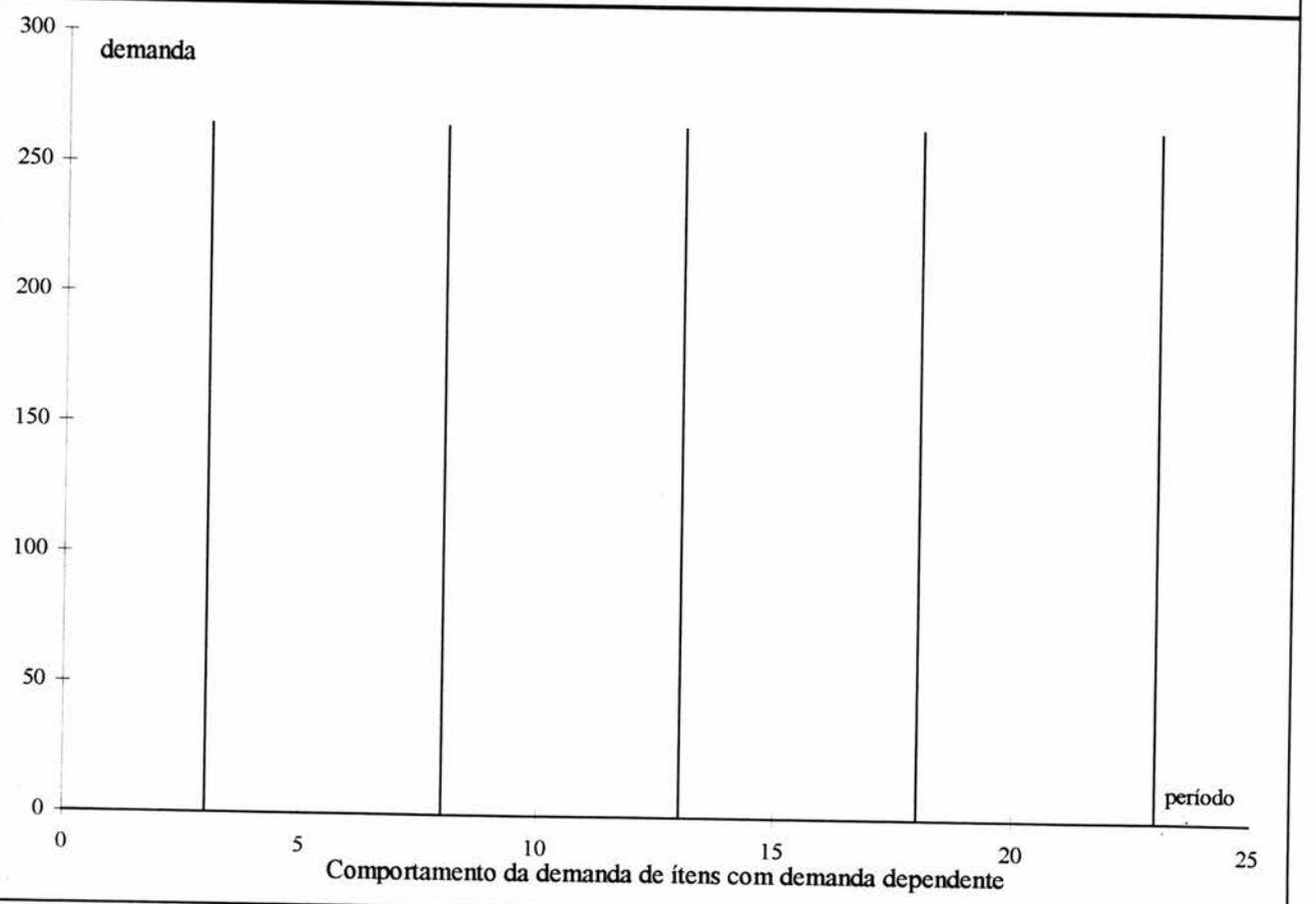
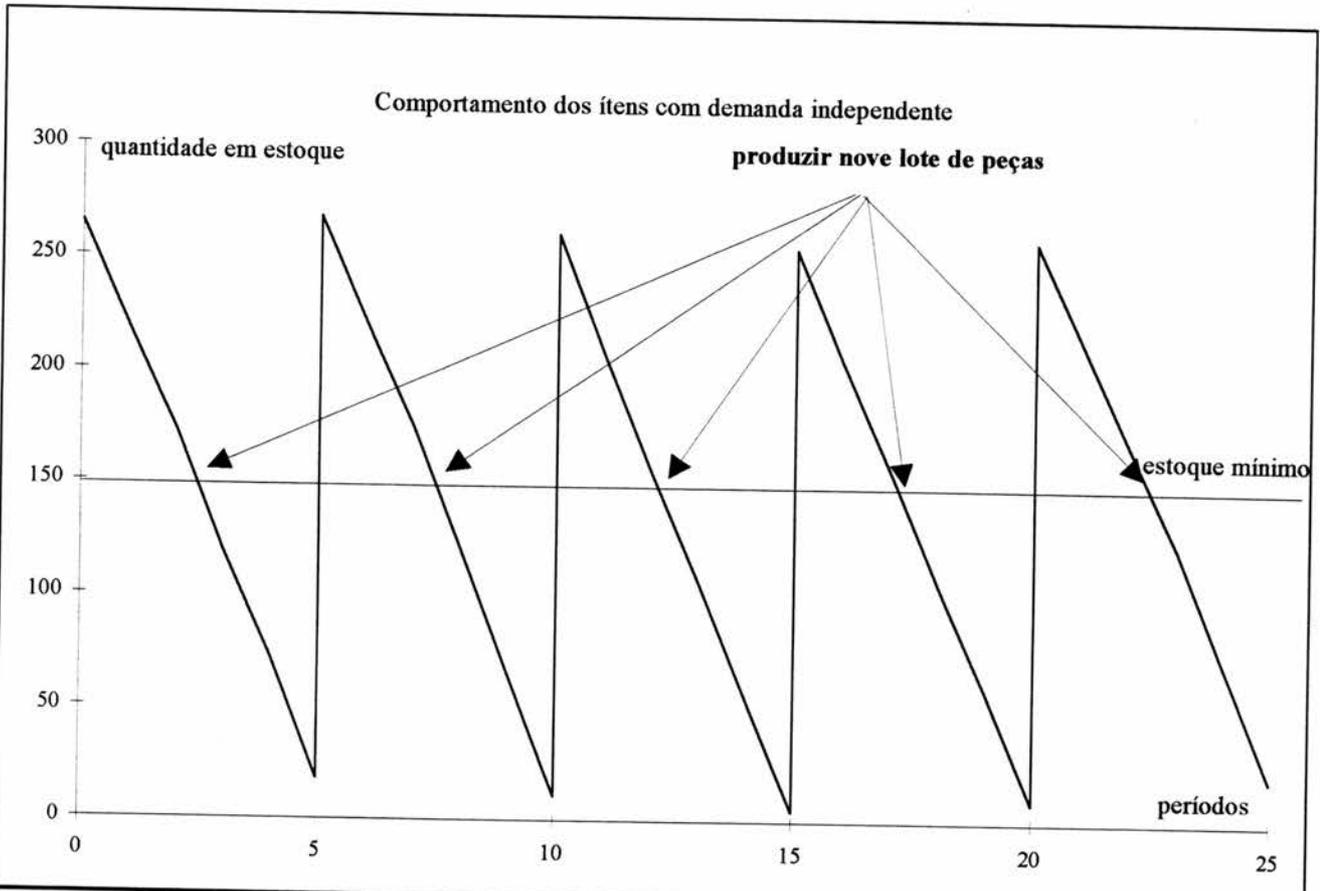


Figura 3 : Comportamento da demanda dos itens com demanda dependente

Administrar os itens de demanda dependente de acordo com a abordagem tradicional, leva a uma situação de estocagem semelhante a ilustrada na figura 4. O estoque do material com demanda dependente permanece no seu máximo até exista uma demanda, o que ocorre de forma descontínua. Desta forma, na maioria do tempo os estoques estarão no seu máximo, decrescendo apenas nos momentos de ocorrência da demanda dependente.

O MRPII surgiu como forma de tratar esta dicotomia, utilizando processos diferentes para administrar a demanda dependente e a demanda independente. Os produtos de demanda independente são administrados baseados em previsões de venda e em pedidos recebidos. Suas ordens de fabricação, continuam a utilizar o modelo de ponto pedido, lote econômico. Em relação a abordagem tradicional, diferencia-se na medida em que trata programa de vendas e não previsões constantes de vendas. A base para a administração dos itens com demanda independente é o programa mestre de fabricação que será abordado na seção 2.1.5.

A administração dos itens com demanda dependente, é abordada de forma a minimizar o valor investido em estoque, e tornar disponível os componentes e matérias primas necessários, no momento exato em que sua demanda ocorre. Para tanto os itens com demanda dependente são administrados de acordo com o modelo de estoques da figura 5

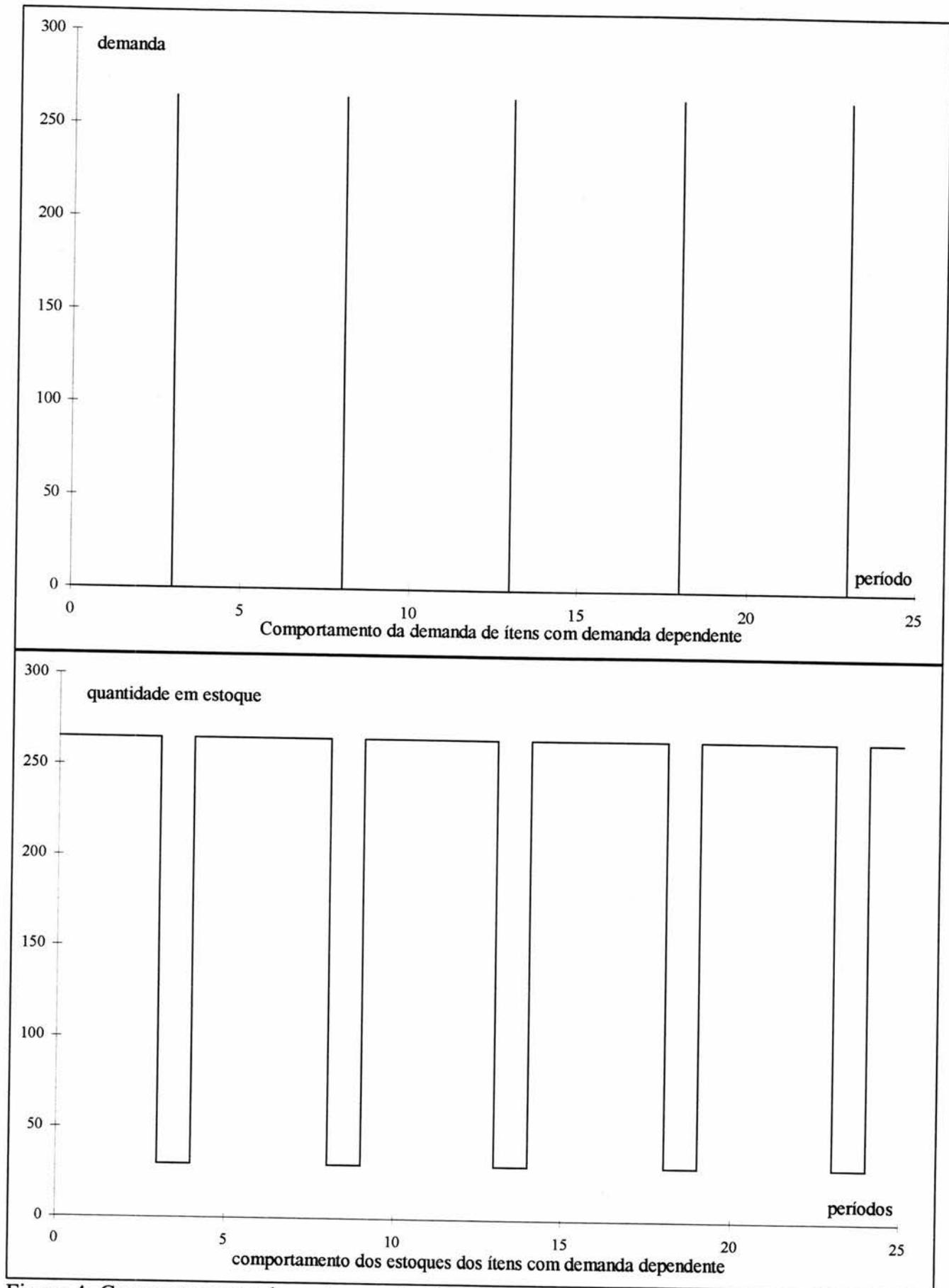


Figura 4: Comportamento dos estoques dos itens com demanda dependente se administrados de acordo com a abordagem tradicional

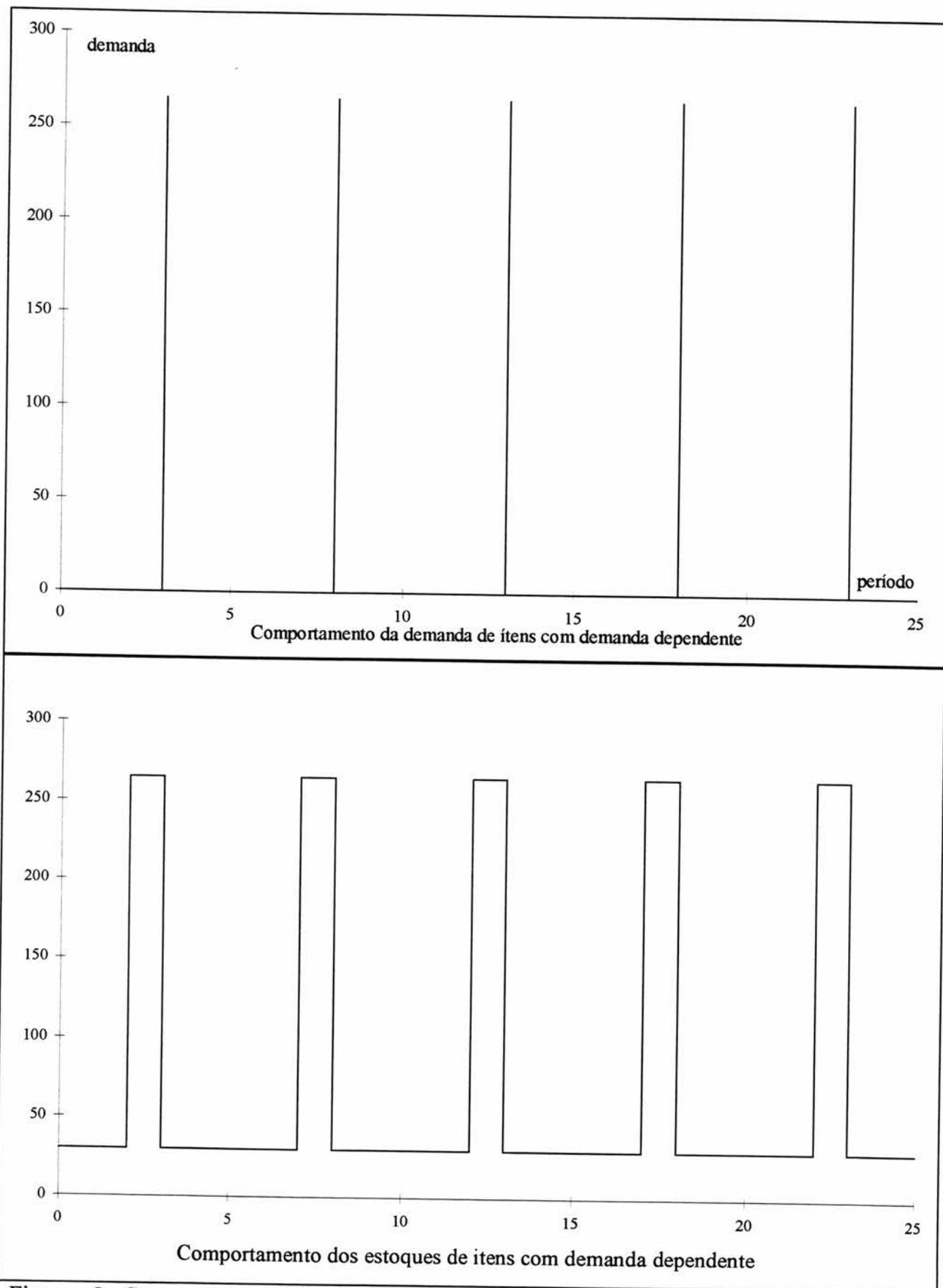


Figura 5 : Comportamento dos estoques dos itens com demanda dependente administrados de acordo com a metodologia MRP

Os conceitos utilizados pelo MRPII já existiam latentes nos sistemas de produção. O advento da abordagem estatística sepultou sua utilização até que fosse compreendido que esta abordagem não resolve satisfatoriamente o problema de demanda dependente. Além disso, a capacidade computacional necessária, não estava disponível a custos razoáveis. A evolução dos equipamentos de computação e a sua significativa redução de custo, viabilizaram a popularização dos sistemas MRPII. Segundo Miller e Sprague ³⁷ "MRPII é um novo nome aplicado a um conceito antigo, mas que tornou-se factível com as capacidades de processamento de dados existentes atualmente."

A lógica do MRPII baseia-se no fato de que a demanda de matérias primas, peças complementares e componentes dependem da demanda de um produto final e que o comportamento da demanda dos itens com demanda dependente é melhor representado pelas curvas da figura 3, do que pela tradicional figura do "dente de serra". A distinção entre itens de demanda dependente e independente é fundamental para a metodologia MRPII, na medida em que esta diferença explica o tratamento das ordens de fabricação, do comportamento dos estoques e em última análise a forma de condução de toda a política de planejamento e controle da produção ³⁸

2.1.3 As Listas de materiais

O relacionamento existente entre os itens de demanda independente e os itens de demanda dependente é representado pelas chamadas listas de materiais. Uma lista de materiais nada mais é do que uma estrutura em arborescência, onde estão relacionados todos os produtos e todos os seus componentes.. Para tornarem-se operacionais, estas listas devem ser implantadas em sistemas informatizados que permitam realizar as

³⁷ MILLER, Jeffrey G. e SPRAGUE, Linda G., *op.cit.* p. 85

³⁸ para uma análise mais profunda da relação existente entre itens de demanda dependente e independente ver ORLICKY, Joseph. *op cit.*

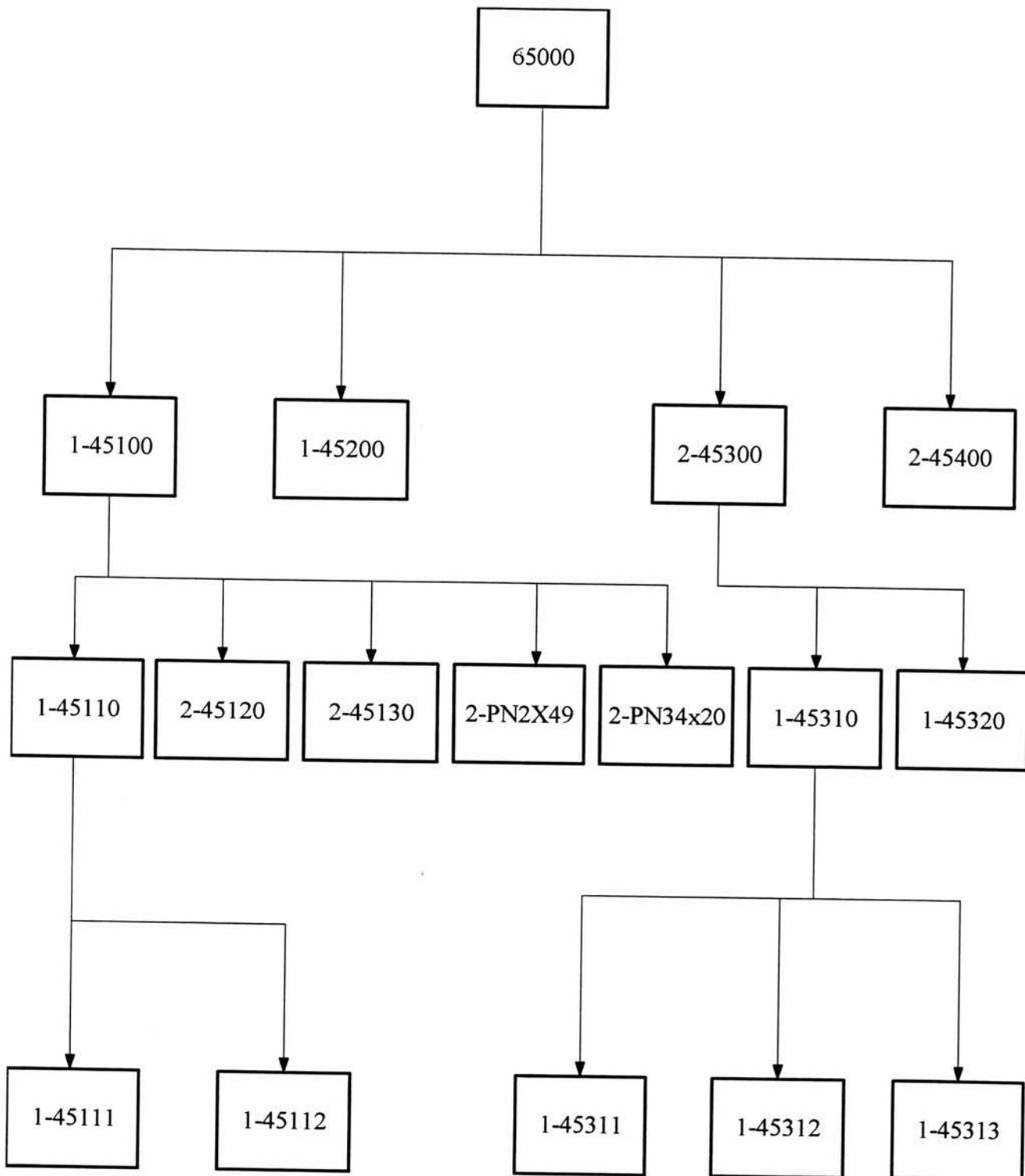
operações definidas pelo MRPII. Consideremos uma empresa que possua os materiais da tabela III a seguir.

TABELA III - Materiais existentes na empresa	
código do componente	descrição
45100	Conjunto Eixo e Suporte
45110	Conjunto Eixo
45111	Eixo
45112	Condutor do Peso
45120	Suporte para mola
45130	Pivô do Peso
45200	Arruela de Encosto
45300	Conjunto Peso Completo
45310	Conjunto do Peso
45311	Peso
45312	Bucha para Peso
45313	Pino de Guia
45320	Pino para Peso
45400	Mola

65000	Conjunto eixo completo de 6 cilindros
PN 2 x 49	Arruela Plana
PN 34 x 20	Rebite Tubular

As relações de dependência entre os componentes constam da figura 6 que representa graficamente a árvore do produto.

FIGURA 6 - Exemplo de lista de materiais



Existem algumas definições úteis nas listas de materiais. **Nível** de um componente é definido como a camada da estrutura na qual o item se encontra. No produto utilizado como exemplo os níveis constam da tabela IV

TABELA IV - Nível dos produtos	
Nível	Produtos
0	65000
1	45100-45200-45300-45400
2	45110 - 45120 - 45130 - PN 2x49 - PN 34x20 45310 - 45320
3	45111 - 45112 - 45311 - 45312 - 45313

Desta forma os produtos acabados são considerados como nível zero, uma vez que se encontram na camada inicial da estrutura do produto. Os subconjuntos e as peças compradas que entram diretamente nos produtos acabados são definidos como nível 1. Os subconjuntos e as peças que compõem a estrutura dos materiais de nível 1, são classificados como nível 2 e assim sucessivamente. Pela lógica de construção da lista de materiais, um mesmo item pode aparecer em diferentes níveis da estrutura do produto. Considera-se **código de nível mais baixo** (Low level code), o mais baixo nível da estrutura do produto, no qual o componente aparece .

Um item de nível zero é considerado como pai dos itens de nível 1 que o compõem. Desta forma, o item 65000 é pai dos itens 45100, 45200, 45300 e 45400. O

corolário é que os itens de nível 1 que fazem parte da estrutura de um mesmo item de nível zero são considerados filhos deste item.

Define-se **Explosão** como a operação que permite que, conhecendo-se um item pai se determine quais são os seus filhos. Caso a Explosão seja efetuada para apenas um nível, é chamada de **Explosão Simples**. As explosões que percorrem toda a estrutura da árvore do produto, apresentando todos os componentes que constituem o produto acabado, chamam-se **Explosões Escalonadas**. Define-se também **Explosão Sumarizada** como sendo a explosão que apresenta de forma cumulativa, todas as ocorrências dos itens filho, em qualquer ponto que estejam na lista de materiais

Da mesma forma define-se a operação de **Implosão**, como sendo a operação que permite que, ao se conhecer um componente, determinar todos os itens que são pais deste componente, em diversas estruturas. A implosão também pode ser simples, no qual aparecem apenas os itens na qual o produto entra diretamente, ou escalonada, quando apresenta toda a estrutura da qual o item implodido faz parte.

Independente dos benefícios para o controle do sistema produtivo, a simples existência de um sistema automatizado de implosões, permite que os diversos departamentos verifiquem de forma simples e rápida, o impacto da substituição de um componente no sistema produtivo, sendo uma valiosa ferramenta de auxílio para a Engenharia de Valor ³⁹.

Todos as peças que não possuem componentes, são comprados de fornecedores externos, ou de outras dependências da empresa que possuem planejamento independente. As demais peças e componentes são produzidos internamente. O

³⁹ A Engenharia de Valor é uma metodologia desenvolvida por Lawrence D. Miles e outros entre 1947 e 1952. Sua definição é: "Engenharia de Valor é a aplicação sistemática, consciente de um conjunto de técnicas, que identificam funções necessárias, estabelecem valores para as mesmas e desenvolvem alternativas para desempenhá-las ao mínimo custo.HELLER, Edward, "Value Engineering and Cost Reduction", Addison-Wesley, 1971

planejamento e o controle das peças sem componentes é objeto da administração de compras e de estoques de produtos comprados. Os demais itens fazem parte da administração da produção propriamente dita, e constituem os estoques intermediários e de material em processamento. O objetivo que o MRPII procura alcançar é tornar os estoques que não sejam de produtos acabados iguais a zero. Em princípio, admitida a relação de dependência entre os itens de demanda dependente e os itens de demanda independente, a determinação de sua demanda não incorpora novas incertezas, uma vez que a determinação de sua necessidades é obtida por enumeração. Desta forma é possível montar um sistema de controle de estoques no qual todos os itens estarão disponíveis somente no momento necessário. O problema originado por incertezas da demanda, deve ser resolvido através de estoques de segurança, alocados unicamente aos produtos acabados. Os estoques de segurança originados de incerteza no prazo de fornecimento, por outro lado, devem ser contornados através da aquisição dos produtos com um "tempo de segurança", o qual fará com que se recebam os produtos comprados com alguma antecedência em relação a sua real necessidade. Os únicos fatores de incerteza agregados pelos componentes dizem respeito ao percentual de refugos e as oscilações estatísticas nos tempos de produção. Estes fatores são tratados através da incorporação do tempo de fila e movimentação nos tempos de deslocamento e dos fatores de refugo na determinação das quantidades necessária, como se verá no item 3.2.

Se mudarmos a forma de apresentação da árvore dos produtos fazendo com que a estruturação em níveis não mais ocorra na vertical mas da esquerda para a direita, e fizermos com que os segmentos que separam cada componente sejam proporcionais aos tempos necessários para a obtenção dos componentes, a lista de materiais em sua forma gráfica passa a assemelhar-se a um gráfico de GANTT, como pode ser observado na figura 7

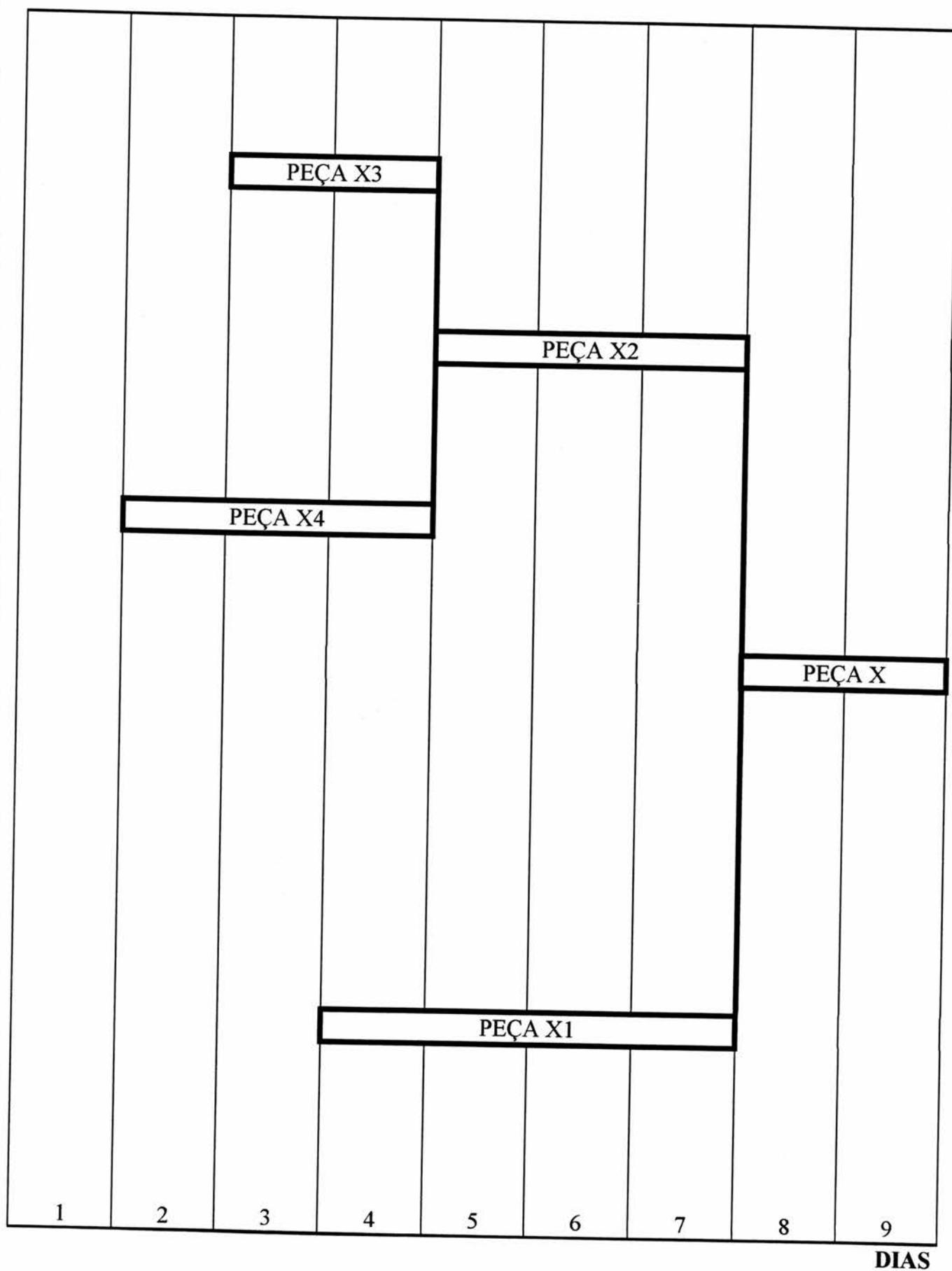


FIGURA 7 - Lista de materiais - analogia com um gráfico de Gantt9999

2.1.4 A lógica de determinação das necessidades

A representação gráfica das listas de materiais, desde que associados a elas os tempos necessários para a obtenção dos componentes, nada mais são do que gráficos de Gantt. É possível se determinar a necessidade de todos os componentes comprados e de todos os subconjuntos intermediários, de forma que estejam disponíveis exatamente no momento necessário apenas obedecendo-se os prazos constantes nestes gráficos de Gantt. Esta lógica baseia-se na operação de explosões simples. Uma vez que se esgote a explosão de um nível, podem ser realizadas subsequentelemente novas explosões simples dos itens intermediários, até que se alcance a totalidade dos itens. O resultado da operação é o **programa de produção e de compras**, onde são especificadas as quantidades, e as datas, nas quais os componentes e as matérias primas são necessários.

Os conceitos importantes para o entendimento da lógica de determinação de necessidades do MRPII são os seguintes:

Necessidade Bruta: é a quantidade total do componente, subconjunto ou matéria prima necessário para atender a programação de produtos acabados do período.

Necessidade Líquida : é a quantidade necessária para atender a programação da produção do produto acabado, deduzindo-se os estoques existentes e os pedidos a receber. É portanto a quantidade que precisa ser fabricada ou comprada no período em análise.

Deslocamento da necessidade (Time-phasing): é a operação de antecipar no tempo, a necessidade do componente ou matéria prima, de forma que esteja disponível no momento em que for utilizada.

Tempo de deslocamento: é o tempo que a necessidade deve ser deslocada. Na determinação deste tempo reside uma das maiores dificuldades do MRPII. Para se obter um determinado conjunto, é necessário que estejam disponíveis todos os subconjuntos e

componentes que o constituem, e que haja disponibilidade de tempo de máquina para sua elaboração. Para definir o tempo de deslocamento da necessidade devem ser analisados três componentes. Um deles é o tempo de operação, o qual normalmente consta dos roteiros de fabricação. Outro componente é o tempo de preparação, também normalmente constante dos roteiros de fabricação. O terceiro componente é o tempo interoperações, que aparece nos sistemas de manufatura devido ao fato de existirem competição pelos recursos de manufatura, que devem ser administradas. Este tempo deverá ser obtido através do cálculo da média de tempos interoperações verificados na prática para as células de fabricação, ou através da simulação das cargas originadas pelo programa de fabricação. Ambas as metodologias apresentam algumas dificuldades. Normalmente a empresa que está se engajando em um processo de implantação de MRPII, não possui as estatísticas necessárias para a definição do tempo interoperações. A obtenção deste tempo através de simulação requer uma minuciosa análise de todo o processo operacional da empresa.

A obtenção do programa das necessidades, utiliza estes três tempos para determinar a data em que os componentes deverão ser fabricados. O cálculo do tempo de deslocamento (Off-set) é obtido através da fórmula:

$$TD = T_p + T_{op} * QL + T_{iop}$$

onde TD = Tempo de deslocamento

T_p = Tempo de preparação QL = Número de peças componentes do lote.

T_{op} = Tempo de Operação por peça T_{iop} = Tempo interoperações

O Tempo interoperações, é função do tempo de movimentação e do tempo de fila, que aparecem no sistema produtivo devido ao fato das ordens de produção competirem

pelos recursos disponíveis. Uma forma de determinar este tempo será discutida no item 3.2

O MRPII não é um sistema de seqüenciamento das operações, portanto não fornecerá a ordem exata na qual as ordens de fabricação devem ser executadas. A microprogramação sempre será responsabilidade de um programador de produção.

A técnica de determinação das necessidades do MRPII utiliza os seguintes passos:

1- Conhecendo-se o programa mestre de fabricação de todos os produtos acabados (nível 0), determinam-se as necessidades líquidas através da dedução dos estoques disponíveis e dos recebimentos já planejados para cada produto acabado.

2- Realiza-se a explosão de nível simples de cada produto acabado e determinam-se as necessidades brutas de componentes que compõem diretamente o produto acabado. Como a lista de materiais apresenta não só os componentes que são necessários para produção do item pai mas também o tempo necessário para a sua obtenção, a necessidade originada da explosão deve ser gerada com a correspondente defasagem no tempo (time-phasing). Estas necessidades são determinadas por enumeração.

3- Caso existam componentes que também possuem demanda independente neste nível, (peças e subconjuntos de reposição), adicionam-se as necessidades independentes às necessidades brutas geradas anteriormente.

4- Neste momento determinam-se as necessidades líquidas dos produtos cujo código de nível mais baixo é 1, através da dedução das disponibilidades em estoques e dos recebimentos programados existentes.

5- Realiza-se a explosão de nível único dos itens de código de nível mais baixo igual a 1, determinando-se as necessidades de seus componentes. As considerações sobre

o deslocamento da necessidade do tempo devido ao prazo necessário para obter o item de nível 1, devem ser levadas em conta.

6- Procede-se da mesma forma que se procedeu com os itens de nível de código mais baixo zero, determinando-se as necessidades dos itens que participam diretamente da estrutura dos itens de código de nível mais baixo 1.

7- Procede-se desta forma com todos os itens administrados pela empresa.

O resultado da aplicação da técnica MRPII será uma lista de todos as peças que devem ser fabricadas ou compradas com suas quantidades e suas datas.

O problema da determinação de lotes econômicos passa também a ter uma nova definição, existindo uma série de abordagens para o problema. As mais conhecidas são as seguintes:

1- Comprar lote a lote

Como o MRPII determina o momento exato em que os materiais são necessários, a abordagem mais simples para o lote econômico é a da compra lote a lote. Esta abordagem não considera nenhum tipo de "trade-off" e leva a soluções não otimizadas.

2- Utilização da fórmula tradicional de Harris

Esta fórmula tem como pressuposto a existência de demanda constante, que é justamente um dos problemas que o MRPII se propõe a resolver, não sendo um método recomendável.

3- Pedidos periódicos 40

⁴⁰ Para uma descrição dos métodos de cálculo de lote econômico ver BERRY, W.L. "Lot Sizing Procedures for Requirements Planning Systems: A Framework for Analysis" Production and Inventory Management Journal, 2 nd Quarter, 1972, pp 15

Esta abordagem utiliza o conceito de lote econômico, mas adequa-se à demanda descontínua que caracteriza o MRPII. O efeito é determinar um período constante para o qual deve ser composto o lote, com uma quantidade variável a se produzida ou comprada, dependente da demanda real.

4- Balanceamento dos custos de obtenção (set-up) e de manutenção dos estoques (carry)

Este método procura avaliar os custos de compra e equilibrá-los com os custos de manutenção dos estoques. Este algoritmo calcula os custos de obtenção e manutenção dos estoques considerando a compra para um período de planejamento, posteriormente para dois períodos e assim sucessivamente. No momento em que os custos de manutenção superarem os custos de obtenção, o algoritmo compara o custo total desta solução com a imediatamente anterior e assume a que conduzir ao menor custo das duas.

5- Algoritmo de Wagner-Whitin ⁴¹

É semelhante ao anterior com a diferença que procura balancear os custos em todo o horizonte de planejamento.

Como o MRPII tem inerente em seu processo o conceito de programa de necessidades, as necessidades de produtos compradas podem ser negociadas de uma vez com os fornecedores. Isto faz com que o custo das compras seja reduzido por não serem necessárias negociações a cada momento. Beneficiando-se deste fato, na maioria dos sistemas implantados a quantidade comprada coincide com a necessidade líquida

2.1.5 Plano Mestre de Produção

⁴¹ WAGNER, H.M. e WHITIN, T. M. *Dynamic Version of the Economic Lot Size Model Management Science*, oct. 1958, pp 77-84

A previsão de demanda dos produtos é um dos problemas mais complexos com que se defronta qualquer empresa. Dentro da abordagem tradicional, esta previsão de demanda deve ser elaborada não só para os produtos de demanda independente, mas também para todos os materiais de demanda dependente. A utilização do MRPII reduz o problema, na medida em que não são mais necessárias previsões para os itens de demanda dependente, mas apenas para os itens com demanda independente. Se por um lado o problema se torna mais simples, por outro, a definição do programa de produção dos itens de demanda independente cresce de responsabilidade, uma vez que toda a estrutura produtiva vai responder às demandas projetadas para estes itens. Se o mercado no qual a empresa atua, permite a fabricação sob encomenda o problema restringe-se a determinação das necessidades dos componentes e matérias primas cujo prazo de obtenção excedem ao prazo de fornecimento aceitável pelo mercado. Para a determinação das necessidades destes componentes ou matérias primas devem ser elaboradas previsões baseadas nos métodos convencionais ou em pesquisas de mercado. Normalmente os "softwares" de MRPII incluem módulos para tratarem estatisticamente a previsão de demanda. Alguns "softwares" trabalham com o conceito de ponto de desacoplamento do pedido do cliente. Este ponto de desacoplamento é o ponto a partir do qual é necessário que sejam efetuadas previsões. Em empresas que produzem para estoques, o desacoplamento localiza-se no produto final, ou seja, toda a demanda deve ser prevista. Em empresas que montam o produto final sob encomenda, o ponto de desacoplamento encontra-se na montagem, ou seja deve ser prevista a necessidade de peças e componentes mas não de produtos acabados. Em empresas que produzem produtos repetitivos sob encomenda o ponto de desacoplamento situa-se no projeto, ou seja o projeto do produto e dos processos deve ser previsto. Finalmente para empresas que projetam sob encomenda, todo o processo está acoplado ao pedido do cliente. Quanto maior o tempo de acoplamento da necessidade do cliente, mais fácil a elaboração da previsão de demanda.

A formalização dos objetivos de produção da empresa é representado pelo plano mestre de produção. Segundo definição do APICS DICTIONARY ⁴², "*plano mestre de produção representa o que a empresa planeja produzir, expresso em específicas configurações, quantidades e datas. O plano mestre de produção não deve ser confundido com a previsão de vendas que representa apenas a determinação da demanda. O plano mestre de produção levará em conta além da previsão de vendas também outros fatores entre os quais a carteira de pedidos, as disponibilidades de materiais, os recursos de mão de obra, as capacidades de produção existentes, as políticas gerenciais e as metas, de forma a estabelecer com antecedência a melhor estratégia possível*"

A abordagem do MRPII reconhece uma área chamada de gestão da demanda que é definida pela APICS como sendo a "*utilização de técnicas racionais de administração para as áreas de previsão de vendas, processamento de pedidos e acompanhamento do atendimento ao cliente, como o objetivo de organizar e tabular as informações para o processo de tomada de decisão gerencial.*"

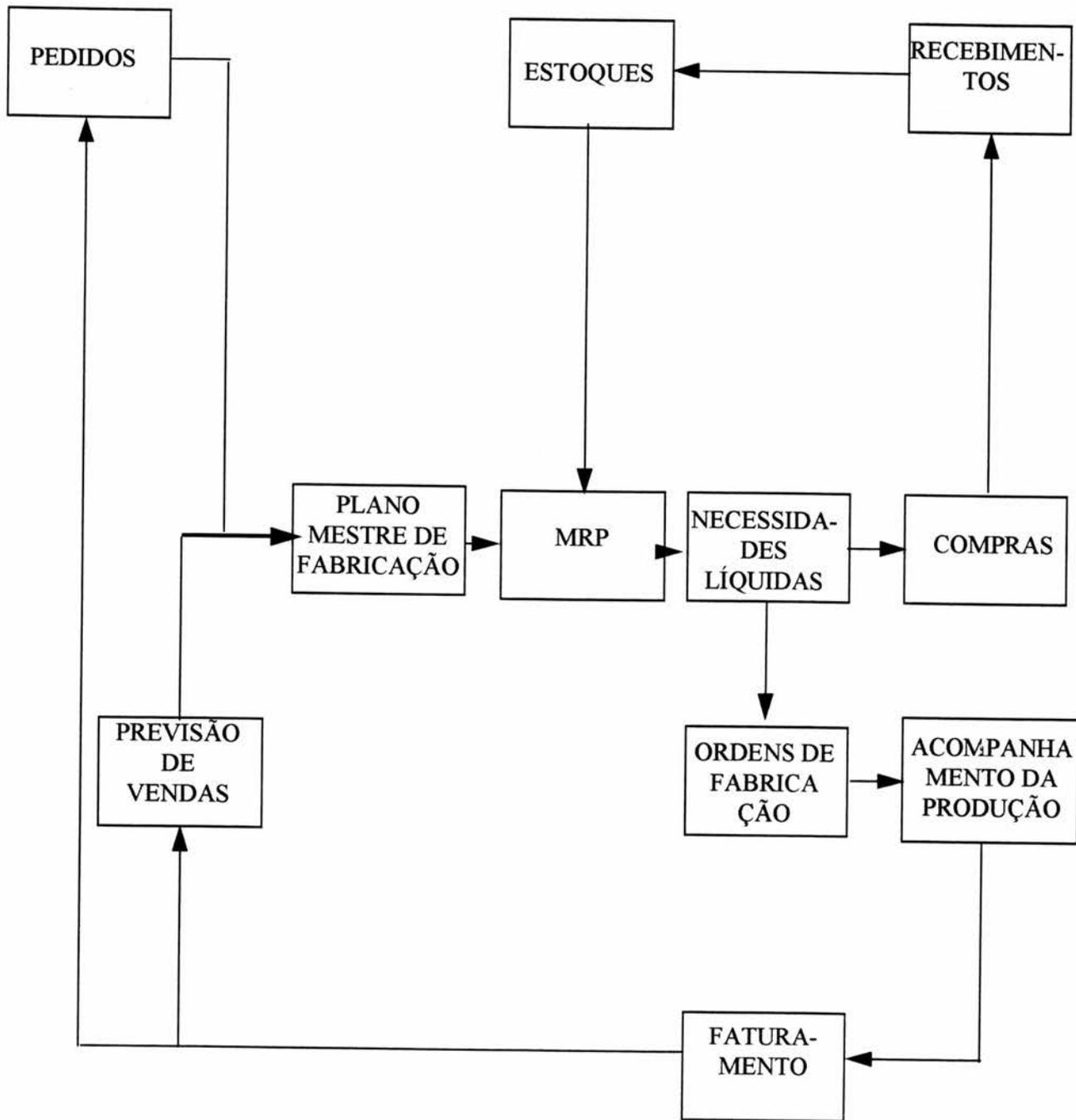
A definição do plano mestre de produção deve se adequar às metas globais da empresa e sua inserção no mercado onde atua. Para tanto a metodologia de elaboração do plano mestre de produção deve levar em conta a existência de um plano estratégico da empresa ao qual deve se adequar. Em algumas empresa o plano estratégico é detalhado em um plano tático, no qual são definidas responsabilidades das diversas áreas bem como seus objetivos.

2.1.6 Outros componentes do MRPII

⁴² WALLACE, T. F. *American production and inventory control dictionary*. 4. ed. APICS, 1980

O MRPII é comumente chamado de um sistema de laço fechado, por que sua preocupação abrange todas as áreas da estrutura produtiva. Da mesma forma como são implantadas listas de materiais, os sistemas de MRPII normalmente apresentam condições de administrar os roteiros de fabricação, incluindo máquinas e mão de obra. Um sistema completo de MRPII está representado no figura 6 a seguir

A preocupação do MRPII é então, partindo dos componentes de gestão da demanda, representados pela previsão de vendas e pela administração dos pedidos, chegar até um plano mestre de produção. Este plano mestre de produção, compatibilizará a gestão da demanda com as restrições internas. Uma vez criado um plano mestre de produção, este será a base para a determinação das necessidades brutas de materiais e de outros recursos. A comparação das necessidades brutas com os estoques existentes gerará as necessidades líquidas. Estas necessidades líquidas conterão necessidades de produtos comprados (último nível da lista de materiais) e de produtos fabricados. As necessidades de produtos comprados gerarão as necessidades de compras. As necessidades de produtos fabricados gerarão as ordens de fabricação. Tanto as ordens de fabricação como os pedidos colocados deverão ser acompanhados. O MRPII apresenta sistemas para controle das ordens de fabricação até a constituição de produtos acabados e das ordens de compras até sua incorporação aos estoques. Os produtos acabados devem ser controlados até a efetivação da Venda, que fornecerá informações para a gestão da demanda. Está assim caracterizado um sistema de ciclo fechado, no qual as informações iniciam na gestão da demanda e completam o ciclo através da realimentação das informações de venda.



FFIGURA 8 - Relação dos módulos componentes do MRPII

2.1.7 O MRPII em operação

O Sistema MRPII procura representar de forma lógica e compreensível todo o sistema formal de produção. A existência das listas de materiais e das rotinas de fabricação, permite determinar o impacto das variações do plano mestre de produção, nas necessidades de materiais comprados e nas ordens de fabricação. Sendo um modelo abrangente de todo o processo de manufatura, tem um dos seus pontos fortes na capacidade de simulações, permitindo que sejam traçados diversos cenários para a produção. Da mesma forma, uma vez que tenham sido implantados os módulos de acompanhamento das ordens de fabricação e das compras, baliza a ação gerencial para a correção de desvios que aparecem durante o processo de produção. As dificuldades que aparecem para a sua utilização, originam-se da quantidade de informações necessárias para a sua correta implantação.

Um dos aspectos que mais tem demandado tempo dos implantadores do MRPII, diz respeito à coerência dos dados do sistema produtivo, chamado pelos técnicos de acurácia⁴³ das informações. Como todas as decisões serão tomadas baseadas em um sistema informatizado, é necessário que o grau de confiabilidade das informações seja elevado. A existência de dados não confiáveis gerará o descrédito no sistema e o aumento da rejeição à sua implantação.⁴⁴

A essência do MRPII do ponto de vista de metodologia, é a constatação de que existem dois tipos de demanda para os itens envolvidos em sistema de fabricação. A

⁴³ Na literatura em Português normalmente é utilizado como tradução de "accuracy", o termo "acuracidade", não constante dos dicionários. Desta forma utilizaremos o termo "acurácia" que de acordo com o "Novo Dicionário da Língua Portuguesa" de Aurélio Buarque de Holanda Ferreira, significa "exatidão de uma operação ou de uma tabela. Propriedade de uma medida de uma grandeza física que foi obtida por instrumentos e processos isentos de erro. Deste trecho em diante esta característica da informação será sempre tratada como acurácia

⁴⁴ Para uma análise do tratamento dado a acurácia ver YOUNG, Jan. B. *Modern inventory operations*. New York, Vanj Nostrand Reinhold, 1991

criação de um sistema formal que represente totalmente a estrutura de fabricação segundo a metodologia MRPII deve representar um melhor aproveitamento dos recursos de manufatura.

A Gestão da Demanda é tratada como um dos componentes da metodologia, sendo reconhecido que, dependendo da estrutura do mercado no qual se situa a empresa, pode ser necessária a manutenção de estoques de produtos acabados. Sempre que a empresa trabalhar com previsão de demandas, estas serão a base para a determinação dos programas de produção dos componentes e do programa de compras de matérias primas. Estes previsões não forçosamente se concretizarão. Mesmo com esta limitação, no entanto, o MRPII representa uma considerável melhoria na integração da função de manufatura, abordando o problema de produção de uma forma sistêmica.

Pelo fato dos materiais de terceiros serem comprados baseados em planos de compra, e as ordens de fabricação serem liberadas do início do processo para o final, os sistemas baseados no MRPII, são normalmente chamados de sistemas de empurrar, em contraposição aos sistemas de puxar baseados na metodologia "kanban", como se verá na seção 2.2.

A metodologia MRPII em nenhum ponto recomenda que devam ser realizadas melhorias no processo de fabricação. Por outro lado em nenhum momento sugere que melhorias não sejam efetuadas. A maioria dos críticos do MRPII concentram seus argumentos no fato de que ele cristaliza uma situação existente e perpetua os métodos utilizados no passado.⁴⁵

Nos próximos capítulos estaremos analisando como se comporta o MRPII diante dos fatores que estão sendo analisados e alguns conceitos aqui expostos serão então

⁴⁵ ver como exemplo GOLDRATT, Eliyahu M., *Theory of Constraints* p.55 e seguintes, North River Press, New York, 1989

estendidos. As considerações a respeito da aplicabilidade da metodologia serão apresentadas no capítulo conclusões.

2.2 - O Sistema JIT

2.2.1 Introdução

Uma das preocupações fundamentais dos sistemas de planejamento e controle de produção adotados no Japão reside na redução dos estoques. Apesar dos conceitos existentes no MRP II também conduzirem a este mesmo objetivo, não houve por parte dos divulgadores da metodologia preocupação em questionar os tamanhos dos lotes de fabricação.

Dentro dos conceitos utilizados pelos japoneses, tudo o que não agrega valor ao produto é considerado perda. Desta forma, qualquer estoque que não esteja sendo utilizado representa perda, pois são recursos ociosos, que poderiam estar aplicados de forma mais produtiva. Se um produto é necessário para um determinado dia, sua produção antecipada é considerada um problema de mesma natureza do que existiria se sua produção fosse efetuada com atraso. Dentro deste princípio, os sistemas chamados de "just-in-time", procuram produzir os produtos certos, no momento certo e na quantidade certa. Este mesmo conceito deve ser estendido aos componentes, que serão incorporados no produto acabado. Em um sistema "just-in-time" ideal as matérias primas são recebidas no momento exato em que é iniciado o processo de fabricação dos produtos acabados do qual farão parte. Estes produtos acabados por sua vez só devem ser fabricados quando existir certeza da sua demanda.

Para implantar estes princípios um conjunto de aprimoramentos devem ser perseguidos, que permitam a postergação da produção, até que se tenha certeza da demanda, além de ser necessário que sejam criadas condições que permitam que sejam produzidos os menores lotes possíveis.

Os princípios da Engenharia Econômica que deram origem ao cálculo dos lotes econômicos não podem, no entanto, serem esquecidos, sendo necessário que sejam reduzidos drasticamente os valores dos custos de obtenção dos estoques (custo dos pedidos e custos de preparação das máquinas).

A ênfase dos sistemas "just-in-time" do qual o "kanban" é o elemento que operacionaliza o planejamento e controle da produção, situa-se na melhoria contínua dos processos e das operações. Este processo é chamado de "KAIZEN". É esta melhoria contínua que permitirá a diminuição dos lotes de fabricação, e a redução dos tempos totais, de forma a produzir apenas os produtos que estão sendo efetivamente vendidos, eliminando os estoques ociosos de produtos acabados, que caracterizam os sistemas de manufatura ocidentais.

Todos os processos de produção podem ser divididos em quatro tipos de operações.

Processamento, Inspeção, Movimentação e Armazenagem.

-O processamento transforma o objeto da produção.

-A inspeção compara o objeto da produção com um padrão.

-A movimentação troca a posição do objeto da produção.

-O armazenamento troca o tempo no qual o objeto da produção está disponível.

Destas operações apenas o processamento agrega valor ao objeto da Produção. A inspeção nunca agrega valor. O transporte só agrega valor nas operações de transferência entre empresas ou na transmissão da posse para o consumidor final. A armazenagem só agrega valor quando se tratam de produtos sazonais que possuem valores diferenciados em épocas diferentes do ano ou produtos adquiridos com objetivos especulativos.

O objetivo dos sistemas de produção é agregar valor ao objeto da produção com a maior eficiência possível. Para aumentar o grau de eficiência, um de seus objetivos deve ser a eliminação de todas as etapas não agregadoras de valor. Estas ações gerarão vantagens competitivas importantes dentro do sistema global de economia que caracterizou o final dos anos 80 e está caracterizando cada vez mais o início da década de 90.

Dentro do sistemas "Just-in-Time" existem uma série de conceitos que são utilizados para a eliminação das perdas originadas de operações que não agregam valor. Alguns destes conceitos são os seguintes:

-Visibilidade - Todos os problemas devem ser visualizados da forma mais clara possível, de forma que possam ser resolvidos permitindo um patamar de eficiência mais elevado.

-Atividades em pequenos grupos - As pessoas que atuam diretamente nos processos de fabricação são os que mais os conhecem. Portanto deve ser incentivada a busca de soluções mais avançadas por eles próprios.

-Qualidade assegurada - Os produtos devem ser produzidos com um patamar alto de qualidade e qualquer defeito deve ser detectado na própria operação que o gerou. Se outras operações forem executadas em um produto defeituoso, estarão simplesmente agregando custos a um produto que será posteriormente rejeitado. Quanto mais operações forem efetuadas entre a operação que gerou o defeito e a sua constatação, mais difícil será a determinação da causa real do problema e portanto mais difícil será a sua solução.

-Troca de ferramentas em um único dígito - Para tornar economicamente viável a existência de lotes pequenos, é necessário que os tempos de preparação sejam extremamente pequenos. Normalmente o que se procura são processos que permitam a

troca de ferramentas em um tempo expresso em minutos com apenas um dígito. Daí a sigla utilizada na literatura em inglês de SMED ("Single Minute Exchange Die")

2.2.2 Causa da existência de estoques em um sistema de manufatura. 46

Segundo Zacarelli ⁴⁷, estoques são mantidos para:

Garantir a continuidade ou a presteza de fornecimento, evitando situações de:

- Demora de fornecimento.
- Suprimento sazonal.
- Riscos de falha no suprimento.

Possibilitar economias em dinheiro

- Pela compra ou fabricação de lotes econômicos.
- Por possibilitar flexibilidade dos processos de manufatura.

Mayer ⁴⁸ considera que os estoques tem como função:

- Compensar erros cometidos na projeção de demanda.
- Permitir a utilização mais econômica de equipamento e mão de obra.
- Nivelar a Produção para empresas cuja demanda a-

⁴⁶ Estoques são aqui considerados no sentido mais amplo, compreendendo os citados por exemplo por Zacarelli (matérias primas, material em processamento, componentes fabricados, componentes comprados, produtos acabados, material auxiliar, materiais de uso geral, ferramentas e dispositivos etc.)

⁴⁷ ZACARELLI, Sérgio B., *Programação e controle de produção*. 4.ed. São Paulo, Pioneira, 1976

⁴⁸ MAYER, Raymond R., *Administração da produção*. São Paulo, Atlas, 1986

presenta grande sazonalidade

- Compor lotes econômicos, principalmente na compra de matérias primas e componentes.
- Aproveitar descontos de quantidade
- Minimizar os custos com materiais diretos de fabricação
- Manter homogênea a ocupação da mão de obra.
- Minimizar a necessidade de horas extras
- Minimizar os custos de dispensas e contratações originados por flutuações da demanda
- Minimizar o número de encomendas perdidas por não satisfazer as necessidades da demanda.

Shingo ⁴⁹ acrescenta que os estoques ocorrem devido a:

- Diferenças de turnos existentes entre setores da fábrica
- Prevenção de quebras de máquinas que podem originar parada de outras máquinas a jusante da que apresenta problema.

Moura e Umeda ⁵⁰ consideram ainda que estoques existem

- para compensar a "incompetência" administrativa
- por necessidade do processo (operações que exigem envelhecimento)
- por razões especulativas

⁴⁹SHINGO, Shingeo, *Study of Toyota production system from industrial engineering viewpoint*. Tokio, Japan Management Association, 1981

⁵⁰ MOURA, Reinaldo A. e UMEDA Akio, *Sistema "Kanban" de manufatura "just-in-time": uma introdução às técnicas de manufatura japonesas*. São Paulo, Imam, 1984

Das razões apresentadas para a manutenção de estoques, apenas a manutenção de estoques por razões especulativas, onde o estoque é visto como um investimento com retorno em si próprio, a manutenção de estoque para envelhecimento, onde o fator tempo é parte integrante do processo e a manutenção de estoques para cobrir sazonalidades pronunciadas são agregadoras de valor. As demais aparecem ou como uma solução de compromisso, ou como consequência da incorporação de fatores de segurança ao processo.

A implantação de um sistema com objetivo de minimizar a existência destes compromissos deve apresentar respostas satisfatórias a cada uma destas variáveis.

A composição dos lotes, conforme conhecido da abordagem tradicional de Administração da Produção, é função dos custos de obtenção e dos custos de manutenção dos estoques ⁵¹. Um dos problemas a ser resolvido, é o da minimização dos custos de obtenção dos estoques, tanto de matérias primas e componentes comprados quanto de produtos fabricados.

Da mesma forma devem ser analisadas as questões relativas ao aproveitamento de descontos de quantidade, ao tratamento da incerteza na previsão da demanda, a incerteza na previsão das quebras de equipamentos e aos problemas originados da ineficiência administrativa. Vamos então analisar cada um destes fatores.

2.2.2 Redução dos tempos de preparação ⁵²

⁵¹ Para uma análise recente da abordagem para definição de lote econômico de compra ver MACHLINE, Claude, *Inflação e Lote Econômico de Compra*. Revista de Administração de Empresas, 32(3), jul/ago de 1992, p. 46 a 56.

⁵² A análise dos princípios de SMED e OTED aqui descritos são baseados em SHINGO, Shingeo. *Study os Toyota Production System from the Industrial Engineering Point of View*, Japan Management Association, Tokyo, 1981

Um dos pré requisitos para a implantação dos sistema "kanban", é a redução dos lotes de fabricação, o que é obtido com a diminuição dos tempos de troca de ferramentas. Analisando-se os processos de troca de ferramentas e preparação de máquinas existentes nas empresas, pode-se constatar que a troca de ferramentas pode ser dividida em duas etapas distintas:

-Operações internas de troca de ferramenta. (TFI)

-Operações externas de troca de ferramenta. (TFE)

Fazem parte das operações internas de troca de ferramentas, todas as que somente podem ser efetuadas com a máquina parada. As operações externas de troca de ferramenta, são as que podem ser efetuadas com a máquina em funcionamento, e portanto não necessitam parada das máquinas . O primeiro passo de um processo de melhoria de tempos de preparação, requer a perfeita identificação do que são operações internas e operações externas de troca de ferramentas. Uma vez identificadas as operações que podem ser caracterizadas como TFI e TFE, o próximo passo é separá-las, de forma que as operações TFE sejam efetuadas com a máquina em funcionamento, parando-se apenas durante as operações de TFI. A regra que se procura adotar é:

Se a operação TFE é possível, procurar sempre adotá-la. Só executar a operação TFI se for inevitável. Em princípio só é necessário utilizar TFI para as operações de fixação da ferramenta.

Uma vez perfeitamente identificadas e separadas as operações TFI e TFE, o próximo passo é procurar transformar as TFI em TFE. Em diversos casos após a máquina estar preparada existem ciclos de aquecimento, de ajustes etc. Muitas vezes, é possível realizar estes ciclos, antes de fixar as ferramentas nas máquinas, através de pré-

aquecimento, pré-ajuste etc. Caso seja possível realizar estas operações como TFE, este procedimento deve ser adotado.

Outras melhorias que podem ser adotadas no processo de preparação de máquinas e troca de ferramentas são as seguintes:

-Padronizar as partes das ferramentas necessárias para fixação

A padronização da forma e das dimensões das ferramentas, certamente gera uma redução significativa dos tempos de preparação. Uma padronização global, no entanto, exige investimentos vultuosos. Normalmente, através da padronização das partes das ferramentas necessárias para a sua fixação, já são obtidos ganhos significativos. A adaptação de uma placa de tamanho padrão no suporte de fixação das ferramentas, pode padronizar todo o processo de preparação, sem necessidade de grandes investimentos, e com redução sensível dos tempos.

-Criar sistema funcional de fixação de ferramentas

A maior parte dos sistemas de fixação de ferramentas são baseados em sistemas de rosqueamento, através de parafusos, pinos, porcas etc. Avaliando-se o processo de fixação através de rosqueamento, apenas a última volta é que realiza o processo de fixação. As demais apenas conduzem a esta última. Da mesma forma, para desmontar a ferramenta, a primeira volta do parafuso solta a ferramenta, as demais simplesmente permitem que o parafuso seja removido. A adoção de processos que eliminem roscas, ou que as utilizem de forma criativa, reduz o tempo de fixação de ferramentas.

Uma consideração importante na análise do tipo de fixação a ser adotado para a ferramenta, diz respeito à direção e a intensidade da força que agirá sobre ela. Os sistemas de rosqueamento oferecem resistência nas três direções cartesianas. Muitas vezes as

forças que agem sobre a ferramenta só existem em duas direções, o que pode recomendar a adoção de outro sistema de fixação.

-Criar gabaritos de fixação

Em operações onde o ferramental utilizado é complexo, o processo de preparação de máquina pode ser considerável. Algumas peças forjadas, por exemplo, utilizam matrizes compostas por diversos componentes que devem ser agregados, para compor o molde utilizado na operação. O processo normalmente utilizado, de fixar os componentes do estampo diretamente na máquina, representa uma utilização bastante intensa de tempo de troca de ferramenta com máquina parada. A criação de gabaritos de fixação intermediários, que permitam a montagem prévia dos componentes dos estampos, com a máquina operando em outra peça, representa uma significativa transformação de TFI em TFE, reduzindo portanto o tempo de preparação.

-Utilização de mais operadores para a operação de preparação

Principalmente em máquinas que realizam operações em peças de grandes dimensões, a preparação sendo efetuada por mais de um operário, pode introduzir sinergia no processo, fazendo com o tempo seja dividido por um número consideravelmente maior do que o número de operários adicionais

-Eliminação dos ajustes

Segundo SHINGO ⁵³ normalmente os ajustes das ferramentas consomem entre 50 e 70 % do tempo interno de troca de ferramenta. Mesmo após a separação das operações de TFE e TFI, o potencial de ganho que pode ser obtido por melhoria na operação de ajuste é significativo. A operação de ajuste normalmente é realizada em duas etapas:

⁵³ SHINGO, Shigeo, "op.cit" página 74

- ajuste grosseiro onde a ferramenta é colocada entre certos limites

- ajuste fino, onde através de um processo de tentativa e erro a ferramenta é ajustada até sua posição definitiva.

A primeira das operações normalmente não demanda tempo significativo. A segunda, no entanto, normalmente implica na produção de peças iniciais para referendar o ajuste, e pode representar um tempo significativo.

A criação de gabaritos de ajustes, que não permitam que a ferramenta seja montada em posições diferentes das necessárias pelas especificações, apresenta novas oportunidades de redução dos tempos de TFI.

Adotar mecanização na troca de ferramentas

A adoção de mecanização na troca de ferramentas, em todos os casos onde for economicamente viável, ocasionará nova redução dos tempos de preparação.

Convém salientar que o processo ideal de preparação de máquina é aquele em que não é necessária nenhuma preparação. Nas modernas máquinas, que possuem dispositivos de controle numérico, a preparação a rigor pode ser considerada nula. Entretanto as fábricas convivem e conviverão por muito tempo com máquinas com variados graus de tecnologias. Em países emergentes como é o caso do Brasil com certeza esta situação perdurará por muitos anos. A adoção dos princípios de troca eficaz de ferramentas, viabilizará a existência de tempos de preparação compatíveis com os pequenos lotes de fabricação necessários para a minimização dos estoques em todos os locais da fábrica.

2.2.3 Redução dos custos de compra.

Segundo Luben ⁵⁴ "*As reduções diretas de custo em um sistema de materiais são significativas em termos de redução de custos de aquisição, recepção, inspeção e armazenamento*". Estas reduções, segundo o mesmo autor, podem representar de 30 a 50 % dos custos operacionais agregados pela operação.

As ações que devem ser tomadas no relacionamento com os fornecedores requerem uma mudança radical nas posturas comerciais normalmente utilizadas. A criação de um relacionamento próativo com os fornecedores prevê a implantação dos seguintes pontos:

- Redução do número de fornecedores com os quais a empresa opera
- Desenvolvimento de contratos de fornecimento de longo prazo, eliminando a necessidade de negociações a cada compra
- Obtenção de garantia de qualidade do fornecedor, eliminando a necessidade de inspeções na recepção das matérias primas e peças complementares.

A implantação destas medidas propiciará a empresa os seguintes benefícios:

- Redução do planejamento dos pedidos
- Obtenção de melhores preços por unidade
- Eliminação das contagens de peças na recepção
- Eliminação das necessidades de reembalagem
- Eliminação dos transtornos causados por grandes lotes
- Eliminação dos estoques de matérias primas e peças complementares

Uma consideração importante que deve ser efetuada, é que os estoques representam perdas, independentemente de sua posse ser da própria empresa ou do

⁵⁴ LUBBEN, Richard T., "*Just-in time*"- *Uma estratégia avançada de produção*. São Paulo, McGraw Hill, 1989

fornecedor. Caso a posse seja da própria empresa, aparecerão custos sob a forma de capital de giro empatado. Caso a posse esteja com o fornecedor, com certeza o custo do capital de giro investido será incorporado ao preço da matéria prima ou do componente. Desta forma os benefícios da redução de estoques implicam na montagem de uma cadeia de informações que vincule a empresa com seus fornecedores, como forma de reduzir os inventários em toda a cadeia produtiva.

Uma vez que seja obtida uma relação de parceria como a proposta por esta abordagem, desaparecem também as preocupações com descontos por quantidade uma vez que são negociados contratos globais e não compras isoladas.

De acordo com HARMON ⁵⁵ *"As compras constituem o maior potencial individual de melhoria da qualidade dos produtos. Materiais e componentes adquiridos compõem de 60 a 70 % do custo dos produtos fabricados em quase toda a companhia.*

Por estas considerações, vê-se a importância que deve ser devotada à administração de compras

2.2.4 O método "kanban"

O método "kanban" é uma técnica de planejamento da produção que libera as ordens de fabricação começando pela última operação do ciclo produtivo. Uma analogia muitas vezes efetuada é de que a produção com o sistema "kanban" assemelha-se a um supermercado, onde são repostos apenas os produtos que são consumidos. Para a implantação do sistema "kanban" a fábrica é dividida em minifábricas, cada uma possuindo uma ou mais máquinas. Cada minifábrica é fornecedora da subsequente. Na saída de cada minifábrica, existe um supermercado de peças onde seus consumidores adquirem os componentes que têm necessidade. Dentro desta estrutura, o mercado é

⁵⁵ HARMON, Roy L. *Reinventando a fábrica II - Conceitos modernos de produtividade na prática*. Rio de Janeiro, Campus, 1993

abastecido pela última minifábrica. A primeira minifábrica é abastecida por fornecedores externos. As peças estão dispostas nos supermercados dentro de “contenedores”. O “contenedor” é a menor unidade de fabricação. Cada vez que as peças contidas em um “contenedor” são completamente consumidas, a minifábrica que as produz, fabrica a quantidade de peças necessária para completar um novo “contenedor”. Para a produção destes componentes, sempre que a minifábrica necessitar de insumos, ela os adquire na minifábrica anterior. Quando um “contenedor” desta minifábrica tiver suas peças totalmente consumidas, esta minifábrica também inicia a produção de peças. Este movimento vai se propagando até chegar a minifábrica inicial que adquire matérias primas e peças compradas de fornecedores externos. A lógica de programação da produção, como foi descrito, parte da última operação, ou seja, da produção de produtos acabados, e vai “puxando” a produção das peças anteriores, até chegar a aquisição de matérias primas. A forma das informações fluírem entre as operações é através dos cartões “kanban”. Estes cartões são colocados em cada “contenedor” e somente são retirados quando todas as peças do “contenedor” são consumidas. Junto a cada minifábrica existe um painel onde podem ser afixados os cartões “kanban”. Cada vez que as peças ou componentes de um “contenedor” são totalmente consumidas, o cartão “kanban” do “contenedor” é afixado no painel. A existência de um cartão “kanban” no painel representa uma ordem de fabricação para aquela minifábrica. Sempre que o painel, chamado de “porta-kanban” está vazio, a minifábrica deve permanecer parada. Sempre que existirem cartões “kanban” no painel, a minifábrica deve produzir as peças representadas pelo cartão. A cada vez será produzido uma quantidade igual ao número de peças do “contenedor”. A figura 9 apresenta um exemplo de operacionalização de “kanban”.

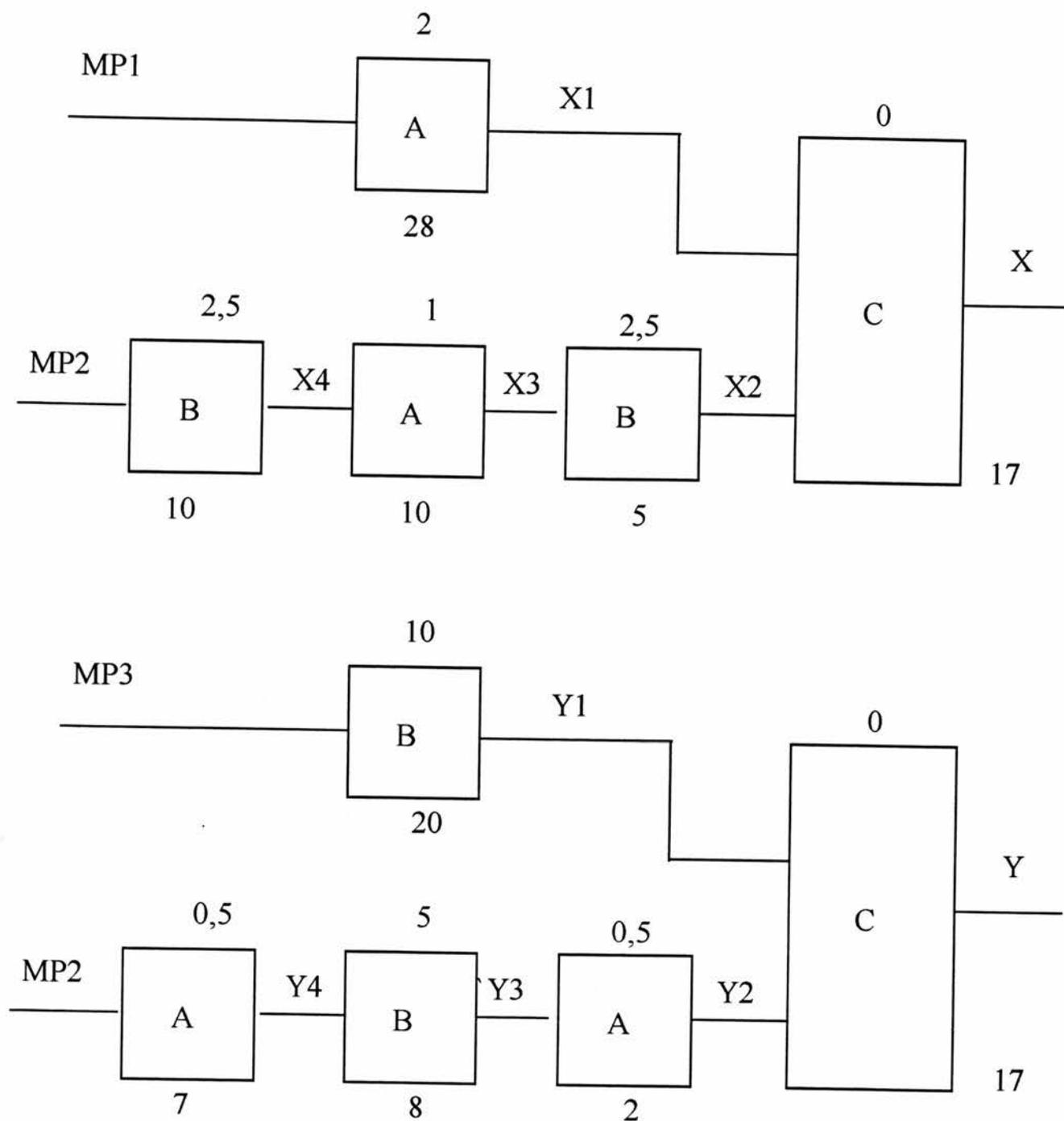


FIGURA 9 : Implantação de "Kanban"

Existem variações na forma de implantar sistemas "kanban". Alguns sistemas utilizam mais de um cartão ou adotam outras formas de representar os "contenedores". Na análise que efetuaremos nos capítulos subseqüentes, sempre que seja necessário serão apresentadas as variações utilizadas. A utilização de "contenedores" como unidade de produção implica em que sejam criadas condições para que pequenas quantidades sejam produzidas de forma econômica. Da mesma forma, os materiais recebidos dos fornecedores, também o serão em quantidades diminutas. Nos próximos capítulos procuraremos avaliar como se comportam os sistemas baseados em "kanban" diante dos cinco fatores que são objetivo deste trabalho.

2.3 - A Tecnologia de Otimização da Produção (OPT) e a Teoria das restrições.

A Tecnologia de Otimização da Produção OPT (Optmizing Production Technology) e a Teoria das Restrições foram desenvolvidas pelo físico Israelense Eliyhau Goldratt. O interesse deste físico pela Administração da Produção, ocorreu praticamente por acaso, quando foi auxiliar um amigo que possuía uma fábrica de doces, e desenvolveu um conjunto de princípios que julgou serem aplicáveis a quaisquer empresas de manufatura. O desenvolvimento do OPT data dos anos 70 e sua extensão através da Teoria das Restrições foi desenvolvida na década de 80. Goldratt, na qualidade de físico, possui a habilidade para analisar problemas dentro da metodologia científica. Por outro lado como não havia sido exposto aos princípios de custos e os princípios normalmente utilizados de Administração da Produção desenvolveu uma abordagem inovadora e, em muitos aspectos criativa, de Administração da Produção. Para difundir suas idéias escreveu um livro em forma de romance, "A Meta" ⁵⁶, onde narra as peripécias de um

⁵⁶ GOLDRATT, Eliyhau, *A meta administração dos gargalos de produção*. São Paulo, Imam, 1984.

gerente de produção, e a forma como este gerente, aos poucos descobre o método OPT, auxiliado telefonicamente ou em encontros casuais por um consultor. O estilo utilizado faz com que o leitor descubra por si próprio a solução do problema do Gerente de Produção, algumas páginas, ou no mínimo alguns parágrafos antes do personagem do livro. Esta metodologia, nos escritos posteriores de Goldratt, é definido como a utilização do método Socrático de indução ⁵⁷. Segundo Goldratt, a reação à mudança nas organizações é muito intensa, a única forma de se conseguir engajamento dos envolvidos na mudança, é através da utilização do método Socrático, no qual as pessoas que devem mudar, descobrem por si só o que deve ser mudado. Desta forma a mudança é efetuada pelas próprias pessoas que devem ser mudadas. Os envolvidos na mudança, com esta metodologia, se sentem proprietários das idéias que serão implantadas. Trata-se de uma forma de aprendizado construtivo que diminui sensivelmente a reação à mudança.

Para a definição do desempenho de qualquer sistema, é necessário que se tenham indicadores que meçam efetivamente o seu resultado. Segundo Goldratt, os índices normalmente utilizados pelos sistemas de contabilidade de custo, não estão aliados com os objetivos da empresa e portanto podem levar a decisões equivocadas. Com a finalidade de construir um novo conjunto de indicadores, Goldratt questiona o objetivo da organização. Sua conclusão é de que a meta da empresa é realizar dinheiro através das vendas. Desta forma a simples produção não é a meta da empresa, mas somente a produção de produtos que serão vendidos. Nos sistemas de contabilidade normalmente utilizados, os estoques de produtos em processamento são valorizados através da incorporação dos custos dos postos de trabalho por onde os produtos já passaram. Desta forma a simples execução de uma operação de manufatura aumenta o ativo da empresa, na medida em que o custo do posto operativo será incorporado ao valor do bem em

⁵⁷ sobre a explanação do método Socrático no contexto do OPT e TOC ver GOLDRATT, Eliyahu, *What is the thing called THEORY OF CONSTRAINTS and should it be implemented*, North River Press, Inc., Croton-on-Hudson, New York, 1990, especialmente o capítulo 2 *The Process of change*.

processamento. Como normalmente os custos unitários são calculados através da ocupação dos centros de custo, isto induz a que sejam produzidas peças simplesmente com o objetivo de aumentar o número de horas de ocupação do posto de trabalho. Na visão de Goldratt, os produtos em processamento deverão ser valorizados apenas pelo custo das matérias primas que os compõem. Todos os custos de produção devem ser considerados como despesas operacionais. Em conferência em Londres em 1988 ⁵⁸ cita o caso da International Harvester Machines, conglomerado Americano que na década de 80 operava com vendas da ordem de 9 bilhões de dólares anuais. Esta empresa estava apresentando problemas de rentabilidade o que fez com que os acionistas trocassem a administração. A primeira decisão dos novos administradores, foi terceirizar a fabricação, de todas as peças em que fosse possível obter no mercado custos menores do que os internos. Isto fez com que as bases de rateio dos custos fixos fossem diminuídas. O efeito sobre o custo das peças que continuaram a ser fabricadas internamente foi catastrófico. O resultado da empresa ficou pior do que ano anterior, apesar de terem sido tomadas medidas efetivas e racionais de redução de custos. No ano seguintes, todas as medidas administrativas tomadas foram no sentido de aumentar os índices de ocupação das máquinas, tornando os custos unitários os menores possíveis. Para tanto a empresa passou a produzir durante 7 dias por semana e 3 turnos por dia. O resultado econômico da empresa, representado pelo demonstrativo de Lucros e Perdas, foi estupendo, apesar da empresa estar superestocada e com problemas de caixa. Os administradores foram premiados e demitiram-se. No exercício seguinte afloraram os problemas que levaram à demissão de 30.000 empregados, à perda de 3 bilhões de dólares e a troca de nome do conglomerado.

Goldratt recomenda como forma para a avaliação de desempenho da empresa os seguintes indicadores

⁵⁸ GOLDRATT, Eliyhau. *The Theory of Constraints Transcript*, Eli Goldratt Lecture, London, 17th June, 1988

THROUGHPUT : O "throughput" representa o dinheiro que o sistema gera. É calculado através de:

Valor das Vendas - Custo das matérias primas

INVENTÁRIO: Todo os recursos financeiros que a empresa utiliza na aquisição de matérias primas, componentes, equipamentos etc. com o objetivo de venda. O conceito é mais abrangente do que o conceito utilizado tradicionalmente na Administração da Produção, uma vez que as máquinas também são consideradas como componentes do inventário.

DESPEAS OPERACIONAIS: Os recursos que são utilizados para transformar o Inventário em "throughput".

As principais divergências de Goldratt em relação a Contabilidade de Custos tradicional residem nos seguintes pontos:

Os produtos em processamento e produtos acabados devem ser contabilizados apenas pelo valor dos inventários que os compõem. Desta forma a simples produção não aumenta o ativo da empresa, uma vez que o valor dos custos dos inventários, que estava contabilizado na conta de materiais, simplesmente passa para a conta de produtos acabados. Nos seus escritos não está claro o que é feito com as horas de máquinas utilizadas na transformação. Dentro do conceito de que as máquinas também constituem inventário, a transformação das matérias primas em produtos engloba além da matéria prima também o consumo de parte da máquina. A determinação da parte da máquina que deve ser englobada no produto deve levar em consideração somente seus custos diretos, sem rateios de custos de outras fontes. Os rateios, normalmente utilizados para determinação dos custos dos produtos em processamento, não fornecem informação relevante, sendo inclusive enganosa para efeito de tomada de decisão. Desta forma, a agregação de valor do sistema de produção só acontece no momento da venda.

Outro ponto de divergência em relação aos conceitos tradicionais de Contabilidade de Custos diz respeito ao tratamento das despesas operacionais. Dentro dos princípios do OPT, nenhuma despesa é rateada para ser agregada ao valor dos produtos em processamento. Todas as despesas consideradas na contabilidade tradicional como rateáveis, no OPT são consideradas como despesas operacionais, não existindo desta forma o diferimento comum aos sistemas tradicionais. A utilização destes três conceitos, ou seja "Throughput", Despesas Operacionais e Inventário torna extremamente simples a avaliação do desempenho da empresa.

As perguntas que devem ser respondidas para a obtenção do aumento da produtividade de qualquer sistema organizacional são:

O que mudar?

Para o que mudar?

Como conseguir a mudança?

A OPT apresenta um conjunto de princípios que permitirá responder as duas primeiras perguntas. A extensão dos conceitos através da Teoria das Restrições ampliará a abrangência de aplicação dos princípios.

Todo o sistema apresenta algum ponto de gargalo. A pergunta "o que mudar", implica na localização do gargalo do sistema em análise, e a concentração de todos os esforços na sua administração. Qualquer providência que implique no aumento de produtividade em recursos que não são gargalo é desnecessária e inclusive desperdício, uma vez que o volume de produção será regido pela capacidade do gargalo e o aumento de desempenho do recurso não gargalo não redundará em aumento do "throughput" do sistema.

A pergunta "para o que mudar?" implica na análise do gargalo e a determinação das regras de sua administração de forma a utilizar toda a sua potencialidade. O sistema será sempre restringido pelo gargalo. Os princípios contidos na OPT que fornecerão diretrizes para a resposta a pergunta "para o que mudar?" são os seguintes: ⁵⁹

1- Os gargalos governam o "Throughput" e o inventário.

Sendo o gargalo a restrição real ao desempenho do sistema de manufatura, o "throughput" será função de sua capacidade. Da mesma forma os inventários existentes deverão ser dimensionados para atender sua capacidade.

2- Uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida no sistema inteiro.

Sendo o gargalo o recurso crítico do sistema, uma hora perdida neste recurso implicará em uma hora perdida em toda a produção. Uma forma de analisar a produção potencial de um sistema de manufatura, é multiplicar-se a produção possível no gargalo pelas horas disponíveis. Este método é inclusive adotado por outras metodologias, como é o caso do "rough cut capacity" do MRPII.

3- Uma hora economizada onde não é gargalo é apenas uma miragem.

Como os recursos fora do gargalo por definição possuem reserva de capacidade, qualquer aumento de produtividade nestes recursos é uma utopia, pois não representará um aumento do "throughput".

4- Obter um programa examinando todas as restrições simultaneamente.

Em um sistema real de produção, os produtos fabricados e seus volumes são variáveis dinâmicas. Isto faz com que o ponto onde se localiza o gargalo também seja

⁵⁹ Os princípios foram ordenados de forma diferente do constante na contracapa do livro "A Meta". A ordenação foi realizada na ordem que apresenta os princípios mais importantes em primeiro lugar, nosso juízo.

dinâmico. Para um determinado "mix" de Produção, o gargalo pode estar localizado em determinado recurso de produção, podendo deslocar-se para outro em um novo "mix". Desta forma a programação deve ser efetuada de forma dinâmica e analisando-se sempre todo o conjunto de restrições.

5- As restrições determinam a utilização onde não é gargalo.

O uso dos recursos que não se constituem em gargalo, é determinado pelas restrições do sistema. Não tem sentido utilizar os recursos fora do gargalo em toda a sua totalidade uma vez que o potencial de geração de "throughput" é limitado pela restrição do sistema.

6- Balancear o fluxo e não a capacidade.

O problema de balanceamento de capacidade dentro de um sistema de manufatura é praticamente insolúvel, uma vez que a mudança do "mix" de produção gera necessidades diferentes de cada recurso. O balanceamento do fluxo no entanto é uma medida que visa eliminar estoques ociosos.

7 -Ativação não é igual a utilização de um recurso.

Utilização de um recurso é seu emprego para produzir "throughput". Outros usos dados ao recurso são mera ativação. Este princípio gera duas conseqüências importantes para a Administração da Produção. A primeira é de que os recursos só devem ser utilizados em sincronia com o gargalo, ou seja para produzir "throughput". A segunda conseqüência é que os tempos de preparação em recursos não gargalo não são relevantes para o "Throughput". Esta última conclusão, pode ser utilizada para diminuir os lotes de fabricação nos recursos que não se constituem em gargalo, uma vez que não existe "trade-off" entre preparação e produção de peças. A economia em preparações, simplesmente redundará em máquinas paradas. Desta forma, é possível reduzirem-se os tamanhos dos lotes, uma vez que seu lucro cessante é zero.

8- O Lote de transferência não deve ser sempre igual ao lote de processamento.

Lotes econômicos, calculados de acordo com a fórmula de Wilson, consideram os custos de preparação constantes. Nos recursos que não se situam no gargalo o custo de aumentar o número de preparações é irrelevante, uma vez que seu lucro cessante é zero. A forma de Wilson só deve ser no recurso que representa o gargalo do sistema de produção. Nos demais recursos do sistema, o lote pode e muitas vezes deve ser diferente, uma vez que lotes menores implicarão em menor quantidade de produtos em processamento. Este princípio em última análise recomenda a sincronização da produção com as vantagens de redução de "lead-time" daí advindas.

9- O lote de processamento deve ser variável e não fixo.

Este princípio indica que as condições dinâmicas envolvidas no processo de produção devem ser sempre levadas em conta. Se por um lado deve se procurar otimizar a produção do gargalo, esta ação só tem sentido na medida em que dela resulte aumento de "Throughput". Portanto a fixação de lotes deve ser evitada e adaptada às condições dinâmicas da demanda.

A Teoria das Restrições apresenta um programa de 5 passos que permite estender a metodologia a outras áreas da empresa. Os princípios desta teoria são os seguintes:

1- Identificar as Restrições do sistema

As restrições do sistema nada mais são do que os seus gargalos. Sua identificação é o passo inicial para qualquer processo de melhoria.

2- Definir as Regras para administrar as restrições.

Uma restrição deve ser perfeitamente entendida para que possa ser administrada. É necessário que da análise da restrição sejam criadas regras que permitam administrá-la de forma otimizada.

3- Subordinar todas as decisões a anterior.

Uma vez definida uma regra de administração da restrição, todas as decisões a respeito do sistema devem ser tomadas com base no princípio 2. É muito comum em sistemas reais, efetuar-se a análise do recurso que representa a restrição, definir uma forma de administrá-lo e posteriormente tomarem-se decisões que nada tem a ver com a regra pré definida. Existe uma tendência natural para a implantação de melhorias localizadas que normalmente não contribuem em nada para o "throughput" do sistema e portanto não devem ser implantadas. Dificilmente uma melhoria localizada é rejeitada pela empresa. Esta melhoria, caso não contribua para o aumento do "throughput" pouco contribuirá com a melhoria do desempenho da empresa.

4- Aumentar a capacidade da restrição

Uma vez identificada a restrição e criadas regras para a sua administração, deve ser buscado o aumento da capacidade da restrição com o conseqüente aumento do "Throughput". Um caso especial de restrição é o representado pelo mercado. Nos casos em que o gargalo se encontra no mercado, as medidas que podem ser tomadas utilizando os princípios do OPT, localizam-se na diminuição das despesas operacionais e na diminuição dos inventários. Como o gargalo encontra-se no mercado, as considerações anteriormente efetuadas sobre a redução dos lotes de fabricação podem ser adotadas. A redução dos lotes de fabricação implicará na diminuição dos "lead-times", o que por sua vez pode ser fonte de vantagem competitiva, redundando num segundo momento em aumento do mercado.

5- Volta ao primeiro passo, não permitindo nunca que a inércia torne-se a próxima restrição

Uma vez elevada a capacidade da restrição, o gargalo pode ter se deslocado. Devem então ser criadas novas regras de administração da restrição, e não continuar a agir baseado nas regras anteriores.

A terceira pergunta, "como conseguir que a mudança seja implantada" é analisada por Goldratt principalmente no livro "Theory of Constraints" ⁶⁰ onde procura analisar o método de mudanças baseado na indução Socrática, ou seja a mudança é descoberta pelos envolvidos no processo, fazendo com que se considerem criadores dela. Estes aspectos serão analisados com mais profundidade no decorrer do trabalho.

OPT além de ser uma metodologia de Administração de Produção, apresenta para sua implantação um "software" composto por dois módulos principais, BRAIN que localiza os recursos críticos do sistema e SERVE que programa todos os demais recursos. A analogia elaborada por Goldratt é de que o sistema de produção deve funcionar como uma tropa, na qual a largura do passo é determinada pelo soldado de menor capacidade e a cadência é dada por um tambor que faz com que toda a tropa desloque-se com o mesmo passo.

Uma dificuldade que existe para a avaliação do OPT origina-se do fato que o "software" que o suporta ser um pacote fechado.

⁶⁰ GOLDRATT, Eliyahu M., " op.cit" p. 9 a 21

3- O IMPACTO DA NATUREZA DA DEMANDA SOBRE AS METODOLOGIAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

3.1 - Introdução

Para análise do impacto da variação da demanda na utilização das três metodologias, considerar-se-á uma fábrica que produz 2 produtos (X e Y) e possui três células de fabricação (A, B e C). A figura 10 apresenta os roteiros de fabricação de cada peça.

Os retângulos representam as mini-fábricas. Dentro de cada retângulo está o código de cada uma. Na parte superior do retângulo aparece o tempo de preparação e na parte inferior o tempo de produção por peça. À direita do retângulo aparece a peça que a minifábrica produz.

A figura 11 representa as listas de materiais que deverão ser implantadas no sistema MRPII.

As listas de materiais apresentam a composição dos produtos e os tempos necessários para se obter o componente pai, uma vez que se identifiquem os componentes imediatamente dependentes. Exemplificando, para se obter o produto acabado Y, é necessário que se disponham dos produtos intermediários Y1 e Y2, e mais 17 minutos de operação na máquina C. Uma consideração importante diz respeito ao tempo de deslocamento (off-set), que é o tempo necessário para se obter o componente pai. Este tempo é diferente dos 17 minutos, uma vez que pelo fato de outros produtos também utilizarem a máquina C, pode existir a possibilidade da máquina estar ocupada quando se necessita produzir o item Y. Este tempo de deslocamento é um dos componentes básicos

para a determinação das datas de fabricação dos produtos intermediários e da própria determinação da data de compra.

A técnica "kanban" visualiza a fábrica como um conjunto de células que possuem um supermercado de peças na sua saída. As peças estão contidas em "contenedores" que constituirão a unidade mínima de fabricação. Estas peças estão a disposição das operações posteriores que as vão consumindo na medida de suas necessidades. Sempre que as peças de um "contenedor" tenham sido totalmente consumidas, uma quantidade de peças igual à capacidade do "contenedor" é produzida. A figura 12 apresenta a fábrica de acordo com a visualização do sistema "kanban". Na seção 3.3 discute-se o dimensionamento dos "kanbans" baseado nos dados do modelo aqui estudado.

A determinação das variáveis chave para operação de um sistema tanto baseado em MRPII como baseado em kanban, parte de uma determinada ocupação da fábrica. Esta ocupação normalmente é especificada através de uma situação de demanda. Para efeito da determinação das variáveis chave destas duas metodologias, será considerado que a demanda das peças produzidas pelo modelo utilizado para a determinação dos cenários, é de 100 peças do produto acabado X e de 100 peças do produto Y por semana.

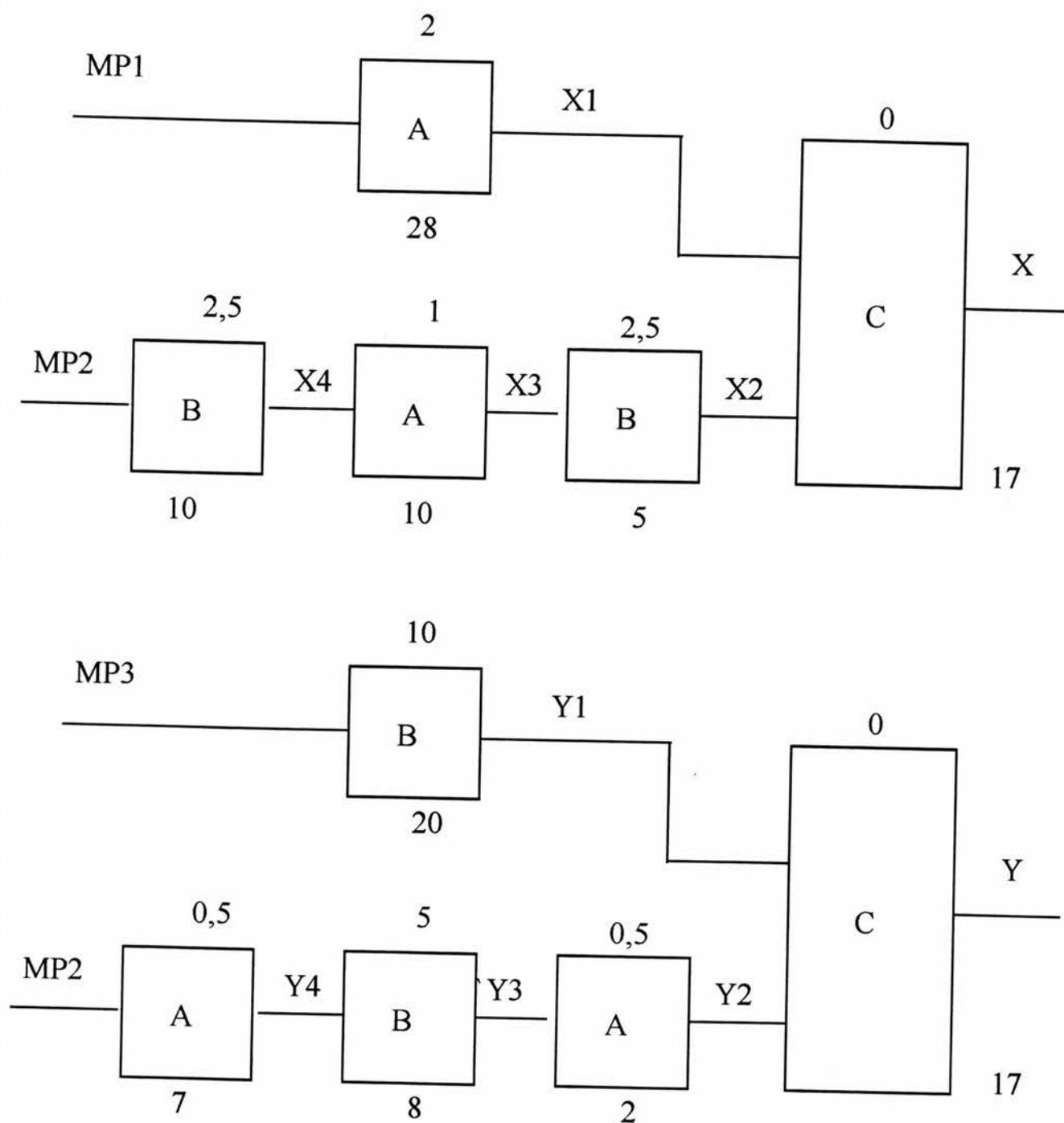


FIGURA 10 - Modelo utilizado para análise da variação da demanda

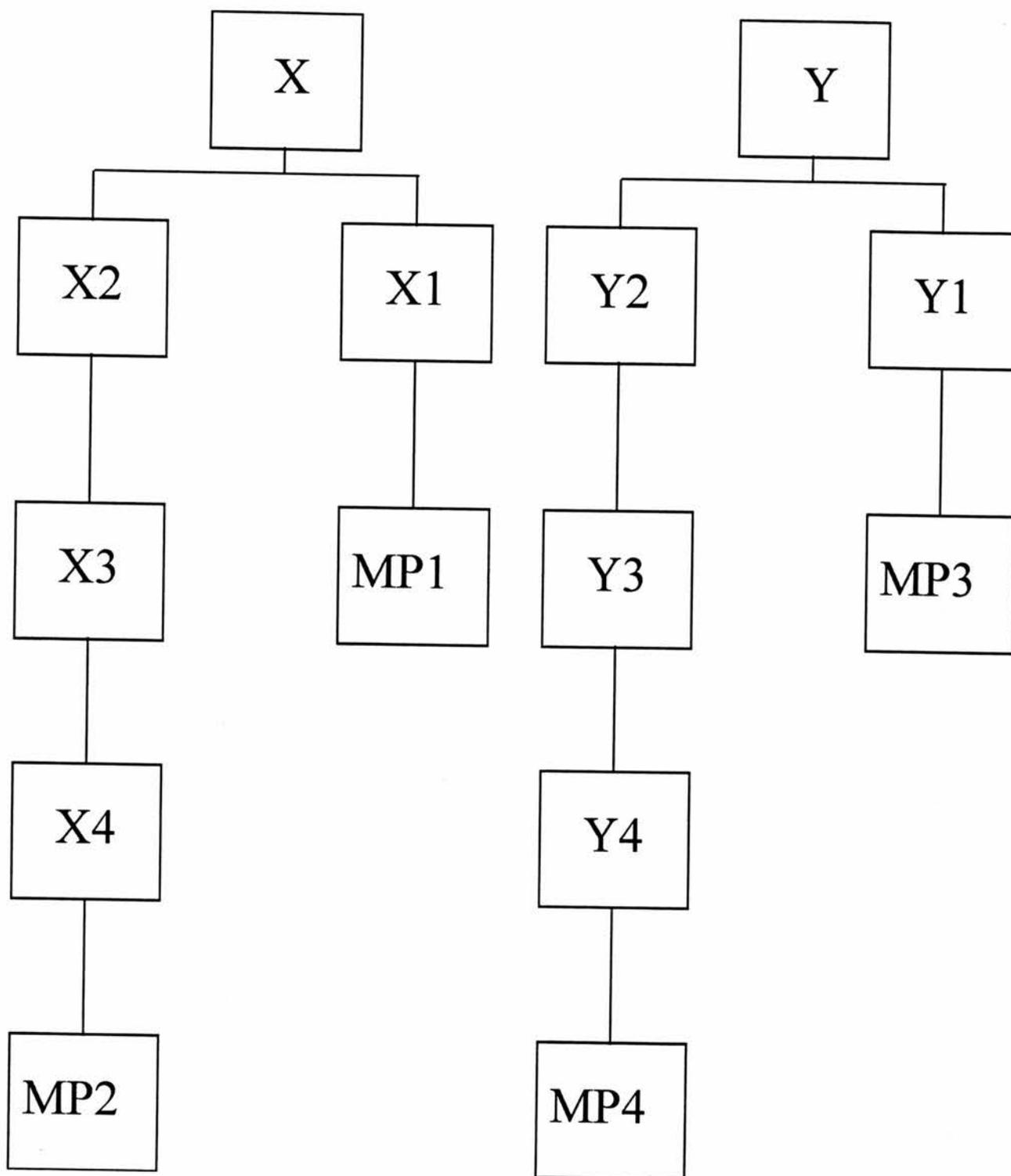


FIGURA 11 - Lista de materiais

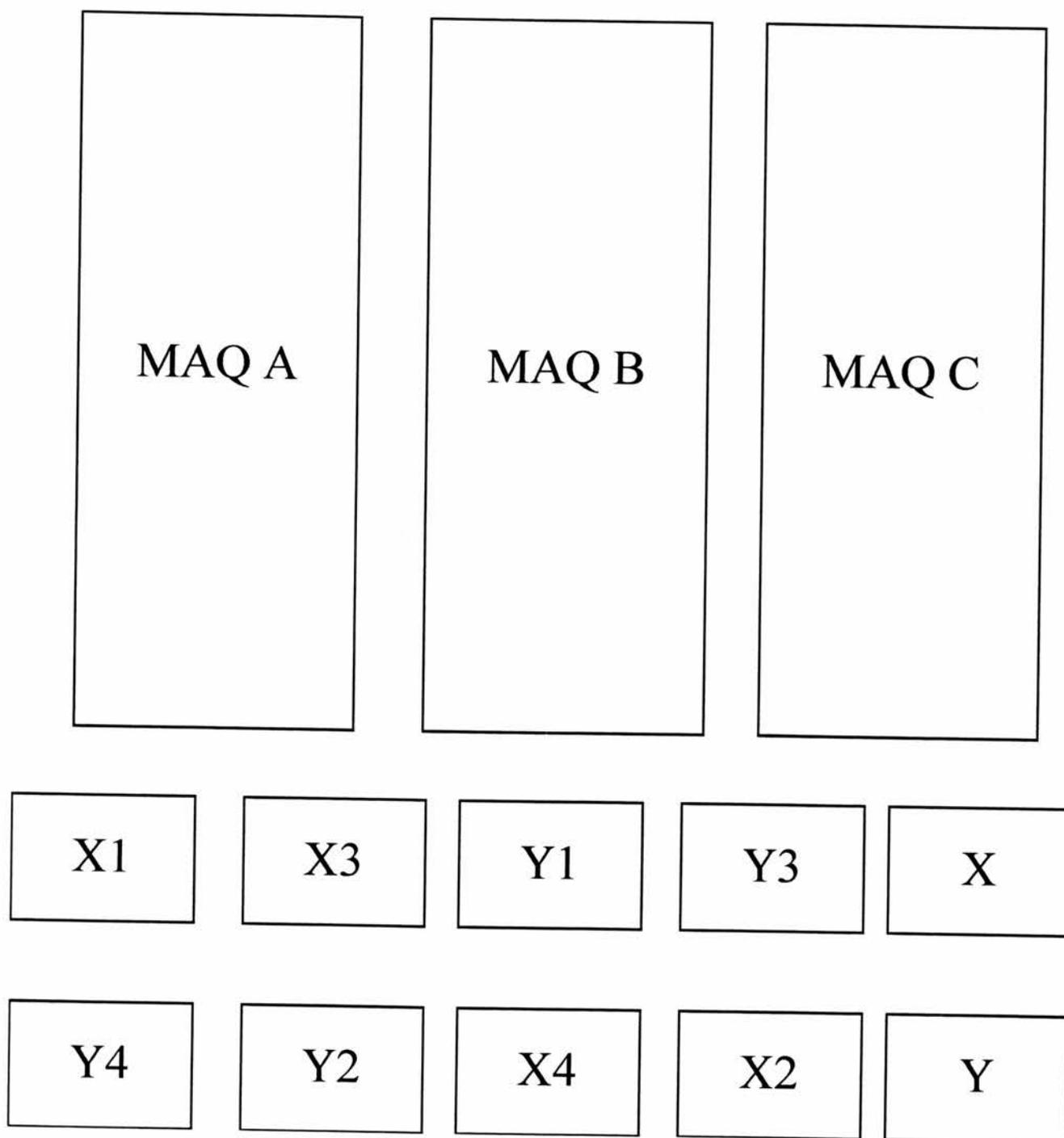


FIGURA 12 - Modelo de produção utilizando "kanban"

3.2 - O sistema MRPII e as variações da demanda.

O MRPII é um sistema de planejamento. Suas informações servem para indicar as decisões que deverão ser tomadas para a liberação das ordens de fabricação e para as compras.

Um dos fatores que influenciará toda a operacionalização do MRPII é o tempo de deslocamento (Off-set). A determinação deste tempo requer que seja efetuada uma rigorosa análise da ocupação de cada máquina. Esta análise deve levar em conta não só a ocupação da máquina, mas principalmente os tempos de fila que sua ocupação determina nas ordens de produção dos produtos que competem pela sua utilização. Esta informação é obtida através da análise dos dados históricos do sistema de produção. Estes dados no entanto, dificilmente estão disponíveis, o que requer que seja adotada uma abordagem analítica para sua determinação. A abordagem a ser utilizada utilizará a seguinte metodologia:

-Inicialmente será determinado um programa semanal de produção que atenda às restrições do sistema, para a demanda de 100 peças de X e 100 peças de Y. Para a determinação deste programa se utilizará a heurística que conduz ao menor tempo médio de processamento da ordem de fabricação. De acordo com FRENCH ⁶¹, para se obter o menor tempo médio de processamento, deve ser programada primeiro a peça com menor tempo de processamento.

-Uma vez criado um programa de produção consistente, serão avaliadas as filas que foram geradas devido a colisões na ocupação das máquinas. Estas filas constituem um importante componente dos tempos totais de deslocamento.

⁶¹ FRENCH, S. *Sequencing and Scheduling: An Introduction to the Mathematics of Job-Shop*. West Sussex, Ellis Horwood, 1982

-Com a determinação do tempo de fila, todas as variáveis necessárias para a utilização do MRPII estão definidas.

Uma vez criado o modelo, o próximo passo será o teste com diversos cenários de produção. A estes cenários será aplicado o modelo MRPII e serão determinados os programas de produção recomendados para cada situação. Estes programas de produção representam guias de ação que serão utilizados na administração do sistema de manufatura.

No terceiro passo será verificado o que acontece com o sistema utilizando os programas de produção definidos pelo MRPII. Serão avaliados os efeitos sobre os estoques e sobre a ocupação das máquinas.

Os parâmetros do sistema são os seguintes:

MRPII com periodicidade semanal

A empresa opera 2 turnos de 8 horas por dia e 5 dias por semana.

Os prazos de fornecimento dos fornecedores são instantâneos.

Para efeito das análises será considerado que não é possível sincronizar a produção, ou seja a máquina C só iniciará a operação quando dispuser de todos os insumos que necessita.

Serão fabricados a cada vez todas as peças programadas para o período (lote = 100 peças).

As restrições existentes permitem determinar a carga do sistema. Iniciando-se da peça X, para sua fabricação é necessário que se disponha das peças X1 e X2. Como o modelo nos indica que são necessários 17 minutos para obter cada X, as peças X1 e X2 deverão estar disponíveis $100 \times 17 = 1700$ minutos antes do prazo necessário para a

entrega das peças X. Descendo um nível na árvore, a matéria prima MP1 deve estar disponível $28 \times 100 + 2 = 2802$ minutos antes do produto intermediário X1 ser necessário. De modo análogo devem ser determinadas as antecipações necessárias para os outros produtos.

A tabela V apresenta os tempos de ocupação das máquinas para lotes de produção de 100 unidades, levando em conta os tempos de operação e de preparação.

TABELA V - Tempo de ocupação das máquinas					
DE	PARA	MÁQUINA	TEMPO PREP.	TEMPO DE OPERAÇÃO	TEMPO TOTAL
X1 E X2	X	C	0	1700	1700
MP1	X1	A	2	2800	2802
X3	X2	B	2,5	500	502,5
X4	X3	A	1	1000	1001
MP2	X4	B	2,5	1000	1002,5
Y1 E Y2	Y	C	0	1700	1700
MP3	Y1	B	10	2000	2010
Y3	Y2	A	0,5	200	200,5
Y4	Y3	B	5	800	805
MP4	Y4	A	0,5	700	700,5

Utilizando a metodologia de French para a programação das máquinas, chegamos a carga de máquina constante na figura 13

FIGURA 13- Carga de máquinas

MAQ C	LIVRE							Y		X				
MAQ B	X4		Y3		Y1			LIVRE		X2		LIVRE		
MAQ A	Y4		X1					X3			LIVRE			
TEMPO	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000

Analisando-se a figura 13 verifica-se que o conjunto das demandas impostas sobre as máquinas pelo programa de produção de 100 unidades de Y e 100 unidades de X gerará filas. Estas filas são originadas da superposição das demandas sobre às máquinas. Apesar da peça Y1 poder ser operada a partir do tempo 0, ela deve aguardar até que as peças X4 e Y3 estejam completas, desta forma a peça Y1 aguardará ao todo 1807,5 minutos antes que possa ser operada. As restrições de operação em alguns casos gerarão tempos livres nas máquinas. A produção de X2 somente poderá ser iniciada após a conclusão de X3, o que gerará tempo livre na máquina B. Nas implantações reais também deve ser levado em consideração o tempo de movimentação. Ao conjunto dos tempos de fila e movimentação das peças chamaremos de tempo interoperação.⁶²

⁶² Alguns vezes os tempos de inspeção e o tempo de cura são incluídos como tempo interoperações. Nos parece mais interessante considerar a inspeção como uma operação, também sujeita a tempos de espera. Da mesma forma o tempo de cura pode ser considerado como uma operação executada sem máquina.

esta forma o tempo de deslocamento ⁶³ total será composto pelos tempos de preparação, de operação e interoperações.

O tempo de deslocamento, após sua determinação, é considerado constante, nos modelos de MRPII. Na verdade, este tempo é função do "mix" de produção, e este "mix" não é constante. A determinação do tempo de deslocamento para cada "mix" de produção, no entanto é bastante complexa, o que faz com que seja utilizado um valor constante para expressá-lo. Suas avaliações são periodicamente revistas, utilizando um processo de sintonia fina no qual se procura cada vez obter dados mais refinados para a utilização do modelo.

Em princípio as peças X1, Y1, X4 e Y4 podem ser iniciadas de imediato. Pela carga de máquina constante da figura 13 verifica-se no entanto que apenas as peças X4 e Y4 serão operadas imediatamente, as peças X1 e Y1 deverão aguardar até que outras peças sejam concluídas. Este tempo que as peças ficarão aguardando é o componente "fila" do tempo de deslocamento. Da mesma forma a peça X3 pode ser fabricada imediatamente após a fabricação da peça X4. Restrições de ocupação farão com que esta peça aguarde em fila.

Comparando-se os tempos necessários para a produção das peças obtidos através da análise dos tempos de preparação e operação, com os tempos originados da superposição da necessidade de uso das máquinas, chega-se às seguintes conclusões:

Os componentes X4 e Y4 podem ser operados de imediato. O início da operação do componente Y3 deve aguardar 302 minutos até a desocupação da máquina B (diferença entre os tempos de operação de X4 e Y4). O componente Y2 deve aguardar 1697 minutos até que seja concluída a operação da peça X1 na máquina A. O componente Y1 deve aguardar até a conclusão das peças X4 e Y3 para ser fabricado. Desta forma, o

⁶³ Este tempo é chamado na literatura inglesa de "off-set time" e "lead-time" da operação

tempo interoperações do componente Y1 é de 1807,5 minutos. O componente X1 deve aguardar apenas a conclusão da peça Y4, portanto aguardará 702,5 minutos. A fabricação do produto acabado Y, não possui tempo interoperação, mas o produto X deve aguardar a produção de Y, possuindo portanto tempo de interoperação de 1700 minutos.

A tabela VI apresenta a tabulação dos tempos interoperações.

TABELA VI - Cálculo do tempo interoperações												
MAQ	X	X1	X2	X3	X4	Y	Y1	Y2	Y3	Y4	MÉDIA	MAX
A	-	702,5	-	2704,	-	-	-	1697	-	0	1276	2704,
B	-	-	0	-	0	-	1807,	-	300	-	526,8	1807,
C	207	-	-	-	-	0	-	-	-	-	103,5	207

O tempo de deslocamento, conforme definido anteriormente, é calculado através da soma dos tempos de preparação, de operação e de interoperação para as diversas peças. Em um modelo simplificado, é fácil a determinação do tempo interoperação de cada peça. Num modelo real no entanto, envolvendo centenas ou mesmo milhares de componentes, o tempo interoperações é determinado através de levantamentos estatísticos dos dados. Na análise do presente modelo será, considerado como tempo interoperações, a média dos tempos verificados através da sua análise. Para operações críticas, no sentido de aumentar a segurança, muitas vezes é considerado, na determinação do tempo de deslocamento, o tempo máximo interoperações. Obviamente esta decisão implicará em aumento dos estoques.

A tabela VII apresenta o tempo de deslocamento de cada peça. Como a unidade de planejamento é o dia, os tempos em minutos são convertidos em dias, arredondando-se estatisticamente as frações de dia.

TABELA VII - Tempo de deslocamento das operações **Erro! Indicador não definido.**

DE	PARA	MAQ	TEMPO DE PREP.	TEMPO DE OPER	TEMPO INTER OPER	TEMPO DE DESLOC	DESL EM DIAS
X1 E X2	X	C	0	1700	106,5	1806,5	2
MP1	X1	A	2	2800	1276	4078	4
X3	X2	B	2,5	500	526,8	1029,3	1
X4	X3	A	1	1000	1276	2277	2
MP2	X4	B	2,5	1000	526,8	1529,3	2
Y1 E Y2	Y	C	0	1700	103,5	1803,5	2
MP3	Y1	B	10	1900	526,8	2436,8	3
Y3	Y2	A	0,5	200	1276	1476,5	2
Y4	Y3	B	5	800	526,8	1331,8	1
MP4	Y4	A	0,5	700	1276	1976,5	2

Estes tempos são informados em todas as correlações entre um item e seu componente. Exemplificando, dentro do modelo em análise, a transformação do componente X3 em X2 será calculada como 1 dia.

Em uma instalação prática estes tempos terão que ser obtidos através de análise cuidadosa das operações existentes na fábrica e do levantamento estatístico dos tempos

ocorridos. Os modernos sistemas de MRPII, propõem uma metodologia convergente, na qual os tempos interoperações são inicialmente estimados de forma grosseira, e posteriormente através dos módulos de acompanhamento de fabricação vão sendo gradativamente refinados. A utilização destes módulos, apresentam no entanto o inconveniente de acarretarem um trabalho burocrático elevado, uma vez que todas as ordens de serviço, ao completarem a operação em uma célula de fabricação devem ter seus tempos registradas. O advento de sistemas de captura de informação baseados em códigos de barras, simplificam a implantação desta característica do MRPII.

As variações de demanda consideráveis, ou seja que caracterizem uma mudança de nível de produção, normalmente transcendem ao âmbito da programação da produção, sendo tratadas como decisões ligadas a planos de expansão. A análise elaborada na seqüência do texto avaliará variações de demanda 40 % acima ou abaixo da demanda original.

Após a determinação do tempo interoperações, o modelo MRPII em análise tem todos os seus parâmetros determinados. A figura 14 apresenta todos os fatores que são relevantes para o planejamento da produção desta fábrica.

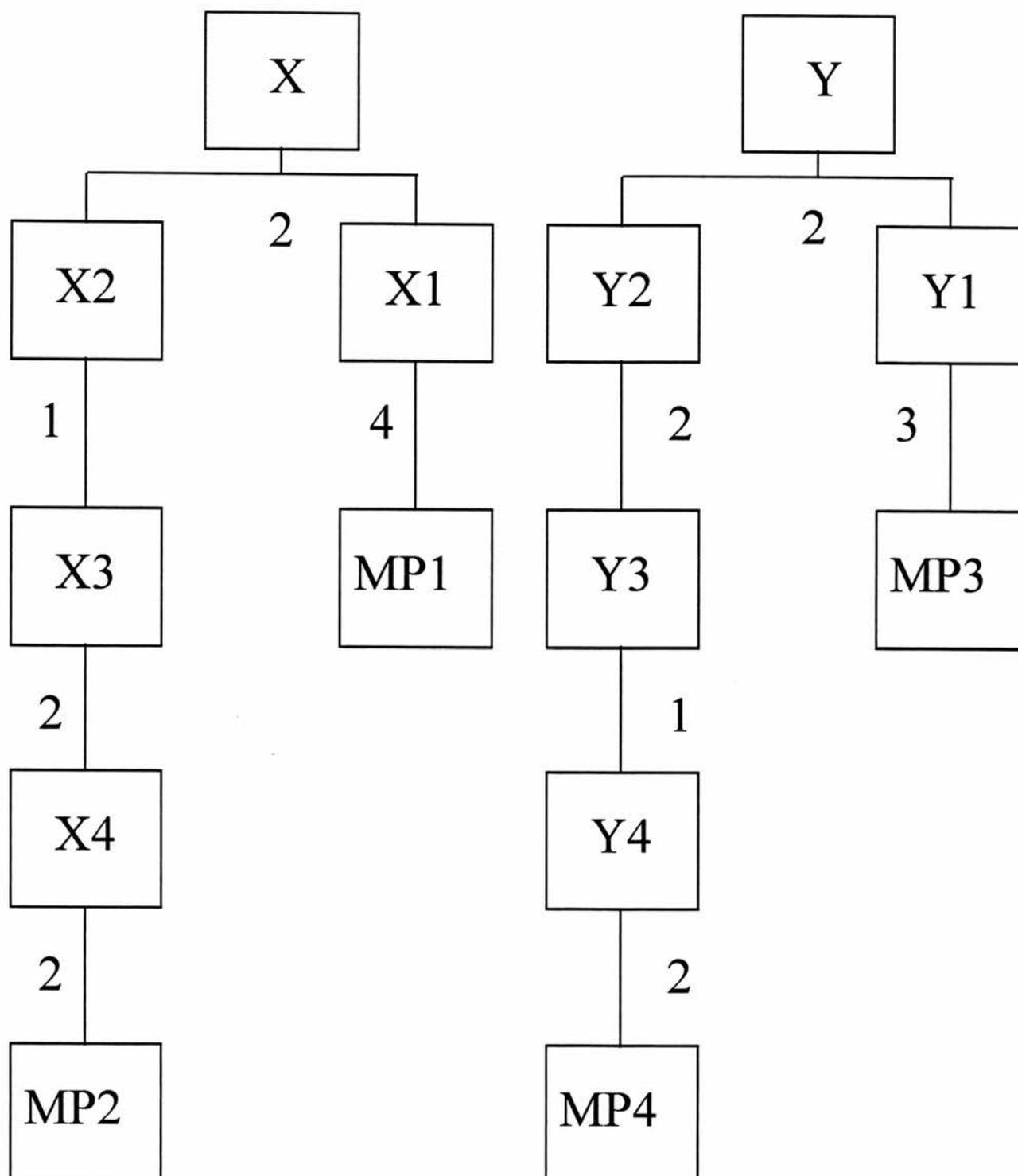


FIGURA 14 - Lista de materiais com os tempos de deslocamento

Utilizando-se a metodologia MRPII para os Planos Mestres de Produção constantes da tabela VIII, chegamos aos programas de produção constantes nas tabelas IX, X e XI. Estes programas de produção gerarão as cargas de máquina representadas pelas figuras 15, 16 e 17.

TABELA VIII - Programas mestre de produção		
	X	Y
PROGRAMA 1	60	60
PROGRAMA 2	100	100
PROGRAMA 3	140	140

As liberações das ordens de fabricação são executadas cumprindo os programas do MRPII. As eventuais colisões devem ser resolvidas pelo programador da produção. Desta forma aparecerão gargalos e tempos ociosos de acordo com a variação da demanda.

Plano de produção																
		SEMANA														
Produto		II	III	IV												
X		60	60	60												
Y		60	60	60												
		nec br = necessidades brutas														
		lib ord = liberação de ordens de fabricação														
PEÇAS		semana I					semana II					semana III				
		dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
x	nec br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60
	lib ord	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0
y	nec br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60
	lib ord	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0
x1	nec br	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0
	lib ord	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0
x2	nec br	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0
	lib ord	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0
y1	nec br	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0
	lib ord	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
y2	nec br	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0
	lib ord	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0
x3	nec br	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0
	lib ord	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
x4	nec br	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0
y3	nec br	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0
	lib ord	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
y4	nec br	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0
mp1	nec br	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0
mp2	nec br	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0
mp3	nec br	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
mp4	nec br	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0

TABELA IX - Determinação do plano de produção para a Demanda X=60, Y=60

Plano de produção																
		SEMANA														
Produto		II	III	IV												
X		100	100	100												
Y		100	100	100												
		nec br = necessidades brutas					lib ord = liberação de ordens de fabricação									
PEÇAS		semana I					semana II					semana III				
		dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia		
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
x	nec br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
	lib ord	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0
y	nec br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
	lib ord	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0
x1	nec br	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0
	lib ord	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
x2	nec br	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0
	lib ord	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0
y1	nec br	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0
	lib ord	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
y2	nec br	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0
	lib ord	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0
x3	nec br	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0
	lib ord	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
x4	nec br	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
y3	nec br	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0
	lib ord	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
y4	nec br	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
mp1	nec br	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
mp2	nec br	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
mp3	nec br	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
mp4	nec br	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0

TABELA X - Determinação do plano de produção para a Demanda X=100, Y=100

Plano de produção																
		SEMANA														
Produto		II	III	IV												
X		140	140	140												
Y		140	140	140												
		nec br = necessidades brutas					lib ord = liberação de ordens de fabricação									
PEÇAS		semana I					semana II					semana III				
		dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia	dia
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
x	nec br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140
	lib ord	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0
y	nec br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140
	lib ord	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0
x1	nec br	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0
	lib ord	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0
x2	nec br	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0
	lib ord	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0
y1	nec br	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0
	lib ord	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0
y2	nec br	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0
	lib ord	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0
x3	nec br	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0
	lib ord	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0
x4	nec br	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0
y3	nec br	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0
	lib ord	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0
y4	nec br	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0
mp1	nec br	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0
mp2	nec br	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0
mp3	nec br	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0
mp4	nec br	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0
	lib ord	0	0	140	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0

TABELA IX - Determinação do plano de produção para a Demanda X=60, Y=60

De posse dos programas de produção emitidos pelo MRPII, o programador inicia as liberações das ordens de fabricação. As ordens de fabricação são liberadas de acordo com as datas fornecidas pelo MRPII. A tabela XII apresenta estas ordens para cada máquina, permitindo que o programador de produção visualize as cargas. Esta informação é imprescindível uma vez que a metodologia prevê que as eventuais colisões devem ser resolvidas a nível de microprogramação. Esta microprogramação é sempre efetuada pelo programador de produção.

TABELA XII - Liberação das ordens de fabricação por máquina

MAQ.	DIAS														
	SEMANA I					SEMANA II					SEMANA III				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
A			Y4	X1	X3	Y2		Y4	X1	X3	Y2				
B			X4		Y3 Y1		X2	X4		Y3 Y1		X2			
C								X Y					X Y		

Maq								X	Y	
C										
Maq			x4		Y3	Y1	x2	x4		y3 y1
B										
Maq			y4	x1	x3	y2		y4	x1	x3
A										
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	SEMANA 1					SEMANA 2				

FIGURA 15 - Carga de máquina gerada pelo MRPII para o programa X=60 e Y=60

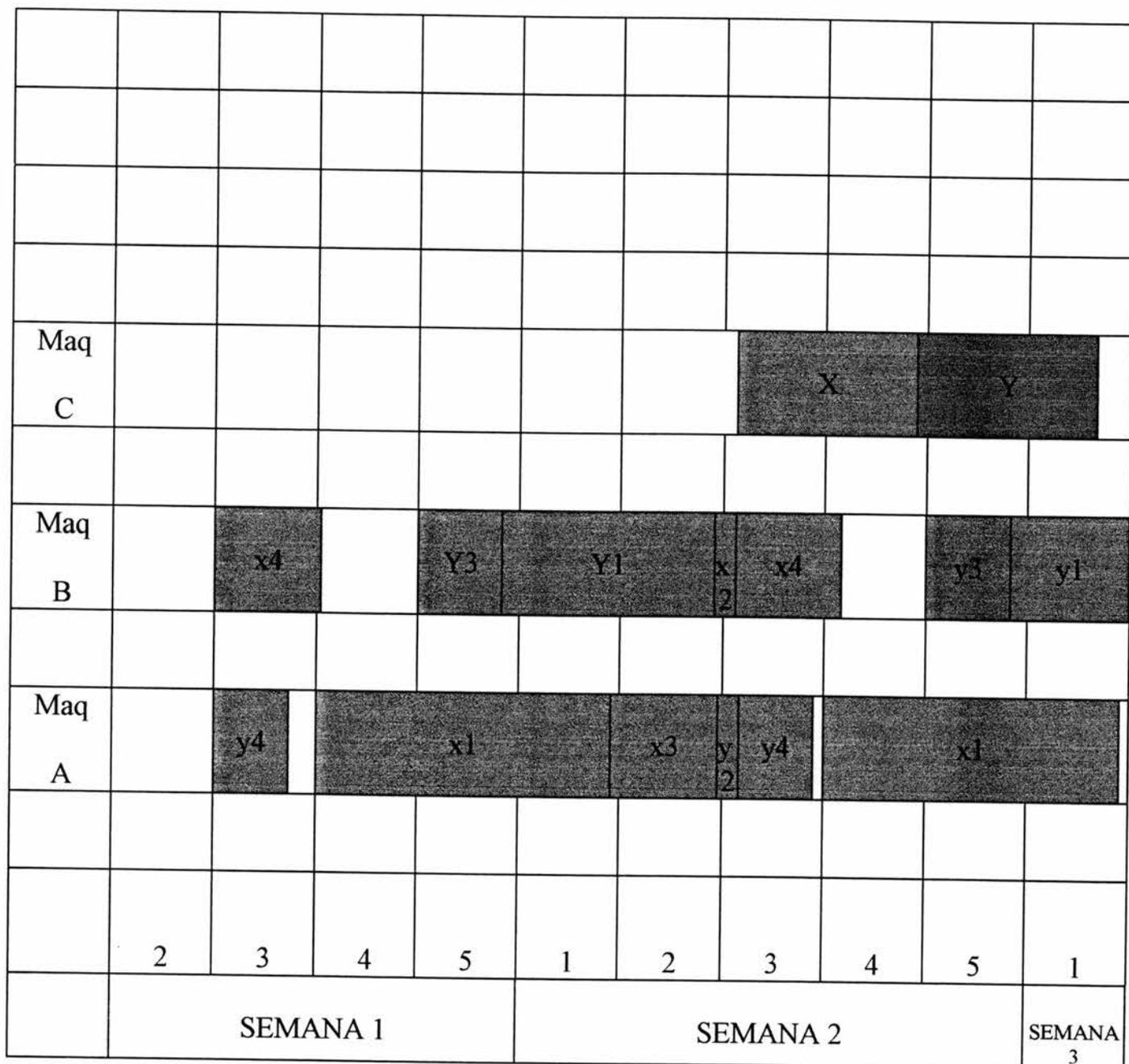


FIGURA 16 - Carga de máquina gerada pelo MRPII para o programa X=100 e Y=100

Maq												
C									X		Y	
Maq												
B	x4		Y3		Y1			x2	x4	y3	y1	
Maq												
A	y4			x1			x3	y2	y4			x1
	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
	SEMANA 1			SEMANA 2					SEMANA 3			

FIGURA 17 - Carga de máquina gerada pelo MRPII para o programa X=140 e Y=140

O método de programação, com a utilização do MRPII é extremamente simples, bastando acompanhar as datas dos relatórios fornecidos e liberar as ordens de produção nestas datas. O resultado da análise das cargas reais que ocorrem baseado nas programações do MRPII nos mostram as seguintes situações:

Quando ocorre demanda de 60 unidades para cada produto acabado, algumas liberações de ordens de fabricação são efetuadas em datas anteriores ao necessário. Este fato ocorre porque os tempos de deslocamento são considerados constantes e a diminuição das demandas diminuirá não só os tempos de operação, mas principalmente os tempos de interoperações.

Para demanda de 100 unidades os produtos são entregues nas datas previstas pelo plano, mas assim mesmo ocorrem máquinas ociosas no período. Isto ocorre principalmente pelo fato de todos os tempos de deslocamento terem sido arredondados para dias.

Para a demanda de 140 unidade a utilização do MRPII gerará atrasos na entrega, mesmo existindo máquinas ociosas em alguns períodos, máquina A no primeiro dia e máquina C em parte do segundo dia e no terceiro dia. Estes conflitos devem ser resolvidos pelo programador de produção. No caso do modelo em análise, pode ser antecipada a programação da peça Y4 na máquina A e das peças Y3 e X2 na máquina B gerando a carga de máquina constante na figura 18

Maq												
C										X		Y
Maq												
B	x4		Y3		Y1			x2	x4	y3		y1
Maq												
A	y4			x1			x3	y2	y4			x1
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3	

FIGURA 18 - Carga de máquina ajustada para a demanda $X=140$ e $Y=140$

Um aspecto que deve ser realçado, e que ficou flagrante na análise dos programas para os três conjuntos de demanda utilizados, é que em nenhuma condição o MRPII otimiza a utilização dos recursos de manufatura. O MRPII se propõe a apresentar um programa de produção lógico, simples de elaborar, e compatível com variações de demanda dentro de limites razoáveis. Em hipótese alguma o MRPII prescinde da existência do programador de produção. É no entanto uma ferramenta que aumenta em muito a produtividade desta função.

Para variações muito significativas da demanda, os passos anteriores existentes no MRPII, principalmente a definição do plano mestre de produção fornecerão ferramentas que podem ser utilizadas para decisões quanto a utilização de recursos externos ou a adoção de horas extras. O aumento das capacidades de produção da fábrica implica em recálculo dos tempos de deslocamento.

Difícilmente um programa de produção se repete em dois períodos consecutivos. Isto faz com que os tempos de deslocamentos reais nunca sejam conhecidos. No fato dos tempos de deslocamento serem considerados constantes independente do "mix" de produção reside o ponto que mais suscita críticas a respeito do MRPII. É importante salientar que o MRPII é uma ferramenta de programação que trabalha com médias. A qualidade dos resultados obtidos com o MRPII será função direta da fidelidade dos dados que se obtiverem. A obtenção das informações dos tempos de deslocamento demandará uma cuidadosa coleta de informações. O custo da obtenção destas informações não é pequeno.

Em comparação com a metodologia adotada até o advento do MRPII, no entanto os benefícios são sensíveis, uma vez que projeta as demandas em função das programações futuras e não com base na história das demandas passadas. Algumas abordagens mais recentes procuram resolver o problema dos tempos de deslocamento através da utilização

de métodos de seqüenciamento, que irão determinar estes tempos de maneira dinâmica e mais realista.

Os estoques existentes em um sistema que opera com programação MRPII tendem ao modelo previsto na sua concepção teórica. Entretanto pelas características de variação do "mix", a situação ideal dificilmente é atingida. Note-se que nos casos de queda de demanda o modelo tende a gerar investimentos antecipados em estoque. A ocorrência deste fato é bastante clara uma vez que os tempos de deslocamentos foram considerados constantes, o sistema tende a gerar demandas antes da necessidade real. Nos casos em que a demanda excede a utilizada para determinação dos tempos de deslocamento, podem aparecer estoques devido ao congestionamento das máquinas.

3.3 - Os sistemas kanban diante das alterações da demanda.

Os sistemas "kanban" são considerados como sistema que respondem diretamente as variações de mercado. Ou seja, somente são produzidos os itens que foram consumidos nos seus supermercados. Pela sua própria natureza os sistemas "kanban" não consideram a demanda futura. Estas demandas no entanto são necessárias para o dimensionamento da capacidade do sistema de manufatura.

Cálculos semelhantes aos efetuados na implantação do sistema MRPII deverão ser efetuados para a implantação de um sistema "kanban". Se no sistema MRPII o parâmetro mais importante que se procurou determinar foi o tempo de deslocamento, no dimensionamento do sistema "kanban" deve ser determinado o número de cartões "kanban" necessários para a operação do sistema. As variáveis necessárias para o dimensionamento dos cartões "kanban" são as seguintes:

Demanda média diária

Capacidade do "contenedor"

"Lead-Time"

Estoque de segurança pretendido.

Apesar de na sua operação os sistemas baseados em "kanban" não se preocuparem com a demanda futura, para sua implantação esta variável tem papel preponderante. Para efeito do presente trabalho será considerado o mesmo modelo utilizado para a análise do MRPII. A figura 19 na página seguinte apresenta o modelo em estudo sob o enfoque utilizado pelo sistema "kanban". O modelo em análise apresenta três células de fabricação representadas como Maq A, Maq B e Maq C. A célula de fabricação chamada de Maq A possui um supermercado onde existem disponíveis as peças x1, x3, y4 e y2. A célula Maq B possui as peças y1, y3, x4 e x2. Finalmente, a célula Maq C possui no supermercado os produtos acabados x e y.

O próximo passo de projeto do sistema "kanban" consiste no cálculo do número de cartões "kanban" necessários para operar o sistema. Existem diversas fórmulas para este cálculo, todas com elementos comuns. Neste trabalho será utilizada a seguinte fórmula:

$$n = D.L.(1+\alpha)^{64}$$

onde n = número de cartões "kanbans"

D= demanda diária expressa em número de "contenedores"

L = "lead-time" tempo total necessário para repor um "contenedor", expresso em frações de dia

α = fator de segurança a ser utilizado.

⁶⁴ MOURA, R. *op cit* p 94

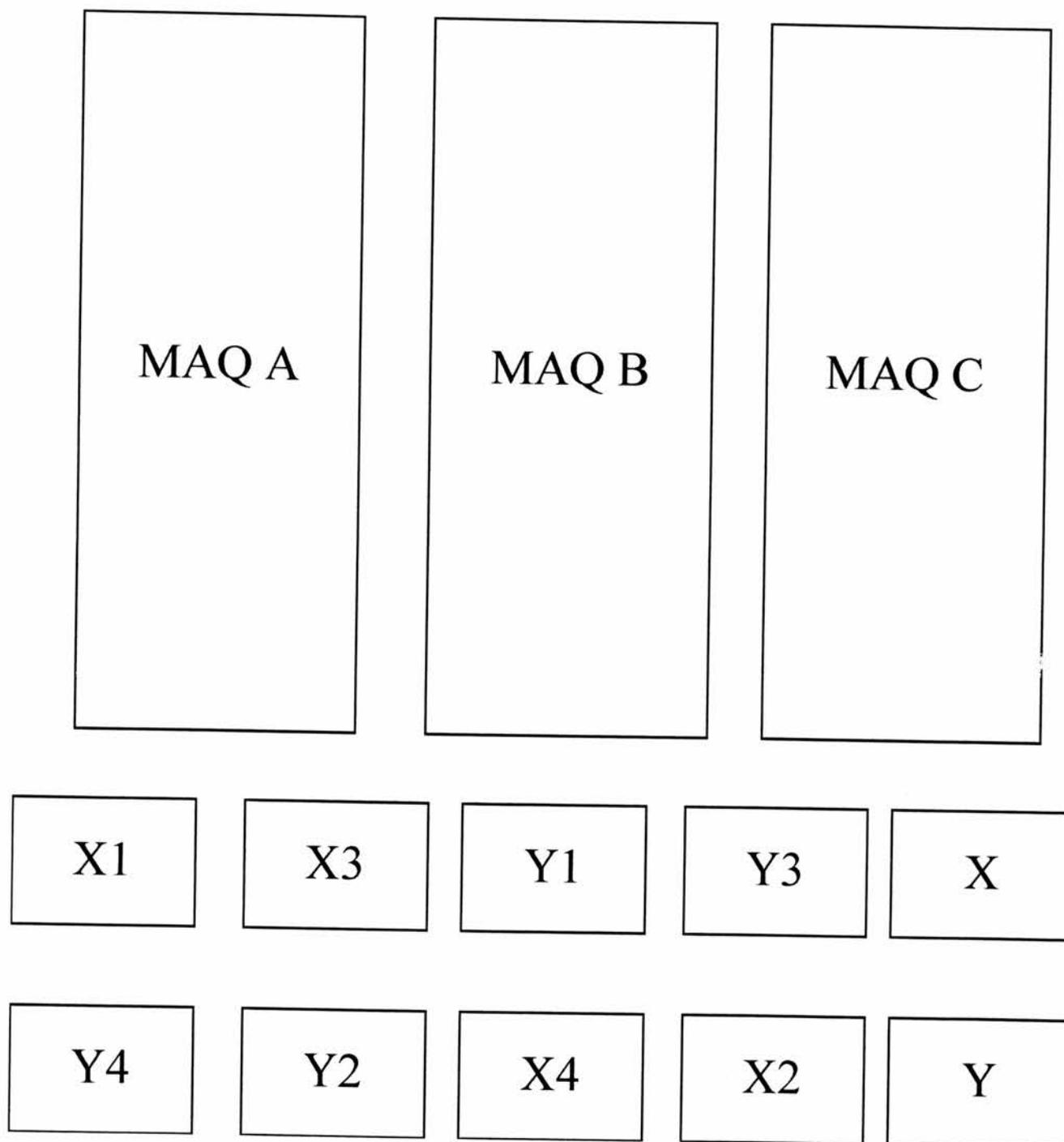


FIGURA 19 - Modelo de produção utilizando “kanban”

O "lead-time" é calculado de forma semelhante ao utilizado para o cálculo do tempo de deslocamento do MRPII. Devem ser levado em conta os tempos de preparação, o tempo de fila originado do fato de outras peças poderem estar ocupando a célula de fabricação e o tempo de operação propriamente dito.

A determinação da demanda de cada uma das peças pode ser obtida através da utilização do MRPII. No modelo em análise foi considerada a demanda de 100 peças semanais de X e 100 peças semanais de Y. Traduzindo esta demanda em termos diários chega-se a 20 peças x e 20 peças y. Considerando "contenedores" com capacidade para 4 peças, a demanda diária é 5 "contenedores" de x e 5 "contenedores" de y.

O próximo passo é o cálculo do "lead-time". O tempo de preparação conforme especificado no modelo para a célula de produção Maq-C é zero. Desta forma os únicos tempos relevantes para a definição do número cartões "kanban" são os tempos de operação e o tempo de fila.

A célula de fabricação Maq-C produz apenas as peças x e y. A situação mais desfavorável que pode ocorrer quando é consumida a última peça de um "contenedor" é a em que a célula Maq-C apenas iniciou a produção da outra peça por ela fabricada. Como ambas as peças são fabricadas em 17 minutos, o tempo de preparação é nulo e o "contenedor" de ambas possui 4 peças, o tempo máximo de espera é de

$$\text{Tempo de espera máximo: } 4 * 17 \text{ minutos} = 68 \text{ minutos}$$

Outro tempo que deve ser considerado é o tempo de produção de um "contenedor". O cálculo deste tempo é efetuado através da fórmula:

$$\text{Tempo de produção} = \text{NPC} * \text{To} + \text{Tprep}$$

onde NPC é o número de peça do "contenedor", To é o tempo de operação e Tprep é o tempo de preparação. Desta forma

Tempo de operação = $4 * 17 + 0$ minutos = 68 minutos

O "lead-time" total é a soma destes dois tempos

"lead-time" = $68 + 68 = 136$ minutos

No modelo em análise foi considerado o trabalho em dois turnos de 8 horas, portanto a "lead-time" em fração de dias é

$136 \text{ minutos} / 960 \text{ minutos} = 0,1417$ dias

Normalmente é incluído um fator de segurança que no caso será considerado 10 %.

O número de cartões "kanban" para as peças x e y será portanto

$n = 5 * 0,1416 * (1 + 0,10) = 0,7788$ é necessário apenas 1 cartão "kanban" para peças x e y. Utilizando-se apenas um cartão "kanban", quando a última peça for consumida a próxima deverá esperar até que seja produzido um novo "contenedor". Para evitar esta situação serão mantidos 2 cartões "kanban".

Uma vez projetado o supermercado da célula de fabricação Maq-C, deve-se prosseguir projetando os supermercados das demais células de fabricação.

Quando um "contenedor" tem sua última peça consumida seu cartão "kanban" é enviado para a célula fabricar novamente a peça. A pior situação que pode ocorrer é a em que existam cartões de todas as outras peças no painel porta "kanban" sendo que uma delas está apenas iniciando a sua fabricação. Nesta situação, o "lead-time" é igual à soma dos tempos de operação e de preparação de todas as peças que passam pela célula de fabricação. Em outras situações existirão cartões "kanban", somente de algumas peças, situação na qual o "lead-time" será igual à soma dos tempos de produção e dos tempos de preparação dos "contenedores" destas peças. Em alguns casos não haverá nenhum cartão "kanban" e o "lead-time" será nulo. A determinação do "lead-time" deve levar em consideração todas estas possibilidades. Normalmente é utilizada a média dos "lead-times" possíveis. Para início do projeto pode ser utilizada a pior situação, ou seja aquela

em que todas as peças estão aguardando para serem produzidas. A capacidade de auto ajuste característica dos sistemas "kanban" permite que na primeira aproximação do cálculo do número de "kanbans" seja utilizada esta situação. Caso o giro dos "kanbans" se mostre muito lento, o seu número pode ser diminuído dentro do processo de melhorias contínuas que caracteriza os ambientes "just-in-time". Da mesma forma, caso seja verificado que o número de cartões "kanban" acima do limite crítico tem ocorrido muitas vezes, o número de cartões "kanban" pode ser aumentado. A tabela XIII apresenta o cálculo do número de cartões "kanban" para todas as peças do modelo em análise.

TABELA XIII - Cálculo do número de "kanbans

MAQ A	PEÇAS			
	X1	X3	Y4	Y2
CONTENEDOR	4 PEÇAS	4 PEÇAS	4 PEÇAS	4 PEÇAS
TEMPO PREP	2	1	2,5	0,5
TEMPO OPER	112	40	28	8
TEMPO FILA	80	153	163,5	185,5
TEMPO TOT	194	194	194	194
MIN/DIA	960	960	960	960
TEMPO DIAS	0,2021	0,2021	0,2021	0,2021
DEM DIA	5	5	5	5
FATOR SEG	0,10	0,10	0,10	0,10
NUM KANBAN	2	2	2	2
MAQ B	PEÇAS			
	Y1	Y3	X4	X2
CONTENEDOR	4	4	4	4
TEMPO PREP	10	5	2,5	2,5
TEMPO OPER	76	32	40	20

TEMPO FILA	102	151	145,5	165,5
TEMPO TOT	188	188	188	188
MIN/DIA	960	960	960	960
TEMPO DIAS	0,1958	0,1958	0,1958	0,1958
DEM DIA	5	5	5	5
FATOR SEG	0,10	0,10	0,10	0,10
NUM KANBAN	2	2	2	2

Analisando-se o desempenho do sistema para as mesmas demandas consideradas na análise do MRPII, mas agora considerando que elas ocorrerão distribuídas dentro da semana, e considerando que no início de sua operação todos os “contenedores” estão completos, encontram-se as seguintes situações.

3.3.1 Simulação das operações para as demandas de 60, 100 e 140 peças semanais.

Na situação de demanda de 60 peças de x e de y, serão vendidas 12 unidades de cada peça por dia. Para facilitar a análise será considerado que sejam vendidas alternativamente 4 unidades de x e 4 unidades de y. Será considerado também que estas vendas ocorram homoganeamente durante o dia, ou seja, as primeiras 4 unidades de X são vendidas após 160 minutos do início do dia, após mais 160 minutos são vendidas 4 unidades de Y e assim alternativamente. Com estas considerações, o primeiro “contenedor” de x será consumido após 211 minutos.

As mesmas condições são utilizadas para a demanda de 100 unidade semanais e para 140 unidades semanais. As folhas de simulação dos painéis porta-kanban nas

páginas subseqüentes mostram a seqüência de produção para cada demanda. Para demandas maiores do que a prevista no projeto do número de "kanbans", os tempos de espera começam a aumentar, originando no primeiro momento necessidade de se aumentar o número de cartões "kanban" e logo a seguir falta de peças. A operacionalidade do sistema no entanto é fantástica. As ordens vão sendo automaticamente geradas sem que haja necessidade de nenhuma coordenação central.

Desde que a fábrica suporte a demanda total a que está submetida, normalmente os sistemas kanban após alguns ciclos se adaptam às suas variações. No momento em que é detectada a variação positiva da demanda, a introdução de mais um cartão kanban provoca algum distúrbio no sistema e sua administração deve ser controlada por algum departamento semelhante ao PCP. Uma das formas possíveis é utilizar as folgas para produzir as peças do "contenedor" adicionado. Isto pode no entanto demandar muitos ciclos de produção. No caso de variação negativa da demanda, a retirada de um cartão kanban é um processo indolor. O interessante da utilização do sistema é o fato de que seus controles visuais, no caso representado pelo painel porta-kanban fornecem todas as indicações necessárias para as ações corretivas. Variações muito bruscas da demanda no entanto podem levar o sistema ao colapso, no caso de variação positiva, ou a super estocagem no caso de reduções drásticas da demanda.

Máquina A				Máquina B				Máquina C			
peça	nec. ger.	inic. oper	fim oper	peça	nec. ger.	inic. oper	fim oper	peça	nec. ger.	inic. oper	fim oper.
X1	211	211	323,08	X2	211	211	231,1	X	160	160	228
X3	226,1	323,08	363,12	X4	353,12	353,12	393,22	Y	320	320	388
Y2	371	371	379,02	Y1	371	393,22	469,62	X	480	480	548
Y4	493,82	493,82	521,92	Y3	377,02	469,62	501,82	Y	640	640	708
X1	531	531	643,08	X2	531	531	551,1	X	800	800	868
X3	546,1	643,08	683,12	X4	673,12	673,12	713,22	Y	960	960	1028
Y2	691	691	699,02	Y1	691	713,22	789,62	X	1120	1120	1188
Y4	813,82	813,82	841,92	Y3	697,02	789,62	821,82	Y	1280	1280	1348
X1	851	851	963,08	X2	851	851	871,1	X	1440	1440	1508
X3	866,1	963,08	1003,12	X4	993,12	993,12	1033,22	Y	1600	1600	1668
Y2	1011	1011	1019,02	Y1	1011	1033,22	1109,62	X	1760	1760	1828
Y4	1133,82	1133,82	1161,92	Y3	1017,02	1109,62	1141,82	Y	1920	1920	1988
X1	1171	1171	1283,08	X2	1171	1171	1191,1				
X3	1186,1	1283,08	1323,12	X4	1313,12	1313,12	1353,22				
Y2	1331	1331	1339,02	Y1	1331	1353,22	1429,62				
Y4	1453,82	1453,82	1481,92	Y3	1337,02	1429,62	1461,82				
X1	1491	1491	1603,08	X2	1491	1491	1511,1				
X3	1506,1	1603,08	1643,12	X4	1663,12	1663,12	1703,22				
Y2	1651	1651	1659,02	Y1	1651	1703,22	1779,62				
Y4	1773,82	1773,82	1801,92	Y3	1657,02	1779,62	1811,82				
X1	1811	1811	1923,08	X2	1811	1811,82	1831,92				
X3	1826,1	1923,08	1963,12	X4	1953,12	1953,12	1993,22				
Y2	1971	1971	1979,02	Y1	1971	1993,22	2069,62				
Y4	2093,82	2093,82	2121,92	Y3	1977,02	2069,62	2101,82				

TABELA XIV - Simulação dos painéis porta-kanban para a demanda X=60 e Y=60

Máquina A				Máquina B				Máquina C			
peça	nec. ger.	inic oper	fim oper	peça	nec. ger.	inic. oper	fim oper	peça	nec. ger.	inic. oper	fim oper.
X1	147	147	259,08	X2	147	147	167,1	X	96	96	164
X3	162,1	259,08	289,12	Y1	243	243	319,4	Y	192	192	260
Y2	243	289,12	297,14	Y3	305,14	319,4	351,6	X	288	288	356
X1	339	339	451,08	X2	339	339	371,7	Y	384	384	452
Y4	343,6	451,08	479,18	Y1	435	435	511,4	X	480	480	548
X3	366,7	479,18	509,22	X4	509,22	511,4	551,5	Y	576	576	644
Y2	435	509,22	517,24	Y3	525,24	551,5	583,7	X	672	672	740
X1	531	531	643,08	X2	531	531	603,8	Y	768	768	836
Y4	575,7	643,08	671,18	Y1	627	627	703,4	X	864	864	932
X3	598,8	671,18	701,22	X4	701,22	703,4	743,5	Y	960	960	1028
Y2	627	701,22	709,24	Y3	717,24	743,5	775,7	X	1056	1056	1124
X1	723	723	835,08	X2	723	723	795,8	Y	1152	1152	1220
Y4	767,7	835,08	863,18	Y1	819	819	895,4	X	1248	1248	1316
X3	790,8	863,18	893,22	X4	893,22	895,4	935,5	Y	1344	1344	1412
Y2	819	893,22	901,24	Y3	909,24	935,5	967,7				
Y4	959,7	959,7	987,8	X2	1011	1011	1031,1				
X1	1011	1011	1123,08	Y1	1107	1107	1183,4				
X3	1026,1	1123,08	1153,12	X4	1153,12	1183,4	1223,5				
Y2	1107	1153,12	1161,14	Y3	1169,14	1223,5	1255,7				
X1	1203	1203	1315,08	X2	1203	1255,7	1275,8				
Y4	1247,7	1315,08	1343,18	Y1	1299	1299	1375,4				
X3	1270,8	1343,18	1373,22	X4	1372,22	1375,4	1415,5				
Y2	1299	1373,22	1381,24	Y3	1389,24	1415,5	1447,7				
X1	1395	1395	1507,08	X2	1395	1447,7	1467,8				
Y4	1439,7	1507,08	1535,18								

TABELA XV - Simulação dos painéis porta-kanban para a demanda X=100 e Y=100

Máquina A				Máquina B				Máquina C			
peça	nec ger.	inic oper	fim oper	peça	nec. ger.	inic. oper	fim oper	peça	nec. ger.	fim oper.	
X1	119,57	119,57	231,65	X2	119,57	119,57	139,67	X	68,57	68,57	
X3	134,67	231,65	271,69	Y1	188,14	188,14	264,54	Y	137,14	137,14	
Y2	188,14	271,69	279,71	X2	256,71	264,54	284,64	X	205,71	205,71	
X1	256,71	279,71	391,79	X4	261,69	284,64	324,74	Y	274,28	274,28	
X3	279,64	391,79	431,83	Y3	277,71	324,74	356,94	X	342,85	342,85	
Y2	325,28	431,83	439,85	Y1	325,28	356,94	433,34	Y	411,42	411,42	
Y4	348,94	439,85	467,95	X2	393,85	433,34	453,44	X	479,99	479,99	
X1	393,85	467,95	580,03	X4	421,83	453,44	493,54	Y	548,56	548,56	
X3	448,44	580,03	620,07	Y3	437,85	493,54	525,74	X	617,13	617,13	
Y2	462,42	620,07	628,09	Y1	462,42	525,74	602,14	Y	685,7	685,7	
Y4	517,74	628,09	656,19	X2	530,99	602,14	622,24	X	754,27	754,27	
X1	530,99	656,19	768,27	Y1	599,56	622,24	698,64	Y	822,84	822,84	
Y2	599,56	768,27	776,29	X4	610,07	698,64	738,74	X	891,41	891,41	
X3	617,24	776,29	816,33	Y3	626,09	738,74	770,94	Y	959,98	959,98	
X1	668,13	816,33	928,41	X2	688,13	770,94	791,04				
Y2	736,7	928,41	936,43	Y1	736,7	791,04	867,44				
Y4	762,94	936,43	964,53	Y3	774,29	867,44	899,64				
X3	786,04	964,53	1004,57	X2	805,27	899,64	919,74				
X1	805,27	1004,57	1116,65	X4	806,33	919,74	959,84				
Y2	873,84	1116,65	1124,67	Y1	873,84	959,84	1036,24				
Y4	891,64	1124,67	1152,77	Y3	934,43	1036,24	1068,44				
X3	914,74	1152,77	1192,81	X2	942,41	1068,44	1088,54				
X1	942,41	1192,81	1304,89	X4	994,57	1088,54	1128,64				
Y2	101,98	1304,89	1312,91	Y1	1001,98	1128,64	1205,04				
Y4	1060,44	1312,91	1341,01								

TABELA XVI - Simulação dos painéis porta-kanban para a demanda X=140 e Y=14+A80

3.4 - A utilização de OPT e a Teoria das Restrições

OPT e Teoria das Restrições apresentam além de um conjunto de idéias, também um “software” para a otimização do controle da produção. O “software” segundo seu autor se preocupa em localizar o gargalo de produção. A forma como o localiza entretanto não é citada pelo autor. Partindo do princípio que o gargalo seja corretamente localizado de forma dinâmica, a utilização de OPT garantirá que as ações corretivas sejam tomadas antes da ocorrência dos gargalos. Os princípios da Teoria das Restrições são aplicáveis em qualquer situação de demanda. As variações de demanda ocasionarão em alguns casos mudança no gargalo do sistema. Os princípios gerais do OPT no entanto continuarão a ser aplicáveis.

LARSEN e ALTING ⁶⁵ reportaram que

"- o OPT é um "software" que necessita uma quantidade muito grande de dados. As informações necessárias superam em muito as normalmente disponíveis.

O OPT assume gargalos estáveis. Caso o gargalo se desloque entre um recurso e outro no tempo, OPT produz programas de reduzido valor. Esta afirmação nos permite concluir que o OPT não responde bem às variações da demanda.

-As programações devem ser seguidas à risca. Um dos pontos chaves para o sucesso do OPT é a existência de operários que realizem toda a programação apresentada pelo OPT, uma vez que o sistema é muito sensível a desvios

-Delegação de responsabilidades. O OPT não permite delegação de responsabilidades para os mestres em setores fora do gargalo. Todo o progresso da

⁶⁵ LARSEN, N. E., e ALTING, L, *Criteria for Selecting a Production Control Philosophy*, Production Planning & Control (1), 4 pp 54, 68

produção deve ser reportado para o planejamento central, gerando uma visão robotizada da fábrica.

-OPT não é indicado para pequenos volumes de produção.

-É necessário um treinamento exaustivo no uso do OPT

-OPT não é uma alternativa para o MRPII. Ele necessita do MRPII para o planejamento de materiais.

4- O MRPII, KANBAN E OPT E AS CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS E PROCESSOS.

4.1 - As Características dos Processos

Para efeito das análise deste capítulo serão utilizadas os tipos de produção definidos por Karmarkar ⁶⁶

Desta forma consideraremos os seguintes tipos de produção:

Primeiro tipo: Fluxo contínuo

Processo produtivo dedicado a um ou poucos produtos. A produção é contínua e nivelada. Os "lead-times" são uniformes e previsíveis.

Segundo tipo: Produção repetitiva em lotes

Parte do processo pode se assemelhar ao fluxo contínuo enquanto outras partes se assemelham a produção em lotes pura. Os "lead-times" são aproximadamente constantes e previsíveis. O "mix" de produtos é relativamente constante mas sofre variações de mês para mês.

Terceiro tipo: Produção em lotes com variações dinâmicas

A produção é em lotes e o volume varia continuamente. Clientes colocam pedidos em bases semanais e mensais com quantidades variáveis. As cargas mudam constantemente e os gargalos aparecem em diferentes máquinas.

Quarto tipo: Produção sob projeto.

⁶⁶KARMAKAR, Uday, op. cit

Cada produto apresenta um conjunto significativo de opções por parte do cliente, o que faz com que cada produto seja encarada como um novo projeto. O núcleo central do projeto no entanto é constante. Exemplos deste tipo de produção são os fabricantes de máquinas operatrizes, geradores elétricos de grande porte etc.

Uma análise dos tipos de processos industriais nunca será exaustiva, pois são possíveis efetuar inúmeras classificações diferentes dependendo dos objetivos a que se destinam. Para efeitos do presente trabalho serão consideradas apenas estas quatro, que apresentarão um panorama das características de cada metodologia. Uma primeira sugestão de futuros trabalhos de investigação na área é a de traçar um perfil das técnicas aplicáveis em cada segmento existente na região onde se encontra o leitor. Por exemplo seria interessante realizar-se um estudo do comportamento das metodologias especificamente para a indústria calçadista, para a indústria de cerâmica etc.⁶⁷

Em cada um dos tipos de produção analisados serão enfocados os aspectos de planeamento de materiais, liberação de ordens de fabricação e controle de chão de fábrica.

4.1.1 Produção por Fluxo Contínuo

A Produção por fluxo contínuo, de acordo com a definição aqui utilizada, dedica-se a um ou a poucos produtos similares. Sua produção é nivelada e os "lead-times" são conhecidos com bastante precisão. Existindo produção nivelada, é possível utilizar um

⁶⁷ Outra forma bastante interessante de caracterizar os tipos de indústria pode ser encontrado em BURBIDGE John L., *Production Control: a Universal Conceptual Framework* Production Planning & Control (10,1 PP 3-16. Neste trabalho Burbidge classifica as indústrias de acordo com uma matriz na qual uma das dimensões é o tipo de conversão dos materiais. Nesta dimensão são considerados 4 tipos de conversão: processo, no qual poucos insumos são transformados em poucos produtos conversão implorativa na qual poucos insumos são transformados em muitos produtos conversão quadrada, na qual muitos insumos são transformados em muitos produtos e conversão explosiva, na qual muitos insumos são transformados em poucos produtos. A outra dimensão é a utilizada classicamente de divisão em produção contínua, produção em lotes e produção sob encomenda. Do cruzamento destas duas dimensões Burbidge chega a 9 tipos de produção

sistema baseado em cartões "kanban" que funcionará de forma uniforme sem grandes flutuações no seu número. Normalmente neste tipo de produção, as variáveis existentes no processo são totalmente conhecidas. A dificuldade de implantar um sistema "kanban" é bastante reduzida. Sendo um processo no qual os volumes são grandes, normalmente não são utilizadas ordens de fabricação específicas para cada pedido. Muitas vezes são empregadas ordens de fabricação que cobrem vários dias de produção. A utilização de um sistema baseado no MRPII normalmente é desnecessária, pois o fluxo de produção normalmente é simples. A prática de emissão de ordens de fabricação para diversos dias elimina a necessidade do MRPII para esta função. Como a produção é praticamente constante, as necessidades de insumos também o são. Isto faz com que seja relativamente fácil a obtenção de acordos de fornecimento, característica dos fornecimentos "just-in-time". Este fato elimina a necessidade da determinação do programa de necessidades de materiais, outra característica fundamental do MRPII. Desta forma, para este tipo de produção, o planejamento de materiais pode ser efetuado através da utilização de "kanban", dispensando o uso de MRPII. A liberações de ordens de fabricação, por se tratar de atividade realizada para grandes lotes normalmente não apresenta maiores problemas. O particionamento do grande lote em lotes menores para efeitos de homogeneização do fluxo de fabricação é facilmente implantável através de cartões "kanban". Da mesma forma o controle de chão de fábrica beneficia-se da utilização dos cartões "kanban".

Sendo a fábrica tratada como um todo contínuo, o conceito de gargalo não existe. O que pode ocorrer é que a fábrica não atenda à demanda de mercado. Neste ponto toda a fábrica tornou-se um gargalo. As decisões deixam de pertencer ao planejamento da produção e passam ao escopo do planejamento de expansões, onde são aplicáveis as técnicas de análise de investimento .

Desta forma, para produção do tipo fluxo contínuo, é recomendável a adoção de "kanban" para a obtenção dos materiais e para o acompanhamento das ordens de

fabricação no chão de fábrica. A demanda sendo contínua fará com que cada quantidade fabricada seja imediatamente destinada aos clientes, formando um fluxo contínuo entre a demanda dos clientes e a compra de matérias primas dos fornecedores.

4.1.2 Produção Repetitiva em Lotes

A Produção repetitiva em lotes, onde parte dos produtos tem característica de fluxo contínuo, e parte envolve lotes de fabricação, deve ter um tratamento diferenciado. As considerações sobre produção em fluxo contínuo, valem para a parte contínua deste tipo de produção. Por outro lado, a produção em lotes demanda o conhecimento antecipado das quantidades necessárias de matérias primas e componentes. Uma das formas práticas de obter estas informações é através do MRPII. Do ponto de vista de planejamento de materiais, uma combinação entre o MRPII e "Just-in-Time" apresenta os benefícios de ambas as metodologias. Todas as peças e componente que são consumidos de forma uniforme podem ter sua programação de abastecimento operando através de cartões "kanban". Os demais produtos, ou seja, aqueles que apresentam variações de demanda, se beneficiarão do MRPII, com suas característica de planejar com antecipação as necessidades, em resposta aos planos mestre de produção. A liberação das ordens de fabricação neste tipo de empresa, pode se beneficiar das vantagens do MRPII. Uma vez que os "lead-times" são determináveis de forma bastante precisa, normalmente o desempenho dos sistemas MRPII para este tipo de empresa é bastante satisfatório. Este tipo de produção pelas suas características normalmente não apresenta gargalos variáveis (produção homogênea etc.). A resolução dos problemas dos gargalos, sai portanto da administração da produção, e novamente pertence ao escopo da análise dos investimentos. Desta forma a utilização de OPT parece desnecessária, pois os programas de produção são bastante semelhantes todos os meses.

As ordens de fabricação, da mesma forma que na produção por fluxo contínuo, escoam suavemente pela fábrica, não existindo o problema de múltiplas ordens

disputando recursos limitados. Desta forma o chão de fábrica pode ser administrado utilizando as técnicas "kanban".

4.1.3 Produção em Lotes com Variações Dinâmicas

Na produção em lotes com variações dinâmicas, dificilmente poderá ser utilizado um processo baseado em "kanban", para a administração de materiais. A menos que se trate de empresa com um poder de barganha muito grande diante dos fornecedores, é pouco provável que algum fornecedor se engaje em um processo de fornecimento "just-in-time", sem nenhuma garantia de fornecimento. Caso a empresa no entanto trabalhe com contratos de fornecimento, com a demanda de matérias primas e componentes definida através das explosões MRPII, que constituem o programa de compras, o recebimento pode ser negociado em forma "Just-in-time". Normalmente nestes casos aparecerão estoques, pois dificilmente será possível adequar os lotes de recebimento aos lotes de fabricação. O "kanban", no entanto, representa uma forma inteligente e funcional de minimizar os investimentos em matéria primas e componentes, sem perder o poder de barganha originado dos volumes de compras.

A liberação de ordens de fabricação obtém vantagens da utilização de MRPII. Normalmente nas empresa que se enquadram nas características aqui descritas, as oscilações de demanda levarão qualquer sistema "kanban" ao colapso. Desta forma, a utilização de MRPII é a melhor solução para a liberação das ordens de fabricação. As técnicas OPT e semelhantes que procuram resolver o problema do seqüenciamento das operações podem introduzir importantes melhorias na produtividade deste tipo de empresa. Entretanto devido ao custos envolvidos com o "software" OPT e no caso brasileiro praticamente a inexistência de implantações, sua utilização ainda é uma incógnita. Os conceitos da Teoria das Restrições no entanto, podem e devem ser utilizados, como forma de priorização da produção. Note-se que neste tipo de produção, os "Lead-Times" são variáveis, pela própria natureza dos processos. A obtenção de

programas levando em conta a totalidade das restrições, com certeza levará a soluções melhores do que as recomendações baseadas em "lead-times" fixos. Existem alguns "softwares" como X-FLO, CLASS e MIMI, que sem a pretensão de possuir toda a abrangência definida por Goldratt ⁶⁸ podem apresentar melhorias significativas na programação detalhada das operações.

O controle das operações de chão de fábrica através do sistema MRPII normalmente representa um custo elevado devido à grande quantidade de informações que necessita. As soluções para minimizar o problema são as seguintes:

-Controlar o chão de fábrica apenas em pontos chave, diminuindo o número de estações de fabricação controladas. Esta solução implica na criação de células de fabricação, e a conseqüente liberação das ordens a este nível. Caso a empresa tenha interesse em dividir os lotes de fabricação, como forma de diminuir os inventários o problema novamente aparece.

-Implantar "kanban" dinâmico

Uma solução racional, que vem sendo adotada e já se encontra incorporada a alguns "softwares" de MRPII, é a geração dinâmica de cartões "kanban". Estes cartões são utilizados no chão de fábrica, da mesma forma que os cartões "kanban" tradicionais, com a diferença que possuem um determinado número de utilizações pré-definidas. Após cumprirem o seu ciclo, estes cartões são inutilizados. Como exemplo de "software" que utiliza este conceito pode ser citado o produto da Arthur Andersen & Co. ⁶⁹, "Mac-Pac". Estes sistemas funcionam da seguinte forma:

⁶⁸Goldratt, Eliyhau, op. cit

⁶⁹ Arthur Andersen & Co. *Competitive Advantage Through the Integrates Planning and Control of Manufacturing, Distribution and Finance*. 1991

-Baseado nos programas de MRPII são emitidos cartões "kanban". Na definição da estrutura do produto além do tempo de deslocamento total, também é definido o número de peças que compõem um "contenedor" e o número de cartões "kanban" que devem ser emitidos.

-Com estas informações os sistemas geram a quantidade de cartões definida, e informam o número de ciclos que cada cartão está autorizado a cumprir. O número de ciclos é calculado através de

$$\text{número de ciclos} = \frac{\text{Produção total}}{\text{peças por contenedor} \times \text{número de cartões Kanban}}$$

-O primeiro ciclo de produção dos cartões "kanban" é realizado de forma empurrada. Ou seja, os cartões "kanban" são levados às minifábricas, da mesma forma que nos sistemas tradicionais de MRPII.

-A partir deste ponto a produção só é realizada quando existirem cartões "kanban" no painel da minifábrica.

Esta metodologia, se por um lado elimina as dificuldades existentes nos apontamentos de produção do MRPII, por outro lado apresenta as dificuldades de implantação do MRPII, combinadas com as existentes nos sistemas baseados em "kanban". Alguns pontos chave que devem ser resolvidos dizem respeito à definição do número máximo de cartões "kanban" que devem ser emitidos para cada peça. Os parâmetros devem ser definidos de forma análoga à utilizada para a definição dos tempos de deslocamento, e para a determinação do número de cartões "kanban". Uma vez implantado, o sistema permite que no ambiente de produção em lote dinâmica, seja usufruída a vantagem da utilização dos processos baseados em administração visual, em

contraposição à administração por relatórios. Da mesma forma, como a produção flui de acordo com a demanda, os impactos originados nos estoques são facilmente visualizados. As críticas normalmente dirigidas ao MRPII, de cristalizar situações, torna-se totalmente infundada com a adoção desta metodologia. Da mesma forma que nas implantações puras de "kanban", a existência de poucos cartões no painel porta-kanban indica que houve variação na demanda, ou que os tempos de deslocamentos estão superestimados. Por outro o aparecimento de um número excessivo de cartões no painel porta-kanban, indica subestimação dos tempos de deslocamento. As ações de melhoria devem refletir imediatamente nas informações alimentadas nos sistemas MRPII.

4.1.4 Produção sob Projeto

A produção sob projeto, apresenta algumas dificuldades adicionais às existentes na produção dinâmica em lotes. Como se trata de produção de baixo volume e com muitos componentes personalizáveis, não existe propriamente um padrão de produção. As cargas de trabalho das máquinas variam significativamente, o que faz com que os "lead-times" sejam de difícil previsão. Filas e congestionamentos são as principais preocupações destes sistemas.

A utilização de MRPII com seus "lead-times" constantes, à primeira vista não é recomendada. Da mesma forma a utilização de sistemas baseados em "kanban", também parece não ser adequada. O MRPII, no entanto, com suas facilidades para a determinação das necessidades de matérias primas é uma boa solução. Ainda que a variabilidade dos "lead-times" torne desaconselhável a aquisição das matérias primas e componentes nos prazos apontados, a determinação das necessidades em estruturas complexas já é de grande valia. Com a finalidade de se avaliar os tempos de "lead-time", deve ser dedicado um esforço na análise dos impactos sobre a estrutura de fabricação. Esta avaliação apresenta algumas dificuldades, pois se por um lado o número de produtos acabados que são fabricados não é significativo, o número de componentes normalmente é muito

elevado. Para estes casos é necessário que se utilizem outras técnicas que permitam o cálculo de "lead-times" mais realistas do que os determinados na implantação do MRPII. Podem ser utilizadas técnicas como PERT e CPM, para a definição das liberações das ordens de fabricação. O acompanhamento da produção, no entanto, pode utilizar o MRPII, como forma de manter uma base homogênea de informações. A utilização das regras da Teoria das Restrições novamente é de grande valia para estas situações. Neste tipo de produção é que reside o maior desafio de otimização dos recursos. É, por isso mesmo, onde são mais necessárias técnicas semelhantes ao OPT. A utilização do sistema de "kanban" dinâmico neste tipo de produção, encontra uso principalmente naqueles componentes que são produzidos repetitivamente dentro do projeto.

Os desafios apresentados pela produção sob projeto são bastante conhecidos da literatura de produção. As técnicas de otimização da produção, desde a revolução industrial, passando pela criação das linhas de montagem e chegando até os sistemas japoneses de produção não apresentaram solução para este tipo de produção. Por suas características, normalmente utiliza-se este tipo de produção para produtos complexos, de alto valor unitário e não passíveis de serem produzidos em escala maior. As tendências no entanto apontam para a proliferação de sistemas de produção segundo este paradigma. Segundo Toffler ⁷⁰ *"O novo sistema vai além da produção em massa e segue para a produção flexível, sob encomenda, ou "desmassificada". Devido às novas tecnologias da informação, ele pode fazer lotes pequenos de produtos altamente variados, até mesmo sob encomenda, a custos que se aproximam dos da produção em massa"*. Da mesma forma Naisbitt ⁷¹ afirma *"Quando o foco estava nas instituições, os indivíduos recebiam aquilo que convinha a elas: todos obtinham as mesmas coisas. Com a ascensão do indivíduo, vem a supremacia do consumidor. Há muito tempo costuma-se dizer que o*

⁷⁰ TOFFLER, Alvin. *Powershift, As mudanças do poder*, Rio de Janeiro, Record, 1991

⁷¹ NAISBITT, John e ABURDENE, Patricia. *Megatrends 200, Dez novas tendências de transformação da sociedade dos anos 90*. São Paulo, Editora Amana-Key, 1990

cliente sempre tem razão. Agora isso é verdade. A indústria automobilística avançou sem oferecer opções.... Hoje, com a ajuda do computador existe o automóvel quase exclusivo.... Um comprador da Volvo pode selecionar entre mais de 20.000 combinações possíveis para criar sua preferência individual."

Estas afirmações indicam uma possível tendência na indústria do amanhã. Esta indústria parece que caminha cada vez mais em direção a produção do quarto tipo. Os desafios a serem enfrentados pela indústria serão crescentes e a utilização das técnicas modernas de controle de produção são uma necessidade cada vez mais premente.

A tabela XVII a seguir apresenta um resumo das análises aqui apresentadas.

TABELA XVII- Sistemas adotados para diversas funções do controle de produção			
	PLANEJAMENTO DE MATERIAIS	LIBERAÇÃO DAS ORDENS DE FABRICAÇÃO	CONTROLE DE CHÃO DE FÁBRICA
FLUXO CONTÍNUO	KANBAN	LIBERAÇÃO SIMPLES	KANBAN
REPETITIVO EM LOTES	KANBAN E MRPII	MRPII	KANBAN
LOTE DINÂMICO	MRPII	MRPII	KANBAN
PRODUÇÃO SOB PROJETO	MRPII	PERT CPM	OPT

FONTE Uday Karmarkar - Harvard Business Review, 67(5) sep/oct 89

Moura ⁷², analisando as vantagens e desvantagens do "kanban" e do MRPII, afirma que *"As empresas que apresentam variação considerável nas vendas, modificações de engenharia, introdução constante de novos produtos, condições de fornecimento dinâmicas etc. precisam de sistemas integrados que permitam obter, de*

⁷² Moura, Reinaldo A. "Kanban" A simplicidade do Controle da Produção. São Paulo, IMAM, 1989

forma rápida, informações sobre as repercussões causadas por essas modificações dinâmicas, para replanejar logo a fabricação e a compra de forma coerente e adequada". Esta afirmação confirma as apresentadas no quadro anterior, pois à medida que a característica da produção nos conduz a processos mais erráticos, o controle se desloca do kanban para o MRPII. Na mesma obra Moura também afirma que "Existe uma enorme diferença na complexidade do controle da produção e do inventário, de uma fábrica onde o inventário de material em processo é igual a apenas 4 a 6 horas de produção de outra onde o inventário de material em processo é igual a 4 a 6 semanas de produção. A primeira precisa de controles simples e a outra de controles muito mais complexos. A primeira precisa de "kanban", e a segunda de MRPII".

Até este ponto foram analisados os aspectos de Planejamento da Produção ligadas ao planejamento de materiais, a liberação das ordens de fabricação e ao controle do chão de fábrica. Outro aspecto importante diz respeito ao planejamento das expansões. O "kanban" como já foi explanado no capítulo não reconhece a existência de demanda futura até que ela ocorra. Portanto, o "kanban" não oferece nenhum instrumento de Planejamento. O MRPII por outro lado está totalmente centrado no conceito de plano mestre de produção. Este plano mestre de produção pode representar a demanda da próxima semana, do próximo mês, do próximo ano ou dos próximos 5 anos. Em qualquer caso o MRPII vai apresentar o impacto do plano sobre os recursos de manufatura. Do ponto de vista de planejamento de expansões, o MRPII apresenta um conjunto de informações, que não são possíveis de obter através do "kanban". Isto por si só já justifica implantação de estrutura de planejamento MRPII para qualquer dos tipos de produção aqui analisadas.

As indústrias que apresentam características homogêneas de produção são perfeitamente atendidas com "kanban", mas à medida que a complexidade aumenta, o MRPII começa a se fazer necessário. No tipo quatro, considerado o mais complexo do ponto de vista de produção, o próprio MRPII mostra-se insatisfatório, uma vez que são

necessárias técnicas mais detalhadas de controle de produção. Dentro deste enfoque os princípios do OPT são aplicáveis em qualquer tipo de produção. Seus benefícios aparecerão de forma mais flagrante na produção do tipo IV. Os princípios da Teoria das Restrições no entanto transcendem ao âmbito da produção, pois na realidade apresentam uma forma sistemática de pensamento que pode conduzir a solução de importantes problemas organizacionais. O princípio da determinação do objetivo de um sistema (meta), e de fazer com que as decisões sejam dirigidas em sua direção, ordena e prioriza as ações. Se a ação encontra-se afinada com o objetivo, ela deve ser executada, caso contrário não. Da mesma forma, o princípio da determinação das restrições do sistema e a concentração de todos os esforços na administração destas restrições, conduz às melhorias que são apregoadas pelo sistema "just-in-time", a se concentrarem onde efetivamente existe aumento do "throughput".

O controle do chão de fábrica executado pelo "kanban", com sua simplicidade apresenta um forte apelo para sua utilização. Este apelo é tão forte que mesmo em tipos de produção onde não seria recomendado, foram desenvolvidas adaptações que permitem sua utilização.

4.2 - Características dos Produtos

Da mesma forma que na classificação dos processos, a classificação dos produtos pode ser efetuada de diversas maneiras, dependendo dos seus objetivos. Do ponto de vista do controle da produção, a característica mais importante dos produtos diz respeito ao número de níveis da estrutura dos produtos. Normalmente para produtos com poucos níveis, não é necessário a utilização de MRPII, uma vez que a correlação entre o produto acabado e as matérias primas e componentes é obtida de forma simples. Da mesma forma a existência de poucos níveis facilita a adoção de "kanban". A existência de muitos níveis por outro lado dificulta a correlação entre o produto acabado e seus componentes. Normalmente, quanto maior o número de níveis, maior a necessidade da utilização de

MRPII, e mais difícil se torna a utilização de "kanban". Da mesma forma, a existência de produtos mais complexos, torna o problema do seqüenciamento mais relevante, indicando a necessidade de adoção de alguma técnica de micro programação da produção. Os princípios do OPT torna-se mais importantes na medida em que o problema se torna mais complexo.

4.3 - Considerações Finais

A tendência à personalização dos produtos, com o conseqüente aumento da complexidade de controle da produção, não encontrará resposta apenas nas técnicas de controle. À medida que o nível de personalização for aumentando, será necessária toda uma nova tecnologia de fabricação, e não apenas aprimoramento na tecnologia de planejamento. Os tempos de preparação deverão tender a zero e as máquinas deverão ser quase que totalmente intercambiáveis, o que implica na adoção de novos tipos de máquinas.

A produção unitária para ser viabilizada deverá trabalhar com o conceito de postergação, no qual os detalhes diferenciais do produto são adicionados apenas no momento da venda. A obtenção de insumos apresentará novos desafios. Se por um lado os produtos serão personalizados a nível de consumidor, a obtenção de insumos que atendam a esta personalização deverá ser procurada através de materiais de múltiplo uso, com a maior padronização possível, para permitir, dentro da diversidade dos produtos, a obtenção dos componentes e matérias prima em tempo hábil. A estrutura vertical, que caracterizou os primórdios da revolução industrial, parece que não será repetida na produção do futuro. As parcerias, e o conceito de terceirização que estão difundindo-se cada vez de forma mais intensa, fazem no entanto prever a programação integrada entre cadeias de empresas, na qual a demanda do consumidor final deverá se refletir imediatamente em toda a cadeia de produção. Os sistemas tipo "quick-response", que estão sendo utilizados nas cadeias de varejo mais dinâmicas dos países do primeiro

mundo, no qual as informações de venda são informadas diretamente dos equipamentos de ponto de venda existentes em suas lojas até seus fornecedores, demonstram esta tendência a integração. Stalk ⁷³ analisando a empresa Wall-Mart afirma que *"...O sistema Wall-Mart requer contatos contínuos entre seu Centro de Distribuição, os fornecedores e cada terminal de ponto de venda em todas as lojas, de forma a assegurar que os pedidos possam fluir, serem consolidados e emitidos em poucas horas. Para tanto a Wall-Mart opera um sistema de comunicação via satélite que diariamente remete as informações de cada terminal de ponto de venda a cada um de seus 4000 fornecedores.*

Qual a metodologia de planejamento que se adapta a este tipo de produção?

Em princípio, integração é a palavra chave de processos tipo "quick response". O próprio processo em si não deixa de ser semelhante ao utilizado pelos sistemas "Just-in-Time" no qual as necessidades são comunicadas imediatamente aos supridores. Nos diversos elos da cadeia de produção, sempre que os ciclos de produção forem pequenos, com "lead-times" diminutos, com certeza serão adotados sistemas baseados em "kanban". Por outro lado naqueles elos onde os ciclos de produção forem longos, com "lead-times" bastante significativos, o MRPII continuará sendo uma importante ferramenta de planejamento e controle da produção.

⁷³ STALK, George, EVANS, Philipp e SHULMAN, Lawrence E. "op.cit." pg 58

5- OS EFEITOS DAS FONTES DE SUPRIMENTO NAS METODOLOGIAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

As Fontes de Suprimentos de uma empresa desempenham um papel chave para seu desempenho global. Os usuários das diferentes metodologias de controle de produção analisarão diferentes características dos fornecedores. Em princípio, do ponto de vista da programação da produção, o aspecto mais importante para a os usuários da metodologia MRPII, no que diz respeito aos fornecedores, é o cumprimento de prazos. Prazos definidos e cumpridos, são representados no MRPII como um tempo de deslocamento constante. Na medida em que os prazos não são cumpridos, os usuários da metodologia MRPII deverão se precaver, criando seguranças, que neutralizarão às variações nos prazos de fornecimento. Obviamente a criação destas seguranças implicará no aumento dos estoques. Da mesma forma, a metodologia OPT simplesmente se preocupará com os prazos de fornecimento. A adoção de sistemas de fornecimento baseados em "kanban" apresenta um conjunto de pré-requisitos maior. Para a adoção desta metodologia é necessário que sejam avaliadas não só as condições de fornecimento dos fornecedores, mas também sua posição estratégica. Além deste aspecto, tendo os sistemas baseados em "just-in-time" características de procurarem melhorias contínuas, é importante que sejam avaliadas as condições que devem ser cumpridas para a decisão de quais componentes devem ser destinados para a fabricação por parte de terceiros. Desta forma analisaremos no presente capítulo a importância das fontes de suprimentos, onde serão abordados os aspectos estratégicos dos fornecedores.

5.1 - A Importância das Fontes de Suprimentos para a Escolha da Metodologia de Planejamento e Controle da Produção

Um dos aspectos cruciais em qualquer sistema produtivo diz respeito à administração dos seus Suprimentos. Ao contrário do que ocorre na área de produção propriamente dita, as decisões tomadas na área de materiais além de se adequarem às necessidades da empresa também devem levar em consideração restrições colocadas pelos

fornecedores. Estas restrições, em alguns casos, podem inviabilizar a adoção de determinados tipos de política dentro da organização. Do ponto de vista do MRPII o prazo de fornecimento é um dado a ser adicionado ao modelo. Portanto, se o prazo de fornecimento é mais ou menos longo, a simples adequação do tempo de deslocamento a este prazo é suficiente para o funcionamento do modelo. É necessário no entanto que o horizonte de planejamento seja ampliado na medida em que o prazo de fornecimento cresce. É sabido que, mesmo nas indústrias que trabalham sob encomenda, a dificuldade na determinação da demanda a nível de produto, cresce a medida que o horizonte de planejamento se torna mais amplo. Desta forma, para a utilização do MRPII, prazos de fornecimentos curtos, diminuem a amplitude do horizonte de planejamento. No limite, para insumos que são fornecidos em regime de pronta entrega, o horizonte de planejamento necessário é igual ao "lead-time" total de produção.

A adoção da metodologia "kanban", por outro, lado requer a criação de parcerias. Uma das premissas do "kanban" é a de que é possível obter o suprimento, exatamente no momento em que ele é necessário. Desta forma, a característica de obtenção dos suprimentos em regime de pronta entrega, é uma condição necessária para a utilização de métodos "just-in-time". Qualquer outra condição de fornecimento obrigará a criação de artifícios. Por estes motivos, os desafios colocados pela estrutura de suprimentos são particularmente importante para a metodologia "kanban".

A abordagem OPT não considera o estoque de matérias primas como "o mal fundamental". Diversas vezes, Goldrat ⁷⁴ afirma que o aumento de desempenho das empresas, aparece quando são diminuídos os estoques de material em processamento e produto acabado, as reduções dos estoques de matérias primas tem um impacto

⁷⁴ GOLDRATT, Eliyhau M. *What is this thing called THEORY OF CONSTRAINTS and how should it be implemented?*. New York, North River Press, 1990

relativamente baixo no desempenho da empresa. Por esta razão, as estruturas de fornecimento não serão de muita relevância para o OPT.

5.2 - Características das Fontes de Suprimentos

De acordo com Porter ⁷⁵ existem 5 forças que dirigem a concorrência em qualquer segmento empresarial. Estas forças são:

- Concorrentes do segmento - tanto mais importante quanto maior a rivalidade entre as Empresas existentes
- Entrantes em Potencial - representado pela ameaça de novas empresas entrarem no segmento no qual a empresa atua
- Substitutos - Ameaça representada por novos produtos ou serviços que substituam o fornecido pela empresa
- Compradores - Poder de negociação dos compradores
- Fornecedores - Poder de negociação dos fornecedores

Os Fornecedores, representam uma das forças competitivas existentes no segmento industrial, do qual a empresa participa. A postura dos fornecedores é uma variável importante a ser levada em consideração na determinação da estratégia de produção de qualquer empresa. Fornecedores poderosos podem impor condições, ameaçando elevar preços, diminuir qualidade ou impor cotas de fornecimento que mudam radicalmente toda a estratégia de administração de materiais, e por consequência a estratégia de administração da produção da empresa. Os fatores que tornam os fornecedores poderosos e portanto em posição de obter vantagens na negociação com a empresa são, segundo Porter, os seguintes:

- O setor é dominado por poucas empresas e é mais concentrado do que a indústria para a qual vende.

⁷⁵ PORTER, Michael E. *Estratégia competitiva, técnicas para análise de indústrias e da concorrência*. Rio de Janeiro, Campus, 1991

- Os fornecedores não estão obrigados a lutar com outros produtos substitutos para venda a indústria.
- A empresa não é um cliente importante para o grupo de fornecedores.
- O produto do grupo de fornecedores é um insumo importante para o negócio do comprador.
- Os produtos do grupo de fornecedores são diferenciados, ou o grupo desenvolveu custos de mudança ⁷⁶.
- O grupo de fornecedores é uma ameaça concreta de integração para frente

Os materiais adquiridos dos fornecedores podem ser considerados como pertencentes a dois grupos. O primeiro diz respeito aos materiais que não são, nem podem ser, fabricados pela empresa, sem que se disponha a investimentos vultuosos, que inclusive a introduziriam em outro segmento industrial diferente do que a empresa atua. O segundo é composto pelos componentes que podem ser elaborados internamente, mas que por razões de custos são comprados no mercado, onde outras empresas apresentam condições de fornecimento, que representam economia de custos. Os materiais que se encontram no primeiro grupo normalmente estão sendo adquiridos desde que a empresa foi constituída. O segundo grupo, muitas vezes foi originado da terceirização de peças que originariamente eram elaboradas internamente. As estratégias normalmente recomendada para cada um dos grupos de materiais são diferentes.

Para o primeiro grupo de materiais, novamente segundo Porter, os principais aspectos que devem ser avaliados na definição de uma estratégia de seleção de fornecedores são os seguintes:

⁷⁶ A respeito do conceito de custo de mudança ver PORTER, Michael E. *Vantagem competitiva, criando e sustentando um desempenho superior*. Rio de Janeiro, Campus, 1989

- Estabilidade e competitividade do grupo de fornecedores.
- Estágio ótimo de integração vertical.
- Alocação de compras entre fornecedores qualificados.
- Criação de alavancagem máxima entre fornecedores escolhidos.

A escolha de fornecedores que possuam vantagem competitiva no segmento em que atuam, normalmente levará a condições de fornecimento mais vantajosas, e principalmente garantirá que os futuros suprimentos continuarão sendo atendidos, e que haverá incorporação das inovações tecnológicas do produto fornecido.

A escolha de empresas que não apresentem o estágio ótimo de integração vertical, pode representar problemas de fornecimento, na medida que o fornecedor pode iniciar um movimento de integração para a frente, invadindo o mercado de atuação da empresa.

A adoção de metodologias "just-in-time", em princípio implica na concentração do fornecimento em um só fornecedor. Os materiais que representam ameaças estratégicas, no entanto, devem ter suas compras dispersas. É importante levar em consideração que o poder do fornecedor mesmo que não exercido no momento, poderá ser exercido no futuro. A existência de uma situação de ameaça estratégica na obtenção de um produto, deve levar a empresa a manobras defensivas no sentido de possuir fornecedores alternativos, mesmo que mantendo suas compras preferencialmente em um só. Em alguns casos pode ser necessário promover fontes alternativas qualificadas. A padronização dos produtos comprados ajuda a diminuir a diferenciação dos produtos dos fornecedores. Esta diminuição da diferenciação reduz a ameaça estratégica representada pelo produto.

A adoção do sistema "kanban" vai criar uma grande alavancagem entre os negócios dos fornecedores e da empresa. O engajamento em um processo "kanban" com um fornecedor que se enquadre nas características de poder aqui definidas deve ser

profundamente avaliada. Muitas vezes será mais interessante adotar outra técnica de abastecimento que não exponha a empresa a situações de dependência estratégica. Um aspecto já ressaltado mas que convém que seja reforçado é que o fato do fornecedor não exercer o seu poder no momento não é garantia de que não o fará no futuro.

O segundo grupo de materiais, representando pelos componentes que a empresa pode fabricar internamente, mas que por razões de custos decidiu adquirir no mercado, apresentam um potencial significativo para a obtenção de contratos de fornecimento com a utilização de "kanban". A definição dos componentes que devem ser adquiridos de terceiros e a seleção dos fornecedores para estes materiais deve levar em consideração alguns aspectos estratégicos. Sua não observação pode fazer com que os fornecedores novamente adquiram vantagem no fornecimento, levando as peças e componentes terceirizados a apresentarem ameaças semelhantes às existentes nos materiais que se enquadram no primeiro grupo. De acordo com Venkatesan ⁷⁷, "*O método de tomada de decisão sobre as fontes de fabricação das peças deve ser consistente com a estratégia de continuidade da empresa. O enfoque deve ser baseado em alguns princípios simples:*

- Focalizar a empresa nos componentes que são críticos para o produto e nos quais a empresa é especialmente eficiente na sua fabricação.

- Utilizar fontes externas nos componentes onde os fornecedores apresentam vantagens comparativas, maior escala, estrutura de custos fundamentalmente menor, maiores incentivos de desempenho.

- Utilizar as fontes externas como forma de obter compromisso dos empregados na elevação do desempenho da fabricação.

A adequada aplicação dos princípios anteriores, conduzirá a empresa a utilizar as fontes de suprimento como alavancadoras de seus negócios, e a obtenção de importantes

⁷⁷ VENKATESAN, Ravi. *Strategic sourcing: To make or not to make*. Harvard Business Review, Boston, 70(6):98-107, nov-dec 1992

vantagens competitivas. O primeiro princípio apontado por Venkatesan recomenda que a empresa concentre-se na produção dos componentes que são estratégicos para a diferenciação do produto. Os produtos estratégicos, são aqueles que efetivamente adicionam uma característica diferencial ao produto, e cujo domínio da tecnologia deve ser mantido internamente na empresa. Normalmente a disseminação do domínio da tecnologia de fabricação destes componentes, cria condições para que apareçam outros fabricantes do produto final da empresa. A terceirização destes componentes, criará uma situação de ameaça real de integração para frente, por parte da fonte de suprimento escolhida. Normalmente os componentes estratégicos podem mudar com a evolução da indústria. A decisão sobre quais componentes representam efetivamente o diferencial dos produtos da empresa, deve acompanhar esta evolução. Muitas vezes componentes que representavam o domínio da tecnologia em uma determinada geração, podem tornar-se componentes sem importância na geração seguinte. A existência de um sistema de compras voltado para a obtenção de vantagens competitivas, entre as quais inclui-se a obtenção de fornecimento "just-in-time" sem riscos estratégicos, deve incluir um processo de análise de terceirização, dentro deste contexto.

Segundo Venkatesan, devem se considerados como estratégicos os subsistemas de um produto que apresentem as seguintes características:

- *Tenham um importante impacto naquilo que os clientes consideram como o mais importante atributo do produto.*
- *Requerem habilidades altamente especializadas de projeto e manufatura e equipamentos especiais para sua produção.*
- *Existem poucos ou nenhum fornecedor externo capacitado para fabricar o subsistema.*

- *Envolvem tecnologias não solidificadas, e onde existe grande probabilidade de se obter uma clara liderança tecnológica através de seu desenvolvimento.*

Os componentes que apresentam estas características, segundo Porter ⁷⁸, são os que apresentam maiores barreiras a entrada, e portanto, podem conceder vantagens competitivas importantes a quem os produz. Estes componentes com certeza levariam a empresa a ter dependência dos fornecedores semelhantes aos materiais do primeiro grupo, o que deve ser evitado.

Outros subsistemas componentes do produto da empresa utilizam tecnologias dominadas, exigem equipamentos de baixo custo e praticamente podem ser considerados como "commodities". Normalmente estes componentes possuem dezenas de fornecedores habilitados. A própria competição entre os fornecedores cria condições de produtividade superiores às existentes em empresas que se dedicam a produtos mais complexos. Estes produtos podem com certeza ser terceirizados, e apresentam grande potencial para a utilização de contratos de fornecimento administrados através de cartões "kanban".

5.3 - As Relações com as Fontes de Suprimentos

Segundo Burt ⁷⁹, *é uma futilidade para as grandes empresas tentar reformar seus sistemas de operações de manufatura sem um forte apoio de seus fornecedores.* O custo dos materiais nos produtos de tecnologia intensiva, segundo a mesma fonte, representa 56 % do valor de venda dos produtos. Esta participação é crescente. A adoção de metodologias "just-in-time" através da utilização de "kanban" requer que a qualidade dos

⁷⁸ Porter, Michael E. "op, cit."

⁷⁹ BURT, David N. "Managing suppliers up to speed. Harvard Business Review, Boston, n. 67(4): 127-135, jul-aug 89

produtos seja perfeita. Por este motivo a administração das fontes de suprimento representa um fator primordial para o sucesso da empresa de manufatura.

O reconhecimento dos fatores estratégicos apontados anteriormente colocam outros desafios para a administração das relações com os fornecedores.

Alguns aspectos importantes devem ser ressaltados no relacionamento com os fornecedores.

Em primeiro lugar, em qualquer metodologia de planejamento utilizado, o objetivo da empresa nunca pode ser unicamente a compra a preço menor. O preço dos insumos é reconhecidamente apenas um dos componentes do custo da aquisição. Os custos de recepção, de controle de qualidade, de armazenagem, e de forma mais grave, os custos da baixa qualidade, são componentes muito mais expressivos do que o custo direto dos materiais adquiridos. Desta forma o objetivo de qualquer organização de compras deve ser sempre a minimização do custo total relacionado com o produto adquirido.⁸⁰ Estes fatos são importantes para a utilização de MRPII e OPT, apesar de não serem pré-requisitos para a adoção destas metodologias. A adoção de "kanban" no entanto repousa totalmente no conceito da minimização do custo total relacionado com o produto. Na relação dos objetivos de compras das empresas engajadas em processos "just-in-time", encontra-se no início da lista, a obtenção de índices de defeitos a nível de poucas peças por milhão.

A minimização do custo total relacionado ao componente adquirido requer um comportamento diante do fornecedor bastante diferente do adotado nas abordagens tradicionais. Apesar de em nenhum ponto a abordagem MRPII recomendar negociações do tipo ganha-perde, em nenhum ponto a metodologia recomenda a não adoção destes princípios. A prática de compras, normalmente adotada até meados da década de 80, por

⁸⁰ Este conceito normalmente é apresentado na literatura em ingles como "Total cost of ownership"

quase todas as empresas que se encontravam em posições estratégicas mais fortes do que seus fornecedores, era de obter o menor preço possível. Obviamente a partir de determinado patamar a redução de preço implicava diretamente na redução de qualidade. Dentro de uma abordagem MRPII, no qual a produção era "empurrada" para as etapas seguintes os prejuízos originados da baixa qualidade dos fornecedores raramente tinham suas causas investigadas. Os processos de concorrências adotados normalmente levavam os fornecedores abaixo dos níveis de lucratividade. Lundquist ⁸¹, analisando o processo de concorrências a que são submetidas as empresas pelo Departamento de Defesa Americano, afirma que os ganhadores muitas vezes ganham unicamente o direito de perder milhões de dólares. Este processo descrito por Lundquist também acontecia muitas vezes no fornecimento para empresas privadas que utilizavam seu poder de barganha sobre fornecedores menores. O resultado era a existência de níveis de qualidade que aceitavam defeitos da ordem de 1 a 3%, o que representa 10.000 e 30.000 defeitos por milhão respectivamente.

A partir da adoção de "just-in-time", com suprimentos sendo encomendados através de sistemas "kanban", o próprio processo de negociação deve ser substancialmente alterado.

Em primeiro lugar não existe mais a negociação de uma simples programação, mas sim a fixação de um suprimento variável, comandado de forma simples e sem quantidade de fornecimento estabelecida.

Os aspectos a serem negociados não se restringem ao custo do fornecimento, mas sim a aspectos mais abrangentes. São negociados os níveis de qualidades, os quais devem se aproximar de zero defeitos.

⁸¹ LUNDQUIST, Jerrold T. *Shrinking Fast and Smart in the Defense Industry*. Harvard Business Review, Boston, n. 70(6): 74 a 85, Nov-Dec 1992

O fornecedor, estando engajado no processo produtivo da empresa, torna-se co-participante. Suas observações a respeito das facilidades de fabricação dos componentes sob sua responsabilidade, são fundamentais para a alteração de projetos, visando a redução global de custos, a diminuição da complexidade da fabricação e a redução de defeitos.

Seu relacionamento com a empresa compradora visa o longo prazo, pois muito de seu investimento está ligado aos componentes que fabrica para um só cliente.

Todos estes aspectos necessitam de uma nova postura nos negócios, pois as interdependências são muito mais pronunciadas do que em metodologias anteriores. Para isto a metodologia de seleção de fornecedores deve ser totalmente alterada. Normalmente passa a ser função de uma "equipe de seleção" cuja responsabilidade vai muito além da simples análise de aspectos tecnológicos ou comerciais.

5.4 - A Possibilidade de Criação de Relações de Fornecimento "just-in-time"

Karmarkar ⁸² analisando o sistema "kanban" afirma *"kanban é reativo. O sistema kanban contudo apresenta dificuldades. Estas dificuldades aparecem especialmente quando é forçado a operar em operações complexas, onde as variações são demasiado grandes, ou demasiado complicadas, para serem disciplinadas facilmente. O kanban da Toyota disciplina os fornecedores mas o kanban dos seus clientes não pode disciplinar a Toyota."*

O relacionamento fornecedor-comprador apresenta diferentes aspectos. Na primeira parte deste capítulo foi apresentada a abordagem de Porter, no qual este relacionamento é analisado do ponto de vista das forças competitivas. Dentro desta

⁸² KARMARKAR, Uday, "op. cit".

abordagem, a empresa deve tomar preocupações quanto a posição estratégica de seus fornecedores, de forma a não criar dependências nocivas à sua continuidade. A postura estratégica em diversas situações não é uma postura orientada para a adoção de sistemas "just-in-time". São recomendadas estratégias de diversificação, de padronização e de desenvolvimento de fornecedores alternativos, tudo no sentido de reduzir a dependência de um só fornecedor, ou de um grupo de fornecedores. O segundo aspecto que foi analisado diz respeito à separação dos insumos que estruturalmente devem ser adquiridos, daqueles que a empresa pode escolher entre fabricar ou comprar. Dentre os itens que a empresa decide deliberadamente comprar, a possibilidade de estabelecer relacionamentos "just-in-time" é consideravelmente aumentada. A aplicação das regras de decisão sugeridas por Venkatesan, fazem com que sejam destinadas a fornecedores externos somente aqueles componentes tipo "commodities", onde a capacidade do fornecedor assumir posturas em desacordo com os interesses da empresa, são bastante diminuídas. Na terceira parte da análise, foi avaliado o critério de custo total gerado pela aquisição do componente. Dentro desta análise ficou evidente a vantagem do estabelecimento de parcerias, na qual o fornecedor se entrega ao comprador, e em contrapartida o comprador garante exclusividade de fornecimento ao fornecedor. Esta postura é sem dúvida nenhuma, do ponto vista global da economia, a mais racional, e a que conduz aos maiores ganhos de produtividade. Iniciamos a presente seção transcrevendo um trecho do artigo de Karmarkar, no qual este autor afirma que a Toyota disciplina o fornecedor mas o comprador da Toyota não consegue discipliná-la. Nesta sua afirmação reside o ponto central dos questionamentos em relação a viabilidade do estabelecimento de contratos de fornecimento "just-in-time".

As relações empresariais são relações de interesse. Por mais elevado que seja o nível ético utilizado nos negócios pelas empresas, caso surjam novas situações conjunturais, os interesses comerciais gerais das empresas sobrepor-se-ão aos compromissos originados de relacionamentos de parcerias. Mesmo no Japão, país que se

tornou o paradigma das relações de fornecimento através deste sistema devido à criação de grupos empresariais interligados em um "keiretsu" ⁸³, mudanças conjunturais têm gerado alterações drásticas nos relacionamentos entre empresas ⁸⁴. Dificilmente empresas de pequeno porte terão condições de criar relações de fornecimento "just-in-time". As grandes empresas por outro lado, inclusive pelo grande poder de barganha que possuem diante de seus fornecedores, podem criar este tipo de relacionamento. Para os fornecedores de pequeno porte, a mudança de postura por parte dos compradores, incorporando outros aspectos na relação de fornecimento e tornando mais atrativos os seus fornecimentos do ponto de vista de lucratividade, o engajamento em processos de fornecimento "just-in-time" é duplamente benéfico. Em primeiro lugar como os compradores tendem a entender melhor a situação do fornecedor, a lucratividade do negócio tanto a curto prazo como no longo prazo tende a ser mais atraente. Em segundo lugar, a certificação como fornecedor "just-in-time" de uma empresa reconhecida, oferece vantagens na obtenção de contratos de fornecimento com outros compradores. O efeito demonstração, originado do fornecimento para compradores conceituados no mercado, normalmente é um grande alavancador de vendas. Mesmo diante de fornecedores de grande porte, como sua escala de compras normalmente é significativa, haverá o interesse recíproco de estabelecimento de contratos de fornecimento.

Os pequenos fabricantes não encontram as mesmas condições das empresas de maior porte. Um primeiro grupo de componentes onde podem estabelecer sistemas de abastecimento baseados em "just-in-time", são os componentes de prateleira, que existem em diversos fornecedores, normalmente para pronta entrega. Para estes componentes,

⁸³ Para uma análise do sistema de "keiretsu" ver BURT, D.N. e DOYLE, M.F. *The American keiretsu - A strategic weapon for global competitiveness*. Homewood-USA, Business One Irwin, 1993

⁸⁴ Os efeitos do aumento do iene sobre a economia japonesa e sobre o sistema de "keiretsu" em particular são analisados na Revista Exame ano 25(24): 140 e 141 *Sony, Toyota, Canon, Matsushita... As empresas perdem o eixo com a disparada do iene e golpeiam o sistema "keiretsu", a arma mais poderosa da indústria japonesa.*

mesmo sem o estabelecimento de contratos de fornecimento, a prática de compras pode adotar esta metodologia. Normalmente por se tratarem de itens padronizados, disponíveis em diversos fornecedores, os preços são bastante similares, podendo ser dispensado o processo tradicional de compras.

Um segundo grupo de itens, que pode ser objeto de fornecimentos "just-in-time", são as peças terceirizadas, que podem alternativamente ser fabricadas internamente. As técnicas de análise das peças que devem se destinar a terceirização, servem tanto para as empresas de grande porte, como para as de pequeno porte. Uma correta avaliação destes componentes pode criar condições para obtenção de contratos comandados por informações do tipo "kanban". As peças que são fornecidas por empresas que possuem poder de barganha consideravelmente mais elevado do que a empresa compradora, somente poderão fazer parte de contratos "just-in-time", caso haja interesse de parte da empresa fornecedora. Em certas condições, os fornecedores de grande porte podem se interessar por manter relações "just-in-time" com empresas de pequeno porte. O relacionamento de um fornecedor poderoso, com um grupo grande de compradores de menor porte, diversifica o risco do fornecedor. Este fator estratégico pode ser de interesse da empresa fornecedora. Se contratos de fornecimento "just-in-time" podem ser difíceis de ser ajustados por pequenas empresas, o aprimoramento de qualidade que foi gerado pelo adoção de "just-in-time" pelas empresas de maior porte, beneficia igualmente as organizações menores. Pode ser considerado que de uma forma geral, houve um aprimoramento global nos níveis de qualidade dos produtos como um todo. A adoção das normas da série ISO 9000 que agora estão se disseminando, apresenta um novo impulso no sentido da melhoria da qualidade.

5.5 - Os Benefícios obtidos pelo MRPII e pelo OPT da revolução nas relações de fornecimento criada pelo "just-in-time".

Wight ⁸⁵, um dos maiores divulgadores do MRPII, avaliando seu efeito sobre a área de compras afirma *"Certamente, um dos problemas mais difíceis para o pessoal de compras conviver diz respeito à síndrome do "lead time". À medida que o "backlog" aumenta, os fornecedores aumentam o "lead-time". Os compradores em contrapartida colocam mais pedidos afim de se protegerem contra novos aumentos de "lead-time". Isto na prática cria um "backlog" falso, o que aumenta ainda mais o "lead-time"*.

O MRPII, é apontado como solução para este problema, uma vez que as empresas que o utilizam, podem fornecer programações de compras com 6 meses ou até um ano de antecipação. Sua análise aprofunda-se, apresentando períodos com demanda considerada firme, períodos com planejamentos semanais, e períodos com planejamentos mensais. Em nenhum ponto é analisada a hipótese de se reduzir os "lead-times", através de uma forma totalmente nova de se avaliar a relação de fornecimento. Em nenhum ponto de seus trabalhos este autor analisa os impactos da qualidade sobre os fornecimentos. Os níveis de qualidade são considerados como dados do problema, no máximo são incluídos nos modelos representando um percentual de peças, que deve ser comprada e fabricada a mais. A partir do enfoque dado pela abordagem "just-in-time", apareceu o conceito de que o "lead-time" não é apenas função do fornecedor, mas sim da própria relação de fornecimento. Este fato aliás era reconhecido pelo MRPII, que propunha resolvê-lo com o fornecimento de programas de produção de mais longo prazo. A causa central, no entanto, não era avaliada pelo MRPII. O MRPII tem como objetivo a obtenção dos materiais somente no momento em que eles são necessários. O modelo de estocagem perseguido, conforme apresentado anteriormente na página 23, figura 2, procura obter os produtos imediatamente antes deles serem consumidos. A existência de incertezas nos prazos de fornecimento, gera aquisições preventivas de materiais, as quais não são imediatamente consumidas. Normalmente os fatores de segurança adotados, são um percentual do tempo

⁸⁵ WIGHT, Oliver W. "op. cit" p. 218

total necessário para a obtenção dos materiais. A simples diminuição do prazo de fornecimento diminuirá a incerteza no fornecimento, diminuindo da mesma forma o estoque de matérias primas e componentes ociosos.

Dependendo das relações de fornecimento, e da avaliação estratégica que a empresa fizer de seus fornecedores, em diversos casos, o MRPII será a metodologia mais apropriada. Mesmo para estes casos, a melhoria de qualidade dos produtos beneficiará as previsões do MRPII, diminuindo a necessidade de estoques para eventuais pioras de qualidade. Os estoques administrados através do MRPII poderão ter cunho estratégico, visando melhorar a posição competitiva principalmente em situações de relação de fornecimento tumultuadas.

5.6 - Os estoques como aplicação estratégica de capitais

Existe um outro tipo de aplicação de recursos em estoques. Esta aplicação é representada por estoques considerados estratégicos e especulativos. Estes estoques não seguem as regras dos estoques de materiais de produção, mesmo constituindo-se dos mesmos produtos que podem ser necessários para a produção. Normalmente o motivador da aquisição destes estoques não é a produção, mas algum outro fator de natureza estratégica ou especulativa. Enquadram-se na condição de estoques especulativos os estoques de materiais normalmente comprados em bolsas, que a empresa supõe que sofrerão altas significativas. Da mesma forma, podem ser adquiridos produtos, como forma de se precaver contra posições estratégica fortes dos fornecedores. Um das afirmações mais freqüentes que foram obtidas dos Administradores de Materiais que foram contatados durante a elaboração do presente trabalho, foi de que em condições de inflação crônica, como o caso da brasileira, a aplicação especulativa em estoques é uma das fontes de ganho competitivo. Notamos que em muitas destas empresas os mecanismos de avaliação dos estoques não levavam em conta a depreciação monetária originada da

inflação e muitas das decisões tomadas simplesmente refletiam em descapitalização. Os estoques, como aplicação especulativa, transcende o âmbito da Administração da Produção e deve ser tratado da mesma forma que outros investimentos em ativos de risco.

5.7 - Conclusões

A natureza das fontes de suprimento apresenta papel preponderante na escolha da metodologia utilizada para o Planejamento da Produção. De toda estrutura produtiva, é o ponto onde existe mais dependência de terceiros, sendo necessário uma coordenação entre o esforço interno, na obtenção da produção, com o esforço externo, na obtenção dos insumos que ela necessita. Alguns aspectos estratégicos devem ser avaliados pela empresa, no sentido de definir a forma como conduzirá sua política de compras. Em princípio para qualquer tipo de estrutura de fornecimento, podem ser adotados o MRPII e o OPT. A adoção de políticas de abastecimento "just-in-time", com a correspondente utilização de "kanban", exige que sejam tomadas algumas precauções. O engajamento dos fornecedores é fundamental para a estratégia "just-in-time" com uso de "kanban". A simples adesão do fornecedor não é garantia suficiente de que o sistema pode ser utilizado. A empresa deve avaliar cuidadosamente a posição competitiva do fornecedor e possuir alternativas para qualquer ação que seja tomada por fornecedores "just-in-time", que posteriormente deixem de sê-lo. O simples fato da empresa que possui grande poder de barganha não exercitá-lo, não é garantia que não irá utilizá-lo no futuro. Muitas vezes, é estrategicamente mais interessante, compor um misto de políticas "just-in-time" e MRPII para a obtenção dos insumos necessários para a produção.

Outro aspecto estratégico na escolha das fontes de abastecimento, diz respeito à política de terceirização da produção. Em princípio devem ser terceirizadas as peças tipo "commodities", nas quais é fácil obter fornecedores alternativos. Componentes onde são utilizadas tecnologias emergentes que possam gerar vantagem competitiva, e aquelas que os clientes associam às características diferenciais do produto fabricado pela empresa,

devem sempre ser fabricados internamente. Os pequenos fabricantes beneficiam-se da adoção de "just-in-time" em "produtos de prateleira" e nos produtos terceirizados, nos mesmos moldes dos adotados pelas grandes empresas.

A aquisição de peças fundamentais de terceiros, pode retirar da empresa a vantagem competitiva. Um exemplo flagrante foi o originado na estratégia da IBM, quando resolveu produzir os equipamentos PC "Personal Computer" com microprocessadores de um fornecedor externo, no caso a INTEL. Sendo o microprocessador o componente fundamental do equipamento, rapidamente apareceram equipamentos similares, que fizeram com a empresa criadora do produto ficasse com uma parcela diminuta de participação no crescente mercado destes equipamentos. Além dos abalos que a empresa sofreu no mercado de computadores pessoais, toda a indústria de informática foi alterada devido a uma política de aquisição equivocada. A própria indústria de equipamentos de grande porte sofreu abalos significativos o que teve como primeira consequência os seguidos anúncios de diminuição de seu quadro de pessoal. Além disso suas ações tiveram uma espetacular redução de US\$ 110 para US\$ 52 em apenas 1 ano ⁸⁶

⁸⁶ Revista Business Week, *Does IBM Get it Now?*. p 28 e 29 -4-jan-1993

6- O EFEITO DO NÍVEL TECNOLÓGICO DOS EQUIPAMENTOS SOBRE OS MÉTODOS DE CONTROLE DE PRODUÇÃO ⁸⁷

Na maioria das fábricas misturam-se diversas gerações de tecnologias. Convivem nas mesmas oficinas tanto equipamentos de controle numérico de última geração, quanto equipamentos convencionais com diversas décadas de fabricação. O objetivo de todos os sistemas de produção é realizar a transformação dos insumos em produtos de acordo com especificações previamente definidas. Uma medida da eficácia do processo é o grau de aderência dos produtos às especificações. Existe no entanto implícito em todo o sistema produtivo um certo grau de variação. O objetivo dos sistemas de controle é controlar e dominar esta variabilidade. Jaikumar ⁸⁸ apresenta as seguintes definições para a avaliação de um sistema de produção quanto ao nível tecnológico:

-Acurácia: é a diferença entre o valor real de uma medida do processo e o valor ideal desta medida. Acurácia dos estoques é por exemplo a diferença entre o valor real dos estoques e o valor existente nos sistemas de controle.

-Precisão: é o desvio padrão de uma medida de controle de produção e representa a habilidade do sistema repetir desempenhos anteriores. Sistemas com grande desvios padrões tendem a apresentar grandes variações nos seus parâmetros. O desvio padrão do processo, pode ser originado tanto do desempenho dos equipamentos, quanto das pessoas e dos procedimentos. O

⁸⁷ As análises apresentadas sobre a evolução dos processos de controle baseado na evolução tecnológica foram baseadas em JAIKUMAR, Ramchandran, *An Architecture for a Process Control Costing System* in *Measures for Manufacturing Excellence*, Boston, Harvard Business School Press, 1990

⁸⁸ JAIKUMAR, Ramchandran, *op.cit.*

desvio padrão originado das máquinas é chamado de "repetibilidade"⁸⁹, o originado das pessoas e procedimentos chama-se "reprodutibilidade"

-Estabilidade: é o desvio padrão da média das medidas de uma variável do processo produtivo. O tempo médio de produção de um lote de peças é representado por uma determinada quantidade de minutos. Se forem produzidos diversos lotes o tempo de produção dos lotes variará devido as condições estatísticas de todos o processo. Quanto menor o desvio padrão destas variações maior será a estabilidade do processo.

-Adaptabilidade: é a capacidade do sistema de aceitar ajustes dinâmicos. Adaptabilidade é, portanto, a capacidade de se interferir sobre o sistema, de forma que sejam corrigidos os desvios originados de sua baixa estabilidade e trazê-lo novamente aos parâmetros iniciais. Os requisitos de adaptabilidade são diferentes, dependendo do objetivo da produção. Se o objetivo é fabricar uma só peça, o sistema deve ter um alto grau de acurácia. Para produção de lotes é importante a precisão e a estabilidade, que permitirá que uma baixa acurácia seja compensada através de ajustamentos.

-Versatilidade: é a habilidade do processo incorporar variações nas especificações. Grande versatilidade normalmente implica em grande complexidade, portanto maior número de fontes de variabilidade.

Dentro da perspectiva de Jaikumar as gerações de tecnologia podem ser divididas em 6 períodos diferentes:

⁸⁹ A palavra *REPETIBILIDADE* não se encontra dicionarizada, foi utilizada como tradução de "*REPEATABILITY*" com o sentido de Habilidade de se repetir.

- 1 - A invenção das máquinas-ferramenta e o sistema Inglês de controle de produção
- 2 - Máquinas-Ferramenta especializadas, o intercâmbio de componentes e o sistema Americano de controle de produção
- 3 - A Administração Científica, a Engenharia do Trabalho e o sistema Taylorista de Administração
- 4 - O Controle Estatístico de Processo e o mundo dinâmico
- 5 - O processamento das informações e a era das máquinas de controle numérico
- 6 - Sistemas inteligentes e a Manufatura Integrada por Computador

(CIM) ⁹⁰ 91

⁹⁰ CIM - Computer Integrated Manufacturing, conceito desenvolvido inicialmente por Joseph Harrington em 1973. De acordo com a definição de Jaikumar, "Um sistema CIM é uma configuração de estações de trabalho semi-independentes, controladas por um sistema de computação, conectado a um sistema automático de manipulação de materiais, projetado para produzir eficientemente mais de um tipo de peça em volumes pequenos ou médios. Os sistema CIM de acordo com Bowersox, *op.cit* "compreendem tres tipos de integração; integração de informações, integração de máquinas e de pessoas. A integração de informações envolve a utilização de diversas tecnologias, entre as quais, as tecnologias de:

projeto auxiliado por computador, ("CAD Computer-aided design")

manufatura auxiliada por computador, ("CAM computer-aided manufacturing")

planejamento e controle dos sistemas de produção.

O fluxo de produção é projetado para assemelhar-se a um fluxo contínuo de produção mas com possibilidade de fabricar baixos volumes economicamente"

Sakurai, *op.cit* considera CIM como a integração entre "FMS (Flexible Manufacturing System)- Sistema de Manufatura Flexível, CAD/CAM (Computer-aided design/computer-aided manufacturing-Projeto auxiliado por computador e Manufatura auxiliada por computador e OA (Office Automation)-Automação de Escritório. Tipicamente FMS integra robôs industriais, máquinas de controle numérico e sistemas automáticos de movimentação de materiais, usando o conceito de manufatura celular".

A utilização de CIM ainda é apenas teórica, segundo pesquisa realizada por Sakurai ⁹² em 1988, mesmo no Japão que no final de 1987 possuía 141000 robôs industriais, 67 % da população mundial. Apenas 4 % das empresas que responderam sua pesquisa utilizavam CIM como sistema integrado de desenvolvimento, produção, finanças, vendas e pessoal, 22 % utilizavam sistemas automáticos para recebimento de pedidos, projeto, produção e embarque, 30 % estavam em fase de planejamento e 44 % não utilizavam CIM. Alguns pesquisadores entre eles Sakurai preferem utilizar o termo "fábrica automatizada", para o estágio no qual são utilizados todos os recursos atuais da tecnologia, sem contudo integrá-los. A diferença fundamental entre os dois conceitos é que no conceito de Jaikumar o administrador é considerado como onisciente, ou seja conhece todos os fatos relevantes ao sistema de produção, podendo portanto agir com base em princípios de controle adaptativo. A informação é considerada um recurso barato, e disponível no momento exato, e com a relevância necessária, para permitir constantes otimizações. Note-se que nos estágios anteriores de tecnologia, Jaikumar considerava a informação como um recurso escasso e o administrador agindo de forma intermitente. No conceito de "fábrica automatizada", o administrador continua sem dispor de todas as informações, sendo necessários sistemas de controle de produção, que levem em conta este fato.

Cada um destes períodos concentra-se em um dos atributos dos sistemas de produção e apresenta características de escala de produção diferente. O quadro XVIII apresenta as características de cada período, e os principais parâmetros encontrados na empresa Beretta, fabricante de armas cuja fundação data de 1400, e que, segundo o

91 BOWERSOX, D.J. et alii, *Logistical management: A system integration of physical distribution, manufacturing support and materials procurement*. New York, Mc Millan Publishing Co, 1986

92 SAKURAI, Michiharo. *The influence of factory automation on management accounting practices: A study of Japanese companies in Measures for manufacturing excellence*. Boston, Harvard Business School Press, 1990

pesquisador, procurou manter-se sempre nos melhores níveis tecnológicos, sendo portanto representativa dos diversos estágios da evolução tecnológica.

TABELA XVIII- Os períodos tecnológicos e os principais parâmetros da empresa Beretta

	Sistema Inglês	Sistema Americano	Taylorismo, Adm. Científica	Controle Estatístico de Processo	Controle Numérico	C I M
Número de Máquinas	3	50	150	150	50	30
Escala número de pessoas	40	150	300	300	100	30
Relação Staff-linha	0 : 40	20:130	60:240	100:200	50:50	20:10
Incremento de Produtividade	4:1	3:1	3:1	3:2	3:1	3:1
Incremento Acumulado	4	12	36	54	162	486
Número de produtos	infinito	3	10	15	100	infinito
"Ethos" ⁹³ da Engenharia	Mecânica	Manufatura	Industrial	Qualidade	Sistemas	Conhecimento
Enfoque de Processo	Acurácia	Repetibilidade	Reprodutibilidade	Estabilidade	Adaptabilidade	Versatilidade
Enfoque de Controle	Funcionalidade e do Produto	Conformidade do produto	Conformidade do Processo	Capacidade do Processo	Integração do Produto e Processo	Inteligência do Processo

fonte: Ramchandram Jaikumar- "From Filing and Fitting to Flexible Manufacturing" Harvard Business Working Paper, 1988

As alterações do nível tecnológico, ocasionaram inicialmente a diminuição dos tipos de produtos produzidos, a redução das tarefas dos operários através da

⁹³ A palavra "ethos" não se encontra dicionarizada em Português. Segundo o Webster's Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language, é o carácter ou espírito fundamental de uma cultura: o sentimento fundamental que informa as crenças, costumes ou práticas de um grupo ou sociedade; as suposições predominantes de um povo ou de um período. No sentido aqui utilizado representa o espírito fundamental da engenharia

especialização e o aumento dos volumes produzidos para se beneficiar de economias de escala. O Taylorismo, e sua transição para o Controle Estatístico de Processo, representam o ponto de inflexão destas tendências. A partir deste momento, novamente a variedade dos produtos começou a aumentar, o operário começou a ser visto como polivalente, e as economias de escala deixaram de ser necessárias. O quadro XIX apresenta a evolução da variedade de produtos produzidos e da diversidade de funções dos operários.

QUADRO XVIII- Trabalho mecanização e inteligência na evolução dos processos de controle de produção

Características dos produtos e processos	Mecanização estática	Inteligência Dinâmica
Alta variedade de produtos e alta variedade de tarefas	1 Sistema Inglês	6 CIM
	2 Sistema Americano	5 Controle Numérico
Baixa variedade de produtos e baixa variedade de tarefas	3 Taylorismo	4 Dinâmico

fonte: Ramchandram Jaikumar-Architecture for a Process Control System

As tecnologias ligadas aos dois primeiros períodos, já não existem nas fábricas atuais. Os equipamentos existentes nas fábricas contemporâneas, apresentam uma mistura de tecnologias das quatro últimas fases. Uma questão importante a ser analisada, refere-se

à existência ou não de vinculação entre a metodologia de controle de produção e o nível tecnológico dos equipamentos. Normalmente equipamentos de última geração são associados a metodologias avançadas de controle de produção. Chamam atenção no entanto algumas observações existentes na literatura, como a que aparece em um trecho de A Meta, onde Rogo narra a Jonah que vai participar de um simpósio, onde apresentará um trabalho sobre robôs, e não encontra entusiasmo de parte do consultor ⁹⁴. As perguntas que surgem são as seguintes:

-As metodologias de planejamento e controle de produção estão vinculadas ao nível tecnológico dos equipamentos?

-Qual a metodologia mais apropriada para cada nível de tecnologia?

Para responder a estas perguntas analisar-se-ão os princípios que regem cada metodologia e suas pressuposições sobre tecnologia dos equipamentos.

6.1 - O Nível tecnológico dos equipamentos e o MRPII

O MRPII é um sistema de planejamento e controle de produção, centrado na utilização de um modelo, que representa a fábrica. Este modelo relaciona o produto acabado com todos os seus conjuntos, os conjunto com os subconjuntos, e assim sucessivamente até se alcançar a matéria prima. A correlação entre um conjunto ou subconjunto e seus dependentes, indica o número de unidades dos dependentes, que são necessárias para compor o conjunto ou subconjunto, e o tempo necessário para se produzir o conjunto ou subconjunto, estando disponíveis todos os seus dependentes. Para

⁹⁴ O diálogo entre Rogo e Alex consta das páginas 32 e subsequente do livro "A Meta" de Eliyhau Goldratt

a determinação do tempo de deslocamento necessário, para se obter o produto de nível imediatamente superior, os tempos relevantes são os seguintes:

- tempo de produção
- tempo de fila
- tempo de movimentação dos materiais.

Independente do nível tecnológico dos equipamentos existentes, vai existir um tempo de preparação das máquinas e um tempo de operação dos itens. Da mesma forma existirão os tempos de fila e movimentação. Tecnologias ultrapassadas apresentarão tempos de processamento maiores do que as tecnologias mais avançadas. Os tempos de preparação normalmente serão menores nas tecnologias mais avançadas. A adoção de novas tecnologias, muitas vezes tornará possível realizar diversas operações em uma só máquina, diminuindo o número total de operações. Esta diminuição do número de operações terá um importante impacto no tempo de fila. De acordo com Ritzmann ⁹⁵, "*O tempo de espera tende a ser o maior de todos... Se tivermos uma manufatura intermitente, onde a peça passa de um posto de trabalho para outro, e este posto de trabalho processa diferentes tipos de itens, então a peça deve entrar na linha e aguardar até ter a mais alta prioridade. Em tal situação, grande parte do nosso prazo de reposição é gasto ali esperando. E isto torna o nosso "lead-time" uma função do número dos postos de trabalho por onde a peça passa. Você provavelmente encontrará uma boa correlação entre o tempo total e o número de postos de trabalho no roteiro da peça, provavelmente uma correlação muito mais forte do que com seu tempo de processamento e preparação*" A participação do tempo de fila no tempo de deslocamento

⁹⁵ RITZMANN, Larry P. e KRAJEWSKI, Lee J. *Os Princípios do MRP in MRP, MRPII, MRPIII, OPT, GDR*. São Paulo, IMAM, 1989

da operação, normalmente é muito significativa. Segundo Shingo ⁹⁶, a relação entre o tempo de processamento e o período de armazenagem entre processos, se distribui em 40% para o processamento e 60% para o tempo de armazenagem, chegando em alguns casos a ser de apenas 20 % para o tempo de operação e 80% para o tempo de armazenagem. Karmarkar ⁹⁷, em pesquisa relatada em um colóquio realizado na "Harvard Business School", em 25 e 26 de janeiro de 1989, apresenta um quadro onde constata que a distribuição média dos tempos nas empresas pesquisadas segue o quadro XX

TABELA XX- Composição do "lead time"	
COMPONENTES DO LEAD-TIME	PARTICIPAÇÃO NO TOTAL
TEMPO DE OPERAÇÃO	40 %
TEMPO DE MOVIMENTAÇÃO	10 %
TEMPO DE FILA	50 %

Observação: O tempo de operação foi ajustado para que o tempo total alcançasse 100 %

No mesmo trabalho, Karmarkar define complexidade do ponto de vista de controle de produção como o grau de variabilidade que existe no "lead-time". Os tempos de deslocamento utilizados no MRPII são considerados constantes. Estes tempos são obtidos através de análise estatística ou através de análise dos tempos de processamento de cada peça. Quanto maior a variabilidade do "lead-time" , maior será o impacto da variação do

⁹⁶ SHINGO, Shigeo "op. cit" p.55

⁹⁷ KARMARKAR, Uday S., LEDERER, Phillip J. e ZIMMERMAN, Jerold L. *Choosing manufacturing production control and cost accountig systems in Measures for manufacturing excellence*, Boston, Harvard Business School Press, 990

"mix" de produção nos resultados do MRPII. Desta forma, pode-se afirmar, que quanto mais complexo o sistema de produção tanto pior será o desempenho do MRPII.

A adoção de equipamentos com tecnologias mais avançadas, terá efeito em todos os tempos que são necessários para a determinação do tempo de deslocamento da operação. O tempo de operação, normalmente será menor, nas gerações mais recentes de equipamento. Este tempo menor, fará com os tempos de fila também sejam menores, uma vez que a espera pela liberação das máquinas diminuirá. Entre os pré-requisitos de utilização do MRPII encontra-se a acurácia dos dados disponíveis. Nas três últimas etapas do ciclo tecnológico o problema de acurácia das operações é considerado um problema resolvido. As preocupações se deslocaram para a estabilidade do processo, posteriormente para a adaptabilidade e finalmente para sua versatilidade. Ao mesmo tempo a variedade de produtos nas tecnologias mais recentes torna-se maior, o que implica em maior necessidade de controle. A adoção de tecnologias CIM, implica na utilização conjunta de diversas tecnologias de computador. No que tange ao planejamento de produção, o MRPII terá um papel preponderante, sendo possível se prever sistemas, onde os tempos de deslocamento serão dinamicamente determinados. O MRPII, junto com algoritmos de seqüenciamento das operações, será o ambiente proeminente caso seja possível atingir o estágio de CIM.

A metodologia MRPII no entanto é neutra em relação ao nível tecnológico dos equipamentos, uma vez que o tempo de deslocamento é uma das informações alimentadas nos modelos MRPII. A qualidade das informações, no entanto, será superior em sistemas com tecnologias mais avançadas, uma vez que os desvios padrões nos tempos existentes em todas as operações será menor, a medida que exista evolução da tecnologia. As críticas a respeito do uso de "lead-time" constantes são minimizadas nesta situação.. A conclusão a que se chega é que o MRPII é um sistema que se adapta a qualquer nível de tecnologia como ferramenta de planejamento e controle da produção. A utilização de

tecnologias mais aprimoradas melhorará também a qualidade das informações que o compõem.

6.2 - O Impacto da Evolução Tecnológica no Uso de kanban

"Kanban" significa pequenos lotes de fabricação. Pequenos lotes de fabricação necessitam que os tempos de preparação sejam diminutos. Analisando-se o quadro XX, apresentando no início deste capítulo, verifica-se que o aprimoramento tecnológico passou inicialmente pelo aumento das quantidade produzidas de uma mesma peça, procurando-se obter economias de escala. Após o advento do Controle Estatístico de Processo, passou por uma redução dos volumes com aumento da variedade dos produtos produzidos. Isto foi viabilizado pelo aparecimento das máquinas de controle numérico, que propiciam a fabricação de peças variadas com preparação reduzida. O advento de CIM levará ao limite, onde será possível produzir apenas 1 peça por lote. Estas considerações fazem com que normalmente "kanban" seja associado a tecnologias sofisticadas. Analisando-se a literatura encontram-se referências a utilização de "kanban" em diversos estágios de tecnologia. Ferro⁹⁸, analisando o Sistema Toyota de Produção, coloca algumas questões que procura responder em seguida. Sobre a questão "*Não dá para aplicar no Brasil porque nossa tecnologia é muito atrasada*", responde que "*Um dos maiores méritos do "Ohnoismo" é reconhecidamente introduzir tecnologias simples e aproveitar todo o seu potencial. São possíveis inúmeras melhorias sem grandes inovações tecnológicas*". O mesmo autor avaliando as características tecnológicas pressupostas pelo que chama de "Ohnoismo" afirma que "*Ohno não acredita que as tecnologias sofisticadas sejam necessariamente melhores. Presume, por exemplo que os computadores, embora muito importantes, produzem mais informações do que o ser humano pode assimilar, devendo sua utilização ser cuidadosa, pois pode eventualmente*

⁹⁸ FERRO, José Roberto, *Aprendendo com o "Ohnoismo" (Produção flexível em massa): Lições para o Brasil*. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, n. 30(3): 57-68, Jul-Set 1990

- SAKURAI, Michiharo. *The influence of factory automation on management accounting practices: A study of Japanese companies in Measures for manufacturing excellence*. Boston, Harvard Business School Press, 1990
- SHINGO, Shingeo. *Study of Toyota production system from industrial engineering viewpoint*. Tokyo, Japan Management Association, 1981
- _____. *Zero quality control: Source inspection and Poka-yoke system*. Cambridge, Productivity Press, 1986
- STALK, George, EVANS, Philip e SHULMAN, Lawrence E. *Competing on capabilities: The new rules of corporate strategy*. Harvard Business Review, Boston, n.70(2): 57-69, Mar-Apr. 1992
- THURSTON, Philip H. *Requirements planning for inventory control*, Harvard Business Review []
- TOFFLER, Alvin. *Powershift, As mudanças do poder*, Rio de Janeiro, Record, 1991
- VENKATESAN, Ravi. *Strategic sourcing: To make or not to make*, Harvard Business Review, Boston, n.70(6): 98-107, nov-dec1992
- WALLACE, T. F. *American production and inventory control dictionary*. 4.ed. 1980
- WAGNER, H.M. e WHITIN, T. M. *Dynamic version of the economic lot size model*, Management Science: 77-84, oct 1958
- WIGHT, Oliver W. *Manufacturing resource planning: MRP II - Unlocking America's productivity potential*. Brattleboro, The Book Press, 1984
- WILSON, H. *A scientific routine for stock control*, Harvard Business Review, Boston, n. 13(1), Oct. 1934
- YAMASHIMA, Hajime. *"Just-in-time"*, São Paulo, Editora IM&C Internacional, 1988
- YOUNG, Jan. B. *Modern inventory operations*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1991
- ZACARELLI, Sérgio B., *Programação e controle de produção*. São Paulo, Pioneira, 1976

causar mais problemas do que resolvê-los. Um dos exemplos mais evidentes são a simplicidade, clareza, facilidade de operação e baixo custo do "kanban" em oposição à complexidade, dificuldade de alimentação e uso, e alto custo do MRP, ambos tendo objetivos semelhantes. Fleury ⁹⁹ transcrevendo trecho das recomendações da "Japan Management Association" ¹⁰⁰ coloca que "Há uma idéia clara de priorizar o aperfeiçoamento do trabalho sobre os investimentos em equipamento: se os resultados positivos podem ser obtidos com melhoria do processo de trabalho, e tal processo ainda não foi exaustivamente explorado, não há justificativas para investimentos em automação".

Shingo ¹⁰¹ cita diversos casos de reduções drásticas nos tempos de preparação, através do que chama "SMED (Single Minute Exchange Die)". Descrevendo os efeitos da adoção do SMED, Shingo afirma que "A adoção do sistema SMED reduz o tempo de troca de ferramentas e estampos de forma notável como segue:

Na Mitsubishi Heavy Industry, anteriormente eram necessárias 24 horas para a troca de ferramentas de uma máquina perfuratriz de 8 mandris. Após um ano de trabalho com a adoção do método SMED, este tempo foi reduzido para 2 minutos e 40 segundos.

Na Toyota Motors, eram necessárias 8 horas para a troca de estampos e ferramentas de uma máquina de produzir parafusos. Após um ano, este tempo foi reduzido para 58 segundos.

Os exemplos mencionados são os de maior redução. Na média a redução de tempo é de 2 horas para 6 minutos, de uma hora para 3 minutos, o que significa que a

⁹⁹ FLEURY, Afonso. *Capacitação tecnológica e processo de trabalho: Comparação entre o modelo japonês e o brasileiro*. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, n. 30(4): 23-30, Out-Dez 1990

¹⁰⁰ JMA-Japan Management Association. *Kanban and just-in-time: The Toyota system*. Tokyo, The Productivity Press, 1985

¹⁰¹ SHINGO, Shigeo, op. cit. p 65 a 80

redução é da ordem de $1/20$. Shingo cita também alguns exemplos fora do Japão como "Na H. Weidmann Company, Suíça, 2,5 horas foram reduzidas para 6 minutos e 35 segundos, em uma máquina de moldagem de plásticos de 50 onças ¹⁰². Na Federal-Mogul Company, nos Estados Unidos, o tempo de troca de ferramentas de uma máquina de moagem, foi reduzido de 2 horas para 2 minutos."

Na descrição de como chegou aos princípios do SMED, (descritos no capítulo 2 deste trabalho), cita uma primeira descoberta realizada em 1950, na empresa Toyo Kogyo Co. Ltd., de Hiroshima, quando pela simples separação dos tempos de preparação em operações que deveriam ser efetuadas com a máquina parada, e operações que poderiam ser efetuadas antes de parar a máquina, conseguiu reduções entre 33 % e 50 % do tempo de preparação anteriormente necessário. O nível de tecnologia existente em 1950 estava bastante defasado do atual. Moura ¹⁰³, analisando os tempos de preparação afirma que "Se uma empresa pode montar máquinas 20 a 30 vezes mais rápido do que seus competidores, pode obviamente produzir em menores lotes, e obter um investimento menor em estoques e produção. Os japoneses não parecem ter descoberto qualquer método milagroso para reduzir os períodos de preparação.....Por exemplo, o tempo de preparação para a mudança de ferramental de um "capô" ou um pára-lama numa fábrica de automóveis do Brasil é de seis horas ¹⁰⁴. O mesmo tempo na Suécia e na Alemanha é somente 4 horas. Mas os fabricantes japoneses conseguiram reduzir este tempo a 12 minutos... A máquina de alta produção que produzia grandes lotes é igualmente apropriada para lotes pequenos contanto que o tempo de troca de ferramentas seja desprezível "

¹⁰² cerca de 1,42 kg

¹⁰³ MOURA Reinaldo A. e UMEDA, Akio. *op.cit.*

¹⁰⁴ Este trabalho de Moura foi escrito em 1984. É provável que os tempos existentes no Brasil tenham se aproximado dos internacionais.

O sistema "kanban" baseia-se em trocas de ferramentas com tempo desprezíveis. As constatações apresentadas tanto por Ferro como por Shingo e por Moura, levam-nos a concluir que não é necessário a utilização de máquinas com tecnologias avançadas para a adoção de "kanban". O uso inteligente das regras de troca de ferramentas conduzem a obtenção da condição necessária para a utilização de "kanban" internamente. Alguns exemplos brasileiros são citados por Moura ¹⁰⁵. Na análise de Máquinas Agrícolas Jacto S.A. é afirmado que *"Uma boa meta, em termos de preparação nos setores de estamparia, poderia ser a de se gastar menos de 10 minutos para a preparação de máquinas grandes e menos de 1 minuto para a preparação de máquinas pequenas e médias"* Na análise de outra empresa, esta fabricante de produtos seriados para banheiro, da qual o estudo não apresenta o nome, consta que *"Assim, no novo "layout" da fábrica foram explorados e implantados métodos para reduzir tempos de "set-up"..."* e segue com os tópicos já conhecidos"

O último estágio definido por Jaikumar ¹⁰⁶, chamado de CIM implica na total integração entre todos os sistemas da empresa de manufatura. Atingindo-se este estágio o sistema "kanban" torna-se desnecessário uma vez que todas as variáveis estarão totalmente controladas. Analisando-se a pesquisa efetuada por Sakurai ¹⁰⁷, constata-se que, no entanto, esta situação ainda é bastante utópica mesmo no Japão, onde existe a maior população de robôs do mundo, um dos pré-requisitos para a implantação do CIM. Aparentemente a era que estamos vivendo, nas empresa que utilizam o mais alto nível de tecnologia é a da "fabrica automatizada". Alguns princípios defendidos pelo criador do Just-in-Time, Taiichi Ohno levam-nos a crer que a era CIM ainda levará muito tempo

105 MOURA, Reinaldo A. *op.cit.*

106 Jaikumar, Ramchandran *op.cit.*

107 SAKURAI, Michiharo, *op.cit.*

para acontecer. Na "fábrica automatizada", com seu conceito de manufatura celular, o sistema "kanban" encontra-se perfeitamente enquadrado.

A conclusão a que se chega, é de que "kanban" é aplicável em quase todos os níveis de tecnologia definidos por Jaikumar. Com a adoção dos princípios de SMED, é possível se obter as condições necessárias para a sua implantação, mesmo em equipamentos com tecnologias primárias. Ao contrário do que aparenta a primeira vista, o mais alto nível de tecnologia definido por Jaikumar não mais necessita de "kanban". Como no entanto alcançar este nível parece ainda um tanto utópico, sendo mais provável o advento da fábrica automatizada, "kanban" deverá ser utilizado por um período bastante longo.

6.3 - A OPT e o nível tecnológico dos equipamentos

Na Teoria das Restrições, Goldratt apresenta como seu primeiro passo: Identificar as Restrições do Sistema. Este primeiro passo pode ser correlacionado com alguns princípios do OPT. O sexto princípio do OPT por exemplo diz que : "Os gargalos governam o volume de vendas e o inventário". Este princípio é totalmente equivalente ao primeiro passo do OPT. Uma consequência deste princípio é o definido como quarto princípio em "A Meta" : "Uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida no sistema inteiro". Este princípio reforça a importância da restrição do sistema.

A aplicação deste primeiro passo, ou do sexto princípio do OPT e de sua consequência, que são equivalentes, não apresenta nenhuma pressuposição quanto a tecnologia. A preocupação do OPT e da Teoria das Restrições com estes princípios, é chamar a atenção a respeito do ponto onde deve ser concentrada a melhoria. Procura responder a pergunta "O que mudar?".

O segundo passo da Teoria das Restrições recomenda: "Decidir como explorar as restrições do sistema". Este passo procura responder a pergunta "para o que mudar?". Este

passo pode ser correlacionado com o segundo princípio do OPT: "As restrições determinam a utilização onde não é gargalo". Os recursos que não são restrição devem operar somente até o limite da necessidade da restrição do sistema. Qualquer utilização adicional não agregará valor ao produto da empresa. O terceiro princípio do OPT também está correlacionado totalmente com este passo. Este princípio diz que: "Ativação não é igual a utilização de um recurso". Dentro da definição de Goldratt, um recurso está sendo utilizado quando seu produto contribui para a meta, portanto quando contribui para alimentar a restrição ou para transformar produtos que já passaram pela restrição. Um recurso está ativado, quando está produzindo alguma coisa não forçosamente aliada com a meta. Daí a recomendação de que recursos devem ser ativados somente quando necessitam ser utilizados. Da mesma forma que o primeiro passo, nenhuma alusão ao nível tecnológico dos equipamentos é apresentada tanto pelo segundo passo da Teoria das Restrições quanto pelo segundo e terceiro princípios do OPT.

O terceiro passo da Teoria das Restrições recomenda que : "Todas as decisões devem ser subordinadas às regras definidas para explorar as restrições do sistema". Da mesma forma que os demais passos, alguns princípios do OPT podem ser associados a este passo. O quinto princípio diz que: "Uma hora economizada onde não é gargalo é apenas uma miragem". A tendência normal dos Administradores de Produção é procurar o aperfeiçoamento a qualquer custo e em todos os pontos do sistema de manufatura. O quinto princípio do OPT ressalta que nos recursos que não se constituem restrição não tem sentido o aprimoramento. O oitavo princípio afirma que: "O lote de processamento deve ser variável e não fixo". Nos recursos que não são gargalo os lotes podem e devem ser menores do que os obtidos pelo cálculo convencional de lotes econômicos. A diminuição dos lotes implicará em menor quantidade de inventário em processamento, com a conseqüente redução dos custos de estocagem. Como os recursos que estão fora do gargalo não se constituem em restrição do sistema, existe tempo ocioso que pode ser aproveitado para realizar preparações, que conduzam a lotes de produção menores. O

limite de redução dos lotes será o ponto em que o recurso torna-se gargalo. Da mesma forma o sétimo princípio recomenda que: "O lote de transferência não deve ser sempre igual ao lote de processamento. "Com lotes de transferência menores do que os lotes de processamento, é possível obter-se sincronização de operações, reduzindo-se os "lead-times" totais da fabricação. Como é impossível obter-se uma fábrica totalmente equilibrada no que diz respeito às capacidades, é necessário que seja balanceado o fluxo e não a capacidade, primeiro princípio do OPT. Tanto o terceiro passo da Teoria das Restrições, quanto os princípios correlatos do OPT, não apresentam qualquer restrição quanto ao nível tecnológico dos equipamentos.

O quarto passo da Teoria das Restrições recomenda: "Elevar a capacidade da Restrição do sistema". Com a elevação da restrição seu desempenho atinge novos patamares. Nenhuma recomendação também é efetuada quanto ao nível tecnológico dos equipamentos.

O quinto passo da Teoria das Restrições recomenda que após elevar a capacidade da restrição do sistema deve-se voltar ao passo 1, não deixando que a inércia torne-se a nova restrição. Este passo está associado ao nono princípio do OPT, ou seja "Obter um programa examinando todas as restrições simultaneamente"

Todos estes passos e princípios, são aplicáveis a produção, em qualquer nível tecnológico. O processo é incremental, na medida em que são obtidos níveis crescentes de produtividade, ao romperem-se as restrições do sistema. Os benefícios da Teoria das Restrições e do OPT são maiores em tecnologias baseadas em Controle Estatístico de Processo. São significativas em estrutura híbridas onde misturam-se tecnologias, haja vista o exemplo apresentado em "A Meta" ¹⁰⁸ onde a máquina NCX-10, máquina de última geração, é na realidade o gargalo do sistema produtivo. O atingimento do estágio

¹⁰⁸ ver pg 172 de A Meta

CIM, no entanto, da mesma forma que o planejamento da produção prescinde da utilização de "kanban", também prescinde da utilização da Teoria das Restrições. Os programas associados ao OPT, que segundo Goldratt realizam o seqüenciamento das operações de forma dinâmica, podem transformar-se no "software" de microprogramação de produção. As informações disponíveis na literatura não permitem no entanto afirmar que este "software" seja efetivamente recomendado.

6.4 - Conclusões

O nível tecnológico dos equipamentos, não exerce papel primordial sobre as metodologias de planejamento e controle de produção. Em todas os tipos de tecnologia, é possível a utilização tanto de MRPII, quanto de "kanban" e OPT. A evolução das técnicas CIM, nos quais todas as variáveis são dominadas pelo Administrador de Produção, através de um abrangente sistema integrado de computadores, parece privilegiar o método de planejamento baseado em MRPII, com ciclos diários de revisão e com "lead-times" dinâmicos para cada processamento. Este "lead-time" é calculado de acordo com o programa de produção diário, utilizando algoritmos de seqüenciamento das operações, que talvez seja o preconizado pelo OPT. Como o nível de informações fornecido pelo produtor do "software" é consideravelmente menor do que o fornecido sobre a filosofia OPT, é difícil afirmar que ele será a solução para o seqüenciamento. Para a resolução do problema de seqüenciamento das operações Karmarkar ¹⁰⁹ cita além do OPT também outros "softwares" como o CLASS e MIMI, que segundo aquele autor podem tratar as complexidades do seqüenciamento das operações. Entretanto "*...Estão apenas agora aparecendo. Eles são demasiado complexos e demasiado caros para pequenas fábricas*".

¹⁰⁹ KARMARKAR, Uday, *op. cit* p.129

Para a "fábrica automatizada", que já faz uso intensivo de sistemas de informática para os processos de CAD e CAM além da automação de escritório, o MRPII parece ser uma boa solução.

7- OS ESTÁGIOS DE ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E AS METODOLOGIAS DE PLANEJAMENTO

As metodologias de Planejamento e Controle da Produção possuem intrinsecamente algumas suposições sobre a organização da Produção. Para a implantação de MRPII, um dos pré requisitos é a existência de listas de materiais bem definidas, e de controles de estoques rígido. Caso a implantação do MRPII seja levada mais adiante, abrangendo também o planejamento de capacidades, são necessários roteiros de produção detalhados.

Para a implantação de "kanban", é necessário que a produção esteja organizada em células, e que seja possível a produção de lotes pequenos. A implantação do OPT, necessita que sejam implantadas as estruturas de produto, e os requisitos de equipamentos, através do conceito NET.

7.1 - Aspectos Organizacionais Relevantes para a Implantação de MRPII

O MRPII depende de informações. Seu sucesso esta totalmente vinculado à criação de um modelo válido, e que represente da forma mais fiel possível, as estruturas existentes na empresa. Sua implantação depende de uma mudança da filosofia da empresa, na medida em que passa a trabalhar com programas mestres de produção, e passa a tratar de forma integrada, fatos anteriormente operados de forma isolada e muitas vezes desconexa. Um dos fatores de sucesso do MRPII, está ligado ao entendimento de sua metodologia por parte de todos os envolvidos. A alta administração tem um papel primordial na sua implantação. Sendo um sistema que rompe barreiras organizacionais, e analisa o problema de produção sob o enfoque de processo transdepartamental, é normal que sua implantação gere resistências elevadas de parte de alguns setores da organização. Nestes momentos, o apoio irrestrito da alta administração é fundamental. As informações necessárias para o

MRPII são, do ponto de vista teórico, totalmente triviais e supostamente existentes em qualquer organização. Na prática, verifica-se que estas informações, não são tão simples como seria de se pensar.

Em primeiro lugar o MRPII necessita que todos os itens envolvidos no processo de fabricação sejam univocamente identificados. Isto implica em que a empresa tenha todos as suas matérias primas, materiais em processamento, peças compradas, subconjuntos, produtos acabados e peças vendidas no mercado de reposição devidamente codificados. Não existe nenhuma exigência especial quanto ao tipo de codificação a ser utilizado. A empresa pode adotar desde números seqüências, iniciando em 1 no primeiro produto codificado, e ir crescendo a medida que novos produtos, materiais etc. sejam incorporados ao processo produtivo. A única exigência é que estes códigos sejam únicos. Algumas empresas utilizam o mesmo código para o produto acabado e para os seus componentes. Nestas empresas será necessário um ajuste de codificação, para tornar a identificação unívoca. Normalmente os sistemas MRPII, não limitam a extensão do código, o que nos leva a afirmar que qualquer tipo de codificação, utilizado por qualquer empresa, poderá ser utilizado pelo MRPII.

Em segundo lugar é necessário que existam listas de materiais. Parece inadmissível, que qualquer empresa industrial não tenha totalmente definida a estrutura de seus produtos. Estas listas efetivamente existem, mas muitas vezes não fazem referência aos códigos dos produtos, mas sim às suas descrições. Caso a empresa encontre-se nesta situação, é necessário que as listas de materiais sejam codificadas. Outro problema que normalmente é enfrentado ao se iniciar a implantação de MRPII, é que na prática, muitas vezes existem inúmeras listas de materiais, dependendo do departamento que as utiliza. Estas listas são definidas nos departamentos de engenharia de projeto, onde os produtos são originalmente especificados. Normalmente ao se definirem os processos de fabricação, são geradas novas listas de materiais, incorporando alguns componentes não constantes das listas da engenharia de projeto. Na etapa de

cálculo de custos, é normal que novas listas sejam definidas, agora sob o enfoque da contabilidade de custos. Os materiais comprados devem ser adquiridos pelo departamento de compras. Normalmente são criadas novas listas de materiais sob o enfoque de suprimentos. O departamento de planejamento, muitas vezes, gera outra lista de materiais, que lhe permita planejar a produção. A sexta lista aparece no departamento de produção, onde os produtos são efetivamente fabricados. Em muitos casos, o controle de qualidade possui outras listas de materiais. Por último, quando são fornecidas listas de componentes junto ao produto vendido, normalmente é utilizada uma lista menos detalhada que as anteriores. Como foi descrito, em alguns casos são utilizadas até 8 listas de materiais, para o mesmo produto. Mesmo que estas listas originalmente representem exatamente as mesmas estruturas, é fácil de se perceber que, o trabalho de alteração das especificações de produto, é um trabalho monumental. A implantação de MRPII requer listas de materiais exatas. Um dos benefícios de sua implantação, é o compartilhamento das informações por todos os departamentos. Desta forma, a mesma lista passa a ser utilizada desde a engenharia de projeto até a venda. Logicamente, as informações que estarão disponíveis para cada área da organização, serão uma parte da informação total, armazenada nos Bancos de Dados do MRPII. Normalmente, todas as informações já estão disponíveis na empresa, sendo necessário apenas um esforço no sentido de padronizá-las e integrá-las, de forma que atendam a todas as áreas da organização. Um aspecto que apresenta complexidade maior, diz respeito à determinação do tempo de deslocamento ("off-set"). Este tempo normalmente não está disponível entre as informações da empresa. Sua determinação requer uma análise da carga das máquinas da empresa baseado nas produções históricas. Esta análise permitirá determinar os tempos de fila-movimentação a que estarão submetidas as peças. Este tempo é de natureza estatística, uma vez que os programas de produção são variáveis. A metodologia de determinação destes tempos dependerá do nível de registros sobre a produção existentes na organização. Caso a empresa possua sistemas que permitam avaliar os tempos de fila-movimento que historicamente têm acontecido, será possível determinar uma média confiável para o

tempo de deslocamento das peças. Caso os sistemas não permitam a avaliação baseado em séries históricas, é necessário que se utilizem métodos analíticos. Estes métodos simulam a produção para diversas situações de demanda e determinam os tempos de fila prováveis, os quais são incorporados aos tempos de processamento para a determinação do tempo total de deslocamento. Uma vez determinado o tempo de deslocamento é possível a implantação das listas de materiais.

O MRPII é um sistema que repousa sobre informações. Por este motivo é importante que as informações utilizadas pelo modelo sejam precisas. Um programa que é iniciado em toda a implantação de MRPII é o programa de acurácia dos estoques. Este programa visa obter quantidades e valores dos estoques, com a maior precisão possível. A prática tem mostrado que o nível de acurácia dos estoques das empresas, normalmente é bastante baixo. Os estoques são afetados por um conjunto relativamente grande de movimentações diferentes. Normalmente as movimentações mais importantes são perfeitamente controladas. As demais transações já não têm o mesmo tratamento. As entradas no almoxarifado são ocasionadas por diversos eventos. Os mais comuns são:

- Entradas por compra - normalmente perfeitamente controladas
- Entradas por produção industrial - normalmente também controladas de forma eficaz.
- Entradas por beneficiamento - compreendem os materiais que foram remetidos a terceiros para sofrerem alguma operação que lhes agregue valor
- Entradas por reparo - compreendem os materiais que foram remetidos a terceiros para corrigir algum defeito constatado antes do seu uso
- Entradas por canibalização - compreendem as partes de um conjunto que foram desmontadas para a utilização de um dos componentes do conjunto

- Entradas por devolução interna - devolução de materiais das áreas das áreas de produção
- Entradas por devolução de terceiros - reincorporação ao estoque de materiais enviados a terceiros.
- Por cessão de terceiros - empréstimo de terceiros
- Entradas por devolução de empréstimo - materiais anteriormente emprestados a terceiros e devolvidos
- Entradas por transferência - materiais transferidos entre almoxarifados.
- Entradas de materiais obsoletos ou irrecuperáveis - Trata-se de uma informação que transfere as quantidades de materiais normalmente utilizadas para materiais irrecuperáveis.

As saídas também são ocasionadas por um conjunto de eventos, dos quais os mais relevantes são:

- Saídas para consumo - normalmente perfeitamente controlada
- Saídas para produção interna - também controlada de forma eficaz na maioria das empresa.
- Saídas por venda - normalmente controladas eficazmente
- Saídas para beneficiamento - materiais remetidos a terceiros que posteriormente serão reincorporados ao estoque.
- Saídas para reparo - materiais danificados que serão recuperados, posteriormente gerarão uma entrada nos estoques dos materiais reparados.
- Saídas para canibalização - Conjuntos que são retirados do estoque para terem um ou alguns componentes utilizados. Os componentes do conjunto posteriormente gerarão entrada no estoque por canibalização.
- Saídas de materiais obsoletos ou irrecuperáveis - materiais que, devido a mudanças tecnológicas, se tornaram obsoletos, ou, que devido a algum

acidente, foram danificados de forma definitiva. Normalmente estes materiais são reincorporados ao estoque sob outra denominação, até que sejam alienados.

- Saídas por transferência entre almoxarifados.
- Saídas para devolução a terceiros etc.

Normalmente as movimentações originadas de compras, entrada de produção, saída para produção, saída para consumo e saída para venda são controladas de forma eficaz. As demais movimentações, via de regra não possuem sistemas formais, que mantenham as quantidades registradas nos estoques, com a acurácia necessária. O nível de organização dos registros de estoque, em muitos casos, pode requerer um aprimoramento considerável, para permitir a implantação do MRPII. Normalmente este trabalho não é muito simples, uma vez que processos com vício podem estar impregnados no sistema de controle de materiais, e a implantação de MRPII, antes de apresentar qualquer benefício, já está cobrando alterações de rotinas, muitas vezes estabilizadas por longos anos.

O MRPII baseia-se na explosão das necessidades de produtos com demanda independente, em matérias primas, componentes, peças compradas, subconjuntos e conjuntos cuja demanda depende dos produtos acabados. O ponto de partida do mecanismo de determinação das demandas é a demanda dos produtos com demanda independente. A determinação da demanda independente, normalmente é elaborada pelas empresas com base nas previsões de venda e nos pedidos já conhecidos. Erros no processo de determinação da demanda são propagados por todo o modelo. Caso a previsão de demanda seja elaborada com um erro de 10 %, todas as necessidades de componentes terão este mesmo erro de 10 %. Os métodos de planejamento da demanda devem ser encarados com bastante realismo antes da empresa iniciar uma implantação de MRPII. Normalmente, os produtos acabados têm um prazo de entrega considerado como adequado pela empresa. Este prazo normalmente é função das exigências dos clientes e

das características de concorrência existentes entre as empresas do setor. O prazo de entrega, normalmente é alterado em função de novas exigências dos consumidores, de desafios competitivos colocados por concorrentes que reduziram seus prazos de fornecimento, ou por iniciativa da empresa, como forma de obter vantagem competitiva. Os prazos de entrega são normalmente alterados para menor. Podem existir, no entanto, situações nas quais os prazos são aumentados ¹¹⁰. Este prazo de entrega muitas vezes não está vinculado ao prazo de fabricação ¹¹¹. Chamando de TE o tempo de entrega e TP o tempo de fabricação. Podem ocorrer as seguintes situações.

1- $TP \leq TE$

Na situação em que o tempo de produção é menor ou igual ao tempo de entrega, a administração da demanda pode ser totalmente baseada nos pedidos já recebidos. A demanda não apresenta nenhuma incerteza, e os resultados das explosões de necessidade são exatos. O esforço necessário para a administração da demanda concentra-se no controle ao atendimento às ordens de clientes.

2- $TP > TE$

Na situação de tempo de produção maior do que o tempo de entrega, as previsões tornam-se necessárias. A administração da demanda, passará a ser um misto de administração dos pedidos recebidos, e das previsões de demanda, realizadas segundo os métodos particulares que cada empresa utiliza. Normalmente, nesta situação, a produção pode ser dividida em dois conjuntos de operações. Ao primeiro conjunto, pertencem as

¹¹⁰ Como exemplo de situação em que os prazos de fornecimento foram aumentados, podemos citar o caso vivido recentemente pelo Brasil durante o Plano Cruzado, no qual o aumento explosivo da demanda gerou aumento dos prazos de fornecimento praticamente em toda a economia.

¹¹¹ Prazo de fabricação é aqui utilizado com o sentido da expressão inglesa "lead-time", ou seja o tempo total necessário entre se decidir fabricar um produto e sua conclusão. Está incluso no "lead-time" o tempo necessário para obter os materiais comprados e todos os tempos envolvidos no ciclo produtivo, incluindo os tempos de operação, de fila e de movimentação.

operações que podem ser desencadeadas após o conhecimento dos pedidos dos clientes. Pertencem a este grupo as operações cuja soma dos tempos de deslocamento ¹¹² é inferior ao tempo de entrega. O segundo grupo é composto pelas demais operações.

Utilizando esta distinção, o primeiro conjunto de operações é acionado somente quando existem pedidos. O segundo conjunto de operações, necessita de um horizonte de planejamento maior do que o fornecido pelos pedidos recebidos dos cliente. A demanda utilizada será então composta por pedidos recebidos de clientes e por planejamento de vendas. Um caso bastante comum da separação das operações nestes dois conjuntos, é o que utiliza matérias primas cuja aquisição possui tempo de aquisição elevado. Nesta caso toda a produção pode trabalhar com base em pedidos recebidos de cliente. Apenas a colocação de pedidos de compra será baseada em previsões de venda. Uma análise detalhada dos processos que serão adotados em cada empresa deverá ser elaborada antes da implantação de MRPII. Um caso especial de $TP > TE$, é o caso em que o $TE = 0$. Tempo de entrega igual a zero, ocorre em todos os casos em que a empresa disponibiliza produtos para pronta entrega. Para este caso, a demanda é totalmente originada do planejamento. Normalmente na literatura estas relações entre tempo de fabricação e tempo de entrega, são analisadas sob o enfoque geral de produção sob encomenda e produção para estoque.

O plano mestre de produção, é outro ponto chave para a implantação do MRPII. Ele representa a adequação entre a demanda, determinada de acordo com os princípios de gestão da demanda, e a capacidade de produção. O plano mestre de produção é, portanto, um plano de produção factível. Deve representar um plano que a empresa objetiva efetivamente atingir. Um aspecto cultural importante a ser avaliado antes da implantação do MRPII, diz respeito a existência de disposição para se trabalhar com planos mestres

¹¹² O conceito de tempo de deslocamento da operação é o definido no capítulo 2, ou seja, é o tempo de operação adicionado dos tempos de fila e movimentação que a peça será submetida em cada operação.

com relativa estabilidade. Empresas em que os objetivos estão em constante mutação terão dificuldades em utilizar o MRPII.

Note-se que nos aspectos organizacionais levantados como necessários para a implantação do MRPII, em nenhum ponto foi abordada a necessidade de mudar processos de fabricação, diminuir tempos de processamento, ou diminuir prazos de fornecimento. Toda a lógica utilizada, foi no sentido de se obter uma representação fidedigna da produção da empresa. Desta forma, foram analisados aspectos sobre a necessidade de se possuir produtos codificados univocamente, listas de material que representem os produtos fabricados, estoques com grande nível de acurácia, um processo de gestão de demanda coerente, e uma sistemática de determinação dos programas mestre de produção realista. O fato do aprimoramento dos processos não aparecer explícito nas recomendações do MRPII, tem gerado, de parte dos defensores de outras metodologias, críticas contundentes. O MRPII é visto como uma metodologia que cristaliza a situação da empresa e que não gera incentivos ao aumento de produtividade. Pode ser contraposto a estes argumentos, o fato de que o MRPII não se propõe a revolucionar a produção, mas apenas a criar uma sistemática coerente de programação e liberação de ordens de produção e de compras. Em nenhum momento a metodologia MRPII define que os parâmetros utilizados para a modelagem da fábrica são inflexíveis. O propósito do MRPII, é o de viabilizar a avaliação do efeito da mudança com grande rapidez. A maioria dos "softwares" utilizados para a implantação do MRPII, possuem embutidas ferramentas chamadas de "What if", que apontam rapidamente, os efeitos de mudanças de programas de produção, de mudanças dos tempos de deslocamento, e de mudanças das estruturas dos produtos sobre toda a estrutura da fábrica. Uma das vantagens sempre ressaltada pelos usuários do MRPII, é a de que conseguem determinar com rapidez e precisão, os efeitos das mudanças de engenharia sobre toda a estrutura da manufatura. A determinação dos volumes de peças que serão obsoletadas por mudança na estrutura dos produtos, é uma preocupação econômica de primeira grandeza. O MRPII fornece com

grande eficácia avaliações sobre os impactos econômicos das alterações em todos os produtos e processos. A disponibilização desta facilidade é por isso um agente de mudança.

7.2 - Aspectos Organizacionais Relevantes para a Implantação de kanban

O "kanban", após implantado, é um sistema cujas informações fluem automaticamente pelo sistema de produção, sem necessidade de um planejamento centralizado. Muitas vezes é afirmado que o "kanban" é um sistema de administração visual, em contraposição ao MRPII que é um sistema de administração por relatórios. A implantação do "kanban" possui no entanto uma série de requisitos organizacionais. Estes requisitos podem tornar necessária uma completa reorganização da fábrica. Normalmente nos sistemas tradicionais, os materiais sempre passam pelo almoxarifado. Tanto as matérias primas e os componentes comprados, como os componentes fabricados são sempre armazenados nos almoxarifados. A implantação de "kanban" requer uma mudança deste conceito, fazendo com os materiais sejam armazenados nos supermercados de cada operação. A utilização de "kanban" está sempre vinculada a lotes de produção diminutos, a níveis de qualidade elevado, e a planejamento de produção efetuado a nível de chão de fábrica.

A primeira característica necessária para a implantação de "kanban" é a possibilidade de serem produzidos lotes diminutos. As fórmulas de determinação de lote econômico, utilizadas tradicionalmente pela Administração da Produção indicam que para a diminuição dos lotes de fabricação, os tempos de preparação devem ser consideravelmente reduzidos. O lote econômico é proporcional a raiz quadrada dos custos de preparação. Para reduzir o lote econômico para a metade é necessário dividir por 4 o tempo de preparação. Estas reduções serão necessárias, como forma de viabilizar a utilização do "kanban". No capítulo II foram descritas algumas técnicas que permitem a

redução dos tempos de preparação. Estas técnicas são perfeitamente aplicáveis em qualquer tipo de empresa. Pode-se em princípio afirmar que em toda a empresa que ainda não aplicou os princípios de redução de tempos de preparação, sempre é possível realizar melhorias. De acordo com Shingo ¹¹³ "*Diminuir o tempo de troca de ferramentas e estampas nunca é um problema relacionado a densidade do trabalho necessário, mas está ligado a uma mudança de mentalidade que é alcançada através da aplicação de princípios científicos baseados numa revolução da percepção do problema*". Dentro destes princípios, independentemente do grau de organização da produção, será sempre possível adotar medidas que levem o tempo de preparação a patamares aceitáveis. O tempo necessário para a adoção destas medidas no entanto pode ser elevado. Antunes et alii ¹¹⁴, referindo-se à necessidade de redução dos tempos de preparação afirma "*além disso, deve ficar claro que o não atendimento deste pré-requisito inviabiliza a produção em lotes pequenos e, conseqüentemente, torna difícil a utilização de uma filosofia just-in-time*". Moura ¹¹⁵ analisando o sistema de produção da Toyota observa que "*a Toyota tinha de descobrir quanto tempo de preparação de ferramenta poderia ser reduzido. Apenas se conseguisse reduzir o tempo até o mínimo, poderia diminuir a quantidade do lote e também o estoque. Seria um grande passo para a produção "just-in-time". A produção ideal seria apenas um sonho, a menos que fosse reduzido o tempo de preparação das ferramentas*". Da mesma forma SHINGO ¹¹⁶ enfatiza que "*Com o objetivo de alcançar ordens de produção aceitáveis e a inexistência de estoques, é necessário produzir lotes pequenos, para isso, é necessário obter significativas reduções no tempo de troca de ferramentas e estampas. Estas necessidades são exigidas do ponto*

¹¹³ SHINGO, Shigeo, *op.cit* p.169

¹¹⁴ ANTUNES JR, José Antônio, KLIEMANN NETTO, Francisco José e FENSTERSEIFER, Jaime Ewaldo, *op. cit.*, p. 55

¹¹⁵ MOURA, Reinaldo A. *op.cit.* p.9

¹¹⁶ SHINGO, Shigeo, *op.cit.* p. 168

de vista de economicidade" De acordo com Yamashima ¹¹⁷ *"a redução do tempo consumido na preparação das máquinas, proporciona uma maior flexibilidade e capacidade competitiva à empresa"*.

Difícilmente uma empresa quando se decide a alterar seu sistema de controle de produção atende a estes requisitos. Os benefícios que serão obtidos com a implantação da metodologia no entanto serão com certeza consideráveis. Sem dúvida alguma o passo inicial para a implantação de "kanban" é a redução dos tempos de preparação. Esta tarefa é um projeto de longo prazo, uma vez que envolve uma mudança de postura na forma de encarar os tempos de troca de ferramentas. Estas mudanças, normalmente têm um longo tempo de maturação. Além disso é necessária uma análise detalhada de todas as operações de preparação.

A compra de matérias primas e componentes é uma das operações do ciclo de fabricação. A determinação dos lotes econômicos de compra segue os mesmos princípios dos lotes econômicos de fabricação. O fator primordial para a redução dos lotes de compra é o custo dos pedidos. O custo dos pedidos é composto por custos administrativos relativos a:

- Determinação das necessidades de compra.
- Determinação das fontes de suprimento.
- Negociação de compras.
- Emissão dos pedidos

Além de custos relativos ao transporte dos produtos do fornecedor até o cliente, recepção e inspeção dos produtos.

¹¹⁷ YAMASHIMA, Hajime. *Just-in-Time*. São Paulo, Editora IM&C Internacional, 1988

Para diminuir os custos administrativos é necessário alterar totalmente o processo de compras, negociando contratos de fornecimento de longo prazo.

A redução dos custos de transporte requer uma abordagem logística totalmente nova. De acordo com NAKAME e HALL ¹¹⁸ "*No Japão os fornecedores podem facilmente diminuir o tamanho dos lotes de entrega para torná-los igual a um dia de consumo, porque os caminhões possuem rotas regulares entre as fábricas, podendo apanhar e entregar pequenas cargas. As programações dos caminhões são semelhantes as programações dos ônibus com rotas definidas em horários pré definidos. No ocidente normalmente são programadas cargas completas num sistema porta a porta.*" Não temos notícia da existência no Brasil de sistemas de transporte semelhante ao descrito por Nakane.

Os custos de recepção e inspeção serão eliminados na medida em que os fornecedores entreguem os produtos diretamente na linha de produção e apresentam níveis de qualidade tão elevados que dispensem a inspeção dos produtos.

Os níveis de qualidade são um prérequisito para a implantação de "kanban" não só dos produtos comprados, mas também dos produtos elaborados internamente. ANTUNES, KLIEMANN e FENSTERSEIFER ¹¹⁹ destacam a necessidade de "*Implantação de uma sistemática de Controle de Qualidade Total, uma vez que trabalhando-se com lotes de produção pequenos, é preciso ter-se a garantia de que todas as peças estejam perfeitas. Portanto, há uma preocupação em estabelecer-se uma política para a empresa que leve em consideração a problemática da qualidade em sua totalidade. Isto envolve desde o controle de qualidade dos materiais no próprio*

¹¹⁸ NAKAME, Jinichiro e HALL, Robert W. *Management Specs for Stockless Production*, Harvard Business Review, Boston, n. 61(3): 84 a 91, May-June 1983.

¹¹⁹ ANTUNES JR. José Antônio Valle, KLIEMANN NETO, Francisco José e FENSTERSEIFER, Jaime Evaldo, *op.cit* p. 55

fornecedor até o controle o mais individualizado possível sobre cada uma das peças fabricadas, realizado na maior parte pelos próprios operários na linha produtiva." Os métodos tradicionais de controle de qualidade devem ser alterados dando lugar a garantia de qualidade. O processo de implantação de garantia de qualidade está fora do escopo desta trabalho, convém ressaltar no entanto que nas fábricas japonesas é utilizado o sistema "poka-yoke" ¹²⁰, que cria dispositivos que tornam quase impossível a ocorrência de defeitos. O aprimoramento da qualidade também requer um considerável esforço de organização de toda a fábrica e principalmente de motivação de toda a força de trabalho.

As medidas para a implantação da "kanban" alterarão completamente a fisionomia e as técnicas de administração da fábrica. Para possibilitar estas mudanças normalmente é utilizado o conceito de "kaizen" que segundo a definição de IMAI ¹²¹, significa "*pequenos melhoramentos feitos no "status quo", resultado de esforço contínuo*".

A decisão de se utilizar uma metodologia de controle da produção baseada em "kanban" necessita que sejam observados os princípios aqui descritos, os quais somente são alcançados com bastante energia. Uma vez criada uma postura para a mudança, os benefícios aparecerão imediatamente, sob a forma de melhoria da qualidade, redução dos tempos de preparação de máquinas e conseqüentemente redução sensível dos estoques.

7.3 - Efeitos Organizacionais da Implantação de OPT e Gerência das Restrições.¹²²

O primeiro passo da gerência das restrições recomenda que sejam identificadas as restrições do sistema. Identificar as restrições do sistema, significa dentro da gerência das

¹²⁰ Para uma explanação do sistema "poka-yoke" ver SHINGO, Shigeo, *Zero quality control: Source inspection and Poka-yoke system*. Cambridge, Productivity Press, 1986 p. 45 e seguintes.

¹²¹ IMAI, Masaaki. *Kaizen - A estratégia para o sucesso competitivo*, São Paulo, IMAM, 1988

¹²² Para efeito desta análise nos concentraremos nos princípios utilizados pela Gerência das Restrições, definida por Eliyahu Goldratt.

restrições não só a sua identificação como também a sua priorização. O metodologia de determinação das prioridades está vinculada ao impacto que a restrição tem sobre a meta da empresa.

Uma vez que as restrições tenham sido identificadas e priorizadas, o segundo passo recomenda que seja definida a forma de administrar a restrição. Todos os recursos que não representam restrições devem ser administrados em função da restrição.

O terceiro passo recomenda que todas as decisões devem ser subordinadas à decisão tomada a respeito da forma de administração da restrição.

O próximo passo é elevar a capacidade da restrição. Este passo fará com que a restrição deixe de existir. Como o conceito de restrição implicou na sua localização e na sua priorização, uma vez que uma restrição é quebrada, outra restrição aparecerá. Isto nos leva ao quinto passo que é, voltar novamente ao passo 1.

Toda a abordagem da Gerência das Restrições e do OPT procura determinar "o que mudar", "para o que mudar" e "como conseguir que a mudança seja efetivamente implantada". As duas primeiras perguntas, o que mudar ? e para o que mudar? são eminentemente técnicas. Implicam em uma análise do sistema de produção para a definição dos seus pontos de estrangulamento e da geração de idéias criativas, alinhadas com a meta da empresa, que determinem a forma de fazer melhor uso da restrição. A terceira indagação, como conseguir que a mudança seja implantada? não é técnica mas psicológica, uma vez que trata da resistência à mudança. A abordagem do OPT e Gerência das Restrições recomenda a adoção do método Socrático, onde a mudança é induzida, de forma que os Recursos Humanos envolvidos na mudança sintam-se como geradores das idéias que conduziram à mudança. Como exemplo de aplicação do método Socrático, Goldratt cita o próprio livro "A Meta", onde normalmente o leitor descobre as alterações que devem ser implantadas uma ou duas páginas antes do problema ser resolvido. A utilização deste método cria condições para a implantação da mudança. O

que é questionável é o grau de dificuldade existente para utilizar o método. As dificuldades são tanto técnicas quanto psicológicas. Do ponto de vista técnico, criar situações que induzam as pessoas envolvidas com o problema a encontrar as soluções previamente encontradas é uma tarefa árdua. Do ponto de vista psicológico, dificilmente o autor da idéia que gera o aprimoramento adotará uma posição na qual abre mão da sua paternidade.

Pode se afirmar que quanto menor o grau de organização da produção, mais efetivo será o resultado da aplicação da Gerência das Restrições. Em uma fábrica totalmente desorganizada, a simples observação das peças que se acumulam diante das operações já fornece um indicador efetivo do gargalo da produção (restrição do sistema). A tarefa restringe-se apenas em determinar qual das restrições é a que pode colaborar de forma mais efetiva para a meta da empresa. A determinação da forma de administrar a restrição, normalmente nos primeiros estágios é bastante óbvia. A utilização gradativa dos princípios da Gerência das Restrições faz com a empresa torne-se cada vez mais eficiente e produtiva, aumentando seu grau de organização. A medida que se alcançam patamares mais elevados de organização, os gargalos não são mais óbvios, requerendo análise aprofundada amparada por metodologias elaboradas para sua localização. Os ganhos de produtividade tornam-se cada vez mais difíceis de obter. Os princípios utilizados para obter aumentos de produtividade englobam a utilização de MRPII e de sistemas baseados em "kanban".

8- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

8.1 Conclusões

KARAMARKAR, LEDERER E ZIMMERMANN ¹²³ comentam que "*A literatura a respeito de administração das operações é reticente quanto a escolha de sistemas de controle de produção. Além da pobreza de regras específicas para a escolha dos métodos de controle de produção, existem diferenças de opinião sobre a abordagem correta. Possivelmente devido a complexidade do tema, a literatura técnica e a literatura de pesquisa tem poucos resultados sobre a matéria. As discussões na pouca literatura existente não convergem para um ponto de vista comum.*

Os pontos chave para o planejamento e controle da produção dizem respeito a uma série de programações que devem ser efetuadas. Uma forma normalmente aceita é a divisão do PCP nas atividades de:

- Planejamento das capacidades
- Planejamento de materiais
- Liberações das ordens de fabricação
- Programação detalhada
- Execução das tarefas

Destas tarefas o MRPII concentra-se nas três primeiras, considerando que a programação detalhada e a execução das tarefas devem ser executadas a nível de programador de produção. Os sistemas baseados em "kanban" não se preocupam com o planejamento das capacidades e com o planejamento de materiais. Apresentam no entanto

¹²³ KARMARKAR, Uday, LEDERER, Phillip e ZIMMERMAN, Jerold. *op.cit.*

ferramentas potentes para a liberação das ordens de fabricação, para a programação detalhada e para a execução das tarefas.

SAKURAI ¹²⁴ afirma que os japoneses acham difícil prever vendas futuras, uma vez que as técnicas estatísticas para previsão de vendas são pouco sofisticadas. Por este motivo suas preocupações concentram-se nas três últimas tarefas de planejamento e controle de produção. Note-se que a diferença de enfoque é essencial entre as duas abordagens.

Procurando no entanto apresentar a opinião média obtida na literatura e nas constatações realizadas nas empresas visitadas apresentaremos algumas considerações para a escolha de metodologia de planejamento e controle de produção. Sendo um tema bastante polêmico como atestam as observações de KARMARKAR, LEDERER e ZIMMERMAN, o presente capítulo visa servir de base para futuras discussões. De forma diferente dos capítulos anteriores, as metodologias não serão apresentadas separadamente mas sim em conjunto.

Do ponto de vista da natureza da demanda, o MRPII responde bem a qualquer situação de demanda. A utilização das facilidades de simulação torna especialmente recomendável a metodologia para planejamentos de longo prazo e para a rápida determinação dos efeitos de variações das demandas sobre o sistema de manufatura.

As limitações existentes quanto a adoção de "lead-times" constantes, se podem se constituir em problemas para a liberação das ordens de fabricação, não representam empecilho para o planejamento das capacidades utilizando técnicas como a "rough-cut capacity", na qual apenas os recursos críticos são programados. A complementação do MRPII com algoritmos de determinação dinâmica do "lead-time" aprimora em muito a eficiência da metodologia. As facilidades que o "kanban" apresenta para a liberação das

124 SAKURAI, Michiharu. *op.cit.*

ordens de produção, para a programação detalhada, e para a execução das tarefas, devem ser aproveitadas sempre que haja possibilidade de utilização desta técnica. Sistemas híbridos onde são utilizados tanto sistemas "kanban" como sistemas MRPII devem ser explorados. Nestes sistemas, as oscilações da demanda podem ser administradas pelo MRPII através da emissão de cartões "kanban" adicionais nos casos de demanda crescente. A demanda cadente gerará instruções para a desativação de cartões "kanban". Algoritmos tipo OPT são bem-vindos para tratar as variações da demanda.

Do ponto de vista da natureza dos processos, dentro da tipologia utilizada, foram considerados quatro tipos de produção:

- Fluxo contínuo
- Produção repetitiva em lotes
- Produção em lotes com variações dinâmicas
- Produção sob projeto

A análise das condições de cada tipo de produção conduziu às seguintes conclusões:

A produção por fluxo contínuo não necessita da utilização de MRPII, devido a simplicidade de seu processo de fabricação. Da mesma forma como o conceito de gargalo não existe, as oportunidades para utilização de OPT são diminutas. Dentre os passos necessários para o planejamento e controle de produção, o planejamento das capacidades pode ser executado de forma bastante simples, uma vez que a fábrica é vista como um todo contínuo. O planejamento de materiais também não apresenta grandes desafios mas a obtenção dos materiais pode ser operacionalizada através da utilização de "kanbans", que minimizarão as necessidades de estoques. As características de aquisição das matérias apresentam facilidades para obtenção de contratos de fornecimento "just-in-time". A

liberação de ordens de fabricação normalmente é realizada em grandes lotes, seu particionamento para efeitos de controle pode ser beneficiado com a utilização de "kanban". O planejamento detalhado e a execução das tarefas normalmente é comandada pelo próprio processo, não existindo necessidade meios auxiliares.

A produção repetitiva em lotes apresenta características de produção contínua e de produção em lotes. Um sistema híbrido no qual a parte contínua se beneficia das vantagens do "kanban" e os lotes utilizam o MRPII é a metodologia recomendável. Dentro das tarefas de programação de produção definidas, o planejamento de capacidades pode ser elaborado com a utilização de MRPII, o planejamento de materiais pode usar MRPII para os componentes que têm característica de produção por lotes, e através de "kanban" para a parte contínua da produção. A liberação das ordens de fabricação pode se beneficiar das facilidades do MRPII. A programação detalhada e a execução das tarefas pode ser comandada por "kanban"

A produção em lotes dinâmica, apresenta algumas complicações adicionais na medida em que as quantidades são variáveis sendo difícil montar sistemas puramente baseados em "kanban". Para esta estrutura de processo, o planejamento das capacidades e o planejamento de materiais podem ser executados de forma bastante produtiva através da utilização de MRPII. A liberação das ordens de fabricação também é satisfatoriamente atendida pelo MRPII. Para o chão de fábrica podem ser utilizados "kanbans" dinâmicos, com programação efetuada pelo MRPII.

O último tipo de processo utilizado é o representado pela produção sob projeto. Para este tipo de processo, o planejamento de capacidades e o planejamento de materiais, caso os projetos sejam de natureza semelhante, pode ser efetuado com a utilização de MRPII. Para projetos mais complexos, onde não existem estruturas repetidas, é mais interessante utilizar metodologias tipo PERT e CPM. A liberação das ordens de fabricação em todos os casos necessitam da adoções de metodologias PERT, CPM. O

problema da otimização do chão de fábrica é bastante complexo sendo necessários algoritmos de seqüenciamento, onde o OPT provavelmente pode ser utilizado.

As fontes de suprimento possuem papel preponderante nas estratégias de produção. A relação de fornecimento ideal é a relação baseada em parceria na qual as entregas são efetuadas "just-in-time". As condições reais de fornecimento nem sempre permitem que esta condição seja alcançada. É importante que a empresa adote uma política de fornecimentos estratégicos, no qual sempre que se encontrar em posição estratégica inferior, possua mecanismos que apresentem alternativas de fornecimento. Na análise da terceirização de produtos reside um grande potencial de estabelecimento de relações "just-in-time". A terceirização necessita ser analisada do ponto de vista estratégico, procurando-se produzir internamente aqueles componentes que apresentam o diferencial do produto fornecido pela empresa, ou que se situem em áreas tecnológicas emergentes. Candidatos naturais a terceirização são os produtos nos quais existe uma estrutura de fornecimento que os torne próximos de "commodities", onde o risco de falha de um fornecedor não compromete o fornecimento da empresa. As abordagens apresentadas pelo "just-in-time" só devem ser utilizadas, quando através da análise estratégica, se conclua que não existe de risco de perda de competitividade por parte da empresa. O custo da aquisição envolve não só o preço pago pelos produtos, mas todos os outros custos que são incorridos por parte da empresa. Entre estes custos, o custo de produtos defeituosos é de fundamental importância.

A implantação de MRPII e "kanban" necessitam de uma série de requisitos preliminares do ponto de vista de organização da produção. No primeiro dos casos é necessário que existam códigos de produtos, materiais, componentes, conjuntos e subconjuntos unívocos. As listas de materiais precisam ser implantadas em sistemas de computação e os tempos de deslocamentos devem ser determinados com a maior precisão possível. Os estoques devem ser controladas com alto nível de acurácia. A implantação de "kanban" requer que os tempos de preparação sejam reduzidas a valores aceitáveis para a

produção de pequenos lotes. Para esta redução de tempos devem ser aplicados os princípios apresentados por Shingo de troca rápida de ferramentas. A determinação das minifábricas e o dimensionamento dos cartões "kanban" requererá um esforço significativo. São necessários investimentos na aquisição de "contenedores" padrão que constituirão a unidade mínima de produção.

A utilização de OPT encontra terreno fértil em organizações com baixo nível de organização. Para empresas com a produção com baixo nível de otimização, o gargalo é facilmente determinável pela simples inspeção da fábrica. O potencial de ganhos com a utilização das idéias ligadas ao OPT e a Teoria das Restrições são significativos em empresas onde não foi realizada nenhuma otimização. A medida que a empresa se organiza a localização dos gargalos se torna mais complexa.

As metodologias de planejamento e controle da produção não fazem nenhuma suposição quanto ao nível tecnológico dos equipamentos. Para o MRPII, os tempos de deslocamentos são dados do problema. Tecnologias mais avançadas apresentarão tempos menores, o que simplesmente será registrado no modelo MRPII.

O "kanban" necessita de tempos de preparação pequenos que propiciem a existência de pequenos lotes de fabricação. De acordo com os princípios apresentados por Shingo e por outros autores que foram analisados no presente trabalho, independentemente do nível de tecnologia é sempre possível reduzir os tempos de preparação a níveis aceitáveis. A chave para a redução dos tempos de trocas de ferramentas reside na separação dos tempos de troca em troca interna de ferramenta e troca externa de ferramenta.

A Teoria das Restrições e a OPT em todos os seus princípios não fazem qualquer menção ao nível tecnológico dos equipamentos. Em princípio, é possível a aplicação de OPT para qualquer nível de tecnologia.

As tecnologias baseadas na filosofia CIM partem do princípio que o sistema de produção possui todas as suas operações integradas. Desta forma não é necessária a utilização de "kanban". O Administrador da Produção dentro do princípio de CIM é considerado onisciente, possuindo todas as informações relevantes que requeiram ação. Os equipamentos existentes nos sistemas CIM apresentam características de versatilidade. A escala de produção nesta tecnologia tende a um. A sistemática de planejamento da produção provavelmente será semelhante a existente no MRPII, com determinação de "lead-times" dinâmicos.

8.2- RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Os estudos e discussões que foram necessários para a elaboração do presente trabalho podem ensejar algumas recomendações sobre pontos que podem ser desenvolvidos em outros trabalhos.

a) A classificação dos tipos de produção não se encontra elaborada de forma que permita definir metodologias de controle de produção mais recomendáveis. A literatura nos mostrou que existe muita controvérsia sobre os rumos que devem ser seguidos para cada tipo de produção. Uma análise específica de cada um dos fatores aqui analisados, com a finalidade de esgotar cada um deles, especialmente os correlacionados com a natureza da demanda e com a natureza dos processos/produtos que gere um guia mais claro sobre a escolha da metodologia mais apropriada deve ser um trabalho de grande valia.

b) Trabalhos realizados no contexto da região, procurando criar metodologias específicas de utilização das técnicas de planejamento e controle de produção, para ramos específicos, por exemplo indústria calçadista, na região do vale dos Sinos devem ser bastante necessários.

c) O dimensionamento de "kanbans" requer a simulação de uma série de operações. Estas simulações necessitam do auxílio de equipamentos de computação. Não foi encontrado nenhum programa, ao menos ao nível dos contatos, realizados que tornassem esta tarefa simplificada. Parece que existe a necessidade de programas de simulação, com geração de variáveis aleatórias que sirvam de base para o dimensionamento dos "kanbans"

d) A determinação dos tempos de deslocamento do MRPII também apresenta uma série de dificuldades metodológicas. O desenvolvimento de sistemas de simulação do MRPII também representam um auxílio valioso para o pesquisador.

e) As análises da estrutura das fontes de suprimentos ocupam um ponto central na determinação da metodologia de controle da produção. Uma pesquisa procurando determinar às estruturas de fornecimento de diversos segmentos de produtos que sirva de base para as indústrias engajadas em processos a jusante de tais segmentos tomarem suas decisões estratégica é de fundamental importância.

9- BIBLIOGRAFIA

- ANTUNES JR., José A. V., KLIEMANN, Francisco J. e FENSTERSEIFER, Jaime E. *Considerações críticas sobre a evolução das filosofias de administração da produção: do "just-in-case" ao "just-in-time"*. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, n. 29(3): 49-64, jul/set 1989
- BERRY, W.L. "Lot Sizing Procedures for Requirements Planning Systems: A Framework for Analysis" *Production and Inventory Management Journal*, 2. Quarter, : 15,1972
- BOWERSOX,D.J. et alii, *Logistical Management, A system integration of physical distribution, manufacturing support and materials procurement*. New York, Mac Millan, 1986
- BURBIDGE, John L. , *Production Control: a Universal Conceptual Framework*. International Journal of Production Planning & Control, London, n. 1(1): 16, Jan-mar 1990
- BURLIGNAME, L.J. *American Production and Inventory Control Society Conference*. 1979
- BURT, David N. *Managing suppliers up to speed*, Harvard Business Review, Boston, n. 67(4): 127-135, Jul-Aug 89
- BURT, D.N. e DOYLE, M.F. *The American keiretsu - A strategic weapon for global competitiveness* . Homewood-USA, Business One Irwin, 1993
- FENSTERSEIFER, Jaime Ewald e BASTOS, Ricardo Mello. *A implantação de sistemas MRPII nas grandes empresas industriais*. mimeo
- FERRO, José Roberto, *Aprendendo com o "Ohnoismo" (Produção flexível em massa): Lições para o Brasil*, Revista de Administração de Empresas, São Paulo, 30(3) p.57-68, Jul-Set 1990
- FLEURY, Afonso. *Capacitação tecnológica e processo de trabalho: Comparação entre o modelo japonês e o brasileiro*. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, 30(4) p. 23-30, Out-Dez 1990
- FRENCH, S. *Sequencing and Scheduling: An Introduction to the mathematics of job-shop*. West Sussex,d, West Sussex, Ellis Horwood, 1982
- FULLMANN, C. et alii. *MRPII, MRPII , MRP III, OPT, GDR*. São Paulo, IMAM, 1989
- GITMAN, L.J. *Princípios de administração financeira*. 3.ed. São Paulo, Harbra, 1987
- GOLDRATT, Eliyhau e COX, Jeff. *A meta - A administração dos gargalos de produção*. São Paulo, IMAM, 1989
- GOLDRATT, Eliyhau M. *What is this thing called theory of constraints and how should it be implemented?*. New York, North River Press, 1990
- _____ *The theory of constraints transcript*. London, Eli Goldratt Lecture,17 June, 1988
- HARMON, Roy L. *Reinventando a fábrica II - conceitos modernos de produtividade na prática*", Rio de Janeiro, Campus, 1993
- HARRIS, W. *Operations and cost (Factory management series)*. Chicago,A W Shaw Company, 1914
- IMAI, Masaaki. *Kaizen - A estratégia para o sucesso competitivo*, São Paulo, IMAM, 1988

- JAIKUMAR, Ramchandran, *An architecture for a process control costing system*, in *Measures for manufacturing excellence*. Boston, Harvard Business School Press, 1990
- KARMARKAR, Uday S., LEDERER, Phillip J. e ZIMMERMAN, Jerold L. *Choosing manufacturing production control and cost accounting systems* in *Measures for manufacturing excellence*, Boston, Harvard Business School Press, 1990
- KARMARKAR, Uday. *Getting control of just-in-time*. Harvard Business Review, Boston, n. 67(5): 122-131, Sep-Oct 1989
- LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Marina de Andrade, *Metodologia do Trabalho Científico*. 4. ed. , São Paulo, Atlas, 1992
- LARSEN, N. E., e ALTING, L, *Criteria for selecting a production control philosophy*. International Journal of Production Planning & Control, London, n. (1), 4: 54, 68
- LAW, Averill M. e KELTON, David K. *Simulation modeling and analysis*, New York, McGraw Hill, 1982
- LUBBEN, Richard T. *Just-in-time, uma estratégia avançada de produção*. São Paulo, McGraw Hill, 1989
- LUNDQUIST, Jerrold T. *Shrinking fast and smart in the defense industry*. Harvard Business Review, Boston, n.70(6): 74 a 85, Nov-Dec 1992
- MAYER, Raymond R., *Administração da produção*. São Paulo, Atlas, 1986
- MILLER, Jeffrey G. and SPRAGUE, Linda G. *Behind the Growth in Materials Requirements Planning*. Harvard Business Review, Boston, n.51(5), sep-oct 1975
- MOURA, Reinaldo A. *"kanban" - A simplicidade do controle da produção*. São Paulo, IMAM, 1989
- MOURA, Reinaldo A. e UMEDA Akio, *Sistema "kanban" de manufatura "just-in-time"*. São Paulo, Imam, 1984
- NAISBITT, John e ABURDENE, Patricia. *"Megatrends" 200, Dez novas tendências de transformação da sociedade dos anos 90*, São Paulo, Amaná-Key, 1990
- NAKAME, Jinichiro e HALL, Robert W. *Management specs for stockless production*. Harvard Business Review, Boston, n. 61(3): 84 a 91, May-June 1983.
- NEWMANN, William e SRIDHARAN, V, *Manufacturing planning and control: is there one definitive answer?* Production and Inventory Management Journal, Falls Church, n.33(1), 1992
- PORTER, Michael E. *Estratégia competitiva, técnicas para análise de indústrias e da concorrência*. Rio de Janeiro, Campus, 1991
- REVISTA BUSINESS WEEK, *Does IBM Get it Now?* p 28 e 29 -4 Jan 1993
- REVISTA BUSINESS WEEK. *Detroit South*. p 16-22 , 16 mar 1992,
- REVISTA EXAME, *Sony, Toyota, Canon, Matsushita... As empresas perdem o eixo com a disparada do iene e golpeiam o sistema "keiretsu", a arma mais poderosa da indústria japonesa*. ano 25(24): 140 24.nov.93
- RITZMANN, Larry P. e KRAJEWSKI, Lee J. *Os princípios do MRP in MRP, MRPII, MRPIII, OPT, GDR*. São Paulo, IMAM, 1989

- SAKURAI, Michiharo. *The influence of factory automation on management accounting practices: A study of Japanese companies in Measures for manufacturing excellence*. Boston, Harvard Business School Press, 1990
- SHINGO, Shingeo. *Study of Toyota production system from industrial engineering viewpoint*. Tokyo, Japan Management Association, 1981
- _____. *Zero quality control: Source inspection and Poka-yoke system*. Cambridge, Productivity Press, 1986
- STALK, George, EVANS, Philip e SHULMAN, Lawrence E. *Competing on capabilities: The new rules of corporate strategy*. Harvard Business Review, Boston, n.70(2): 57-69, Mar-Apr. 1992
- THURSTON, Philip H. *Requirements planning for inventory control*, Harvard Business Review []
- TOFFLER, Alvin. *Powershift, As mudanças do poder*, Rio de Janeiro, Record, 1991
- VENKATESAN, Ravi. *Strategic sourcing: To make or not to make*, Harvard Business Review, Boston, n.70(6): 98-107, nov-dec1992
- WALLACE, T. F. *American production and inventory control dictionary*. 4.ed. 1980
- WAGNER, H.M. e WHITIN, T. M. *Dynamic version of the economic lot size model*, Management Science: 77-84, oct 1958
- WIGHT, Oliver W. *Manufacturing resource planning: MRP II - Unlocking America's productivity potential*. Brattleboro, The Book Press, 1984
- WILSON, H. *A scientific routine for stock control*, Harvard Business Review, Boston, n. 13(1), Oct. 1934
- YAMASHIMA, Hajime. *"Just-in-time"*, São Paulo, Editora IM&C Internacional, 1988
- YOUNG, Jan. B. *Modern inventory operations*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1991
- ZACARELLI, Sérgio B., *Programação e controle de produção*. São Paulo, Pioneira, 1976

9- BIBLIOGRAFIA

- ANTUNES JR., José A. V., KLIEMANN, Francisco J. e FENSTERSEIFER, Jaime E. *Considerações críticas sobre a evolução das filosofias de administração da produção: do "just-in-case" ao "just-in-time"*. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, n. 29(3): 49-64, jul/set 1989
- BERRY, W.L. "Lot Sizing Procedures for Requirements Planning Systems: A Framework for Analysis" *Production and Inventory Management Journal*, 2. Quarter, : 15,1972
- BOWERSOX,D.J. et alii, *Logistical Management, A system integration of physical distribution, manufacturing support and materials procurement*. New York, Mac Millan, 1986
- BURBIDGE, John L. , *Production Control: a Universal Conceptual Framework*. International Journal of Production Planning & Control, London, n. 1(1): 16, Jan-mar 1990
- BURLIGNAME, L.J. *American Production and Inventory Control Society Conference*. 1979
- BURT, David N. *Managing suppliers up to speed*, Harvard Business Review, Boston, n. 67(4): 127-135, Jul-Aug 89
- BURT, D.N. e DOYLE, M.F. *The American keiretsu - A strategic weapon for global competitiveness* . Homewood-USA, Business One Irwin, 1993
- FENSTERSEIFER, Jaime Ewald e BASTOS, Ricardo Mello. *A implantação de sistemas MRPII nas grandes empresas industriais*. mimeo
- FERRO, José Roberto, *Aprendendo com o "Ohnoismo" (Produção flexível em massa): Lições para o Brasil*, Revista de Administração de Empresas, São Paulo, 30(3) p.57-68, Jul-Set 1990
- FLEURY, Afonso. *Capacitação tecnológica e processo de trabalho: Comparação entre o modelo japonês e o brasileiro*. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, 30(4) p. 23-30, Out-Dez 1990
- FRENCH, S. *Sequencing and Scheduling: An Introduction to the mathematics of job-shop*. West Sussex,d, West Sussex, Ellis Horwood, 1982
- FULLMANN, C. et alii. *MRPII, MRPII , MRP III, OPT, GDR*. São Paulo, IMAM, 1989
- GITMAN, L.J. *Princípios de administração financeira*. 3.ed. São Paulo, Harbra, 1987
- GOLDRATT, Eliyhau e COX, Jeff. *A meta - A administração dos gargalos de produção*. São Paulo, IMAM, 1989
- GOLDRATT, Eliyhau M. *What is this thing called theory of constraints and how should it be implemented?*. New York, North River Press, 1990
- _____ *The theory of constraints transcript*. London, Eli Goldratt Lecture,17 June, 1988
- HARMON, Roy L. *Reinventando a fábrica II - conceitos modernos de produtividade na prática*", Rio de Janeiro, Campus, 1993
- HARRIS, W. *Operations and cost (Factory management series)*. Chicago,A W Shaw Company, 1914
- IMAI, Masaaki. *Kaizen - A estratégia para o sucesso competitivo*, São Paulo, IMAM, 1988

- JAIKUMAR, Ramchandran, *An architecture for a process control costing system*, in *Measures for manufacturing excellence*. Boston, Harvard Business School Press, 1990
- KARMARKAR, Uday S., LEDERER, Phillip J. e ZIMMERMAN, Jerold L. *Choosing manufacturing production control and cost accounting systems* in *Measures for manufacturing excellence*, Boston, Harvard Business School Press, 1990
- KARMARKAR, Uday. *Getting control of just-in-time*. Harvard Business Review, Boston, n. 67(5): 122-131, Sep-Oct 1989
- LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Marina de Andrade, *Metodologia do Trabalho Científico*. 4. ed. , São Paulo, Atlas, 1992
- LARSEN, N. E., e ALTING, L, *Criteria for selecting a production control philosophy*. International Journal of Production Planning & Control, London, n. (1), 4: 54, 68
- LAW, Averill M. e KELTON, David K. *Simulation modeling and analysis*, New York, McGraw Hill, 1982
- LUBBEN, Richard T. *Just-in-time, uma estratégia avançada de produção*. São Paulo, McGraw Hill, 1989
- LUNDQUIST, Jerrold T. *Shrinking fast and smart in the defense industry*. Harvard Business Review, Boston, n.70(6): 74 a 85, Nov-Dec 1992
- MAYER, Raymond R., *Administração da produção*. São Paulo, Atlas, 1986
- MILLER, Jeffrey G. and SPRAGUE, Linda G. *Behind the Growth in Materials Requirements Planning*. Harvard Business Review, Boston, n.51(5), sep-oct 1975
- MOURA, Reinaldo A. *"kanban" - A simplicidade do controle da produção*. São Paulo, IMAM, 1989
- MOURA, Reinaldo A. e UMEDA Akio, *Sistema "kanban" de manufatura "just-in-time"*. São Paulo, Imam, 1984
- NAISBITT, John e ABURDENE, Patrícia. *"Megatrends" 200, Dez novas tendências de transformação da sociedade dos anos 90*, São Paulo, Amaná-Key, 1990
- NAKAME, Jinichiro e HALL, Robert W. *Management specs for stockless production*. Harvard Business Review, Boston, n. 61(3): 84 a 91, May-June 1983.
- NEWMANN, William e SRIDHARAN, V, *Manufacturing planning and control: is there one definitive answer?* Production and Inventory Management Journal, Falls Church, n.33(1), 1992
- PORTER, Michael E. *Estratégia competitiva, técnicas para análise de indústrias e da concorrência*. Rio de Janeiro, Campus, 1991
- REVISTA BUSINESS WEEK, *Does IBM Get it Now?* p 28 e 29 -4 Jan 1993
- REVISTA BUSINESS WEEK. *Detroit South*. p 16-22 , 16 mar 1992,
- REVISTA EXAME, *Sony, Toyota, Canon, Matsushita... As empresas perdem o eixo com a disparada do iene e golpeiam o sistema "keiretsu", a arma mais poderosa da indústria japonesa*. ano 25(24): 140 24.nov.93
- RITZMANN, Larry P. e KRAJEWSKI, Lee J. *Os princípios do MRP in MRP, MRPII, MRPIII, OPT, GDR*. São Paulo, IMAM, 1989