

**UM ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DA FILOSOFIA DE
MANUFATURA *JUST-IN-TIME* EM UMA EMPRESA DE
GRANDE PORTE E A SUA INTEGRAÇÃO AO MRP II**

Fabio Alves Barbosa

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade
de São Paulo, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Produção

ORIENTADOR: Prof. Dr. José B. Sacomano



São Carlos
1999



Class.	TESE
Cult.	0607
Tombo	0147/99

31100006793

S/S 1047456

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

B238e

Barbosa, Fabio Alves

Um estudo da implantação da filosofia de manufatura *just-in-time* em uma empresa de grande porte e a sua integração ao MRP II / Fabio Alves Barbosa. -- São Carlos, 1999.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1999.

Área: Engenharia de Produção.

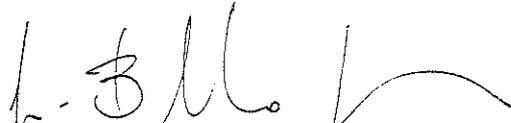
Orientador: Prof. Dr. José B. Sacomano.

1. Sistemas de administração da produção.
2. Integração *Just-in-time* e MRP II. I. Título.

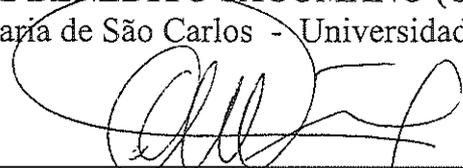
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Engenheiro **FÁBIO ALVES BARBOSA**

Dissertação defendida e aprovada em 13-08-1999
pela Comissão Julgadora:



Prof. Doutor **JOSÉ BENEDITO SACOMANO (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **EDSON WALMIR CAZARINI**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **SÍLVIO ROBERTO IGNÁCIO PIRES**
(Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP)



Prof. Associado **RENATO VAIRO BELHOT**
Coordenador da Área de Engenharia de Produção e
Vice-Presidente da Comissão de Pós-Graduação em exercício

A Deus, pela força interior nas horas mais difíceis e pela
bênção às pessoas que mais amo nesta vida.

Aos meus pais, Edmundo e Esmeralda, meus primeiros
professores, infinitas fontes de amor, sabedoria e
compreensão. Minha gratidão eterna pelo legado
de abnegação e dedicação aos filhos.

À minha adorável esposa Cláudia, por todas as boas
horas de apoio e carinho. Pela vontade em
ajudar e pelo convívio repleto de amor.

Ao meu filho Gabriel, o anjo que me acompanha todos os
dias. A pequenina, mas infindável, fonte de inspiração.

Aos meus irmãos Tiago e Eduardo, pela admiração mútua
e pelo amor que sempre permaneceu em nossos corações.

Os meus respeitos aos verdadeiros homens de empresa que,
com o espírito evoluído pelo amor aos semelhantes e com
a racionalidade apoiada na justiça e no bom senso, nunca
deixaram de acreditar que o maior patrimônio de uma
organização são as pessoas do piso de fábrica.

AGRADECIMENTOS

Os meus sentimentos de gratidão e admiração pelo Grande Amigo e Professor José Benedito Sacomano. Pela confiança depositada em minha pessoa. Pela dedicada orientação, aconselhamento e persistente disposição nos diversos momentos decisivos surgidos ao longo da confecção deste trabalho. O meu carinho pela sua família, que me acolheu com bastante calor humano, nas várias vezes que estive em seu lar.

Aos Professores do Departamento de Engenharia de Produção da EESC/USP, João Vítor Moccellini, Edmundo Escrivão Filho e Alfredo Colenci Jr., dentre outros, pela atenção e pelos valiosos esclarecimentos acadêmicos.

Aos amigos Miguel Estevão de Avellar, Dagoberto Sanchez Darezzo, José Aluizio Malagutti e Armin König. O reconhecimento pela oportunidade de aprender e crescer com a “busca por resultados” em uma grande empresa.

Aos amigos Walther Rogério Buzzo e Wagner Luís Carrara, pelos exemplos de perseverança e dedicação de esforços para a superação das dificuldades. Pelos momentos em que “o coração foi colocado acima da razão” para que as metas fossem atingidas com empenho. Pela vontade em acertar e contribuir. Pela humildade em admitir nossas falhas e fraquezas. Pela reflexão, que nos transformou em pessoas melhores.

Aos meus diversos companheiros de empresa, que me ajudaram a compreender os meandros que se estabelecem nos relacionamentos e nas atitudes humanas, os quais não citarei pelo receio de cometer alguma injustiça.

Os meus respeitos a todos os desconhecidos colaboradores da EESC/USP e da Tecumseh do Brasil, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	v
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - A organização e a estrutura do trabalho.....	5
1.2 - As justificativas teóricas e práticas para o desenvolvimento do trabalho	7
2 - A MANUFATURA <i>JUST-IN-TIME</i>	12
2.1 - O histórico e os preceitos do <i>Just-In-Time</i>	22
2.2 - A otimização do projeto dos produtos	26
2.3 - O arranjo físico das áreas produtivas	29
2.3.1 - A polivalência da mão-de-obra direta	35
2.4 - A administração das atividades ligadas à manufatura	37
2.4.1 - O sistema <i>Kanban</i> e a manufatura <i>Just-In-Time</i>	42
2.4.1.1 - O dimensionamento do <i>Kanban</i> Interno	51
2.5 - O suprimento <i>Just-In-Time</i> e o <i>Kanban</i> Externo (<i>Kanban</i> de Fornecedores)	58
2.5.1 - O dimensionamento do <i>Kanban</i> Externo	72
2.6 - O Controle Total da Qualidade (TQC)	78
2.7 - A otimização dos processos de manufatura	84
2.7.1 - A redução do tempo de preparação dos equipamentos	86
2.7.2 - A Manutenção Produtiva Total (TPM)	89
2.7.3 - A filosofia de melhoramento contínuo (<i>Kaizen</i>)	91
2.7.4 - O <i>Housekeeping</i> (5S)	99
2.8 - A cultura da empresa e a gestão de recursos humanos	105
2.9 - As considerações acerca do <i>Just-In-Time</i>	111

3 - O MRP E O MRP II APLICADOS À MANUFATURA	114
3.1 - A técnica do planejamento das necessidades de materiais	118
3.1.1 - A estrutura do produto e a lista de materiais	122
3.1.2 - O cálculo das necessidades líquidas	127
3.1.3 - Os tempos de ressurgimento (<i>leadtimes</i>)	129
3.1.4 - O horizonte de planejamento	132
3.1.5 - A previsão de vendas e o programa mestre de produção.....	134
3.1.6 - A capacidade de produção	140
3.1.7 - O <i>backflushing</i> e os itens-fantasmas	145
3.1.8 - Os estoques de segurança	147
3.1.9 - Os métodos de formação dos lotes de produção	151
3.2 - Os módulos ou subsistemas do MRP II	156
3.2.1 - O Planejamento da Produção (PP)	157
3.2.2 - A Programação Mestre da Produção (MPS)	160
3.2.3 - O Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP)	168
3.2.4 - O Planejamento das Necessidades de Capacidade (CRP)	177
3.2.5 - O Controle da Fábrica (SFC)	185
3.3 - As considerações acerca do MRP II	189
4 - A INTEGRAÇÃO DO JUST-IN-TIME E DO MRP II	195
4.1 - A implantação do <i>Just-In-Time</i> e do MRP II	200
4.2 - A integração <i>Just-In-Time</i> e MRP II	205
4.3 - O MRP Sincronizado: a combinação entre o MRP II e o <i>Kanban</i>	220
5 - A PESQUISA	231
5.1 - A caracterização do trabalho	236
5.2 - A caracterização da corporação industrial	239
5.3 - A análise relacionada à administração da produção	245
6 - O ESTUDO DE CASO E OS RESULTADOS OBTIDOS	252
6.1 - A implantação do <i>Kanban</i> Externo (<i>Kanban</i> de Fornecedores)	253
6.1.1 - A frequência de consumo e os níveis de estoques dos materiais	258
6.1.2 - O custo e a quantidade dos materiais consumidos	263
6.1.3 - A qualidade dos materiais e os sistemas de garantia da qualidade	263
6.1.4 - A localização dos fornecedores de materiais diretos	271

6.1.5 - O histórico de suprimento dos materiais	272
6.1.6 - As considerações sobre o potencial dos fornecedores	273
6.1.7 - A análise de investimento para o suprimento <i>Just-In-Time</i>	273
6.1.8 - Os modelos de funcionamento do <i>Kanban</i> Externo	281
6.1.9 - A política <i>Just-In-Time</i> de aquisição de materiais	288
6.2 - A implantação do <i>Kanban</i> Interno	294
6.2.1 - O esquema de funcionamento do <i>Kanban</i> Interno	299
6.2.2 - A aplicação do <i>Kanban</i> Interno nas áreas-modelo	303
6.3 - O projeto para a combinação <i>Just-In-Time</i> e MRP II	309
6.4 - Os resultados gerais obtidos com a implantação do <i>Just-In-Time</i>	314
7 - CONCLUSÕES	318
7.1 - Acerca do suprimento externo <i>Just-In-Time</i>	321
7.2 - Acerca das células de manufatura	322
7.3 - Acerca do modelo híbrido <i>Just-In-Time</i> + MRP II	326
7.4 - Acerca do ambiente de implantação <i>Just-In-Time</i> e da cultura organizacional	327
7.5 - Os comentários e as considerações finais	330
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	332
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	338

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 001 - A utilização de módulos comuns em duas estruturas do produto	28
FIGURA 002 - O arranjo celular em forma de “U”	31
FIGURA 003 - O balanceamento ideal em comparação com o balanceamento real	34
FIGURA 004 - O cálculo da perda por balanceamento	34
FIGURA 005 - O sistema de planejamento da produção Toyota	38
FIGURA 006 - A comparação entre a programação tradicional e a nivelada	39
FIGURA 007 - O <i>Kanban</i> Interno, o <i>Kanban</i> de Fornecedores e o <i>Kaizen</i>	44
FIGURA 008 - O <i>kanban</i> de requisição	44
FIGURA 009 - O <i>kanban</i> de produção	45
FIGURA 010 - A sistemática de funcionamento do <i>Kanban</i>	46
FIGURA 011 - O esquema de funcionamento do <i>Kanban</i> Interno de dois cartões	48
FIGURA 012 - O <i>kanban</i> de fornecedor	66
FIGURA 013 - A sistemática do <i>Kanban</i> Externo <i>Juwja Biki</i>	68
FIGURA 014 - O funcionamento do <i>Kanban</i> Externo <i>Ato Hoju</i> de dois cartões	72
FIGURA 015 - A relação entre o <i>Just-In-Time</i> e o TQC	82
FIGURA 016 - Os principais componentes associados ao <i>leadtime</i> de produção	84
FIGURA 017 - O modelo de inovação e o <i>Kaizen</i>	92
FIGURA 018 - O Ciclo PDCA	93
FIGURA 019 - O Ciclo PDCA e o Ciclo SDCA	93
FIGURA 020 - O Ciclo de Resolução de Problemas	95
FIGURA 021 - Os requisitos para o <i>Just-In-Time</i> , para o TQC e para o <i>Kaizen</i>	96
FIGURA 022 - As etapas para a aplicação do senso de limpeza	103
FIGURA 023 - O processo de implantação do <i>Just-In-Time</i>	112
FIGURA 024 - As principais variáveis de entrada e saída do MRP e do MRP II	116
FIGURA 025 - Os principais subsistemas do MRP II	117
FIGURA 026 - O MRP de ciclo fechado	118
FIGURA 027 - O exemplo de uma estrutura do produto	119
FIGURA 028 - Os <i>leadtimes</i> dos itens da estrutura do produto exibida na figura 27	120

FIGURA 029 - Os <i>inputs</i> e os <i>outputs</i> do planejamento das necessidades de materiais	121
FIGURA 030 - A lista de materiais correspondente à figura 27	124
FIGURA 031 - O cálculo das necessidades líquidas	128
FIGURA 032 - O programa mestre de produção e o planejamento das necessidades	139
FIGURA 033 - O planejamento agregado da capacidade, o MRP e o CRP	144
FIGURA 034 - A estrutura de um produto hipotético P	146
FIGURA 035 - A estrutura do produto hipotético P com itens-fantasmas	147
FIGURA 036 - O exemplo de aplicação do método <i>Least Unit Cost</i> (LUC)	154
FIGURA 037 - O plano de produção para estoque	158
FIGURA 038 - O plano de produção para encomenda	158
FIGURA 039 - A comparação do plano de produção com o valor das entregas	159
FIGURA 040 - O plano de produção e o tempo de manufatura necessário	160
FIGURA 041 - O programa mestre de produção	161
FIGURA 042 - As variáveis de entrada do MPS	162
FIGURA 043 - O programa mestre de produção nivelado	164
FIGURA 044 - O programa mestre de produção variável	164
FIGURA 045 - O programa mestre de produção nivelado ATP	165
FIGURA 046 - A implementação do programa mestre de produção	167
FIGURA 047 - O planejamento das necessidades de materiais	169
FIGURA 048 - O registro <i>time-phased</i> do MRP	169
FIGURA 049 - A programação <i>forward scheduling</i>	172
FIGURA 050 - A programação <i>backward scheduling</i>	172
FIGURA 051 - A estrutura do produto hipotético A	173
FIGURA 052 - Os <i>leadtimes</i> das atividades ligadas à montagem do produto A	174
FIGURA 053 - O programa mestre variável para o produto A	174
FIGURA 054 - O encadeamento dos registros <i>time phased</i> do MRP	175
FIGURA 055 - O planejamento superficial na produção para estoque	179
FIGURA 056 - O planejamento superficial na produção para encomenda	180
FIGURA 057 - O plano das necessidades de capacidade	181
FIGURA 058 - O relatório de planejamento da capacidade do centro de trabalho	182
FIGURA 059 - O relatório de entrada/saída	183
FIGURA 060 - A lista de liberação de ordens	184
FIGURA 061 - O plano diário de produção	188
FIGURA 062 - O <i>closed loop</i> completo do MRP II	191
FIGURA 063 - A análise JIT/MRP II segundo as considerações estratégicas	200

FIGURA 064 - O esquema de integração do <i>Just-In-Time</i> e do MRP II	206
FIGURA 065 - Os fluxos de informações e materiais no <i>Just-In-Time</i> e no MRP II	207
FIGURA 066 - A utilização do <i>Kanban</i> para a programação de itens de alto volume e do MRP II para a programação de itens de baixo volume	208
FIGURA 067 - A utilização do MRP II para o controle do programa de montagem final e compras dos materiais e do JIT para o controle dos fluxos internos	209
FIGURA 068 - O uso do MRP II e do <i>Kanban</i> Interno e Externo	215
FIGURA 069 - O programa mestre simplificado do MRP Sincronizado dentro de um período de dez dias úteis (resumo do plano diário de montagem final)	226
FIGURA 070 - A estratégia de elaboração do trabalho	235
FIGURA 071 - O organograma geral da empresa	242
FIGURA 072 - As informações relacionadas à caracterização geral da empresa	244
FIGURA 073 - Os aspectos relacionados aos produtos e aos processos produtivos	245
FIGURA 074 - As características da função de PCPM	246
FIGURA 075 - As principais características da previsão de demanda, da programação mestre e do planejamento da capacidade produtiva	246
FIGURA 076 - As características do planejamento dos materiais e da programação e controle da produção	248
FIGURA 077 - O ciclo do <i>Kanban</i> Externo na empresa	254
FIGURA 078 - A aplicação de <i>Kanban</i> Externo para os materiais diretos, privilegiando o critério de redução financeira dos estoques no fabricante	255
FIGURA 079 - A aplicação de <i>Kanban</i> Externo para os materiais diretos, privilegiando o critério de aumento da eficiência do sistema de suprimento para o consumo interno	255
FIGURA 080 - O dimensionamento inicial para <i>Kanban</i> Externo <i>Ato Hoju</i>	257
FIGURA 081 - A programação <i>Juwja Biki</i> para o <i>Kanban</i> Externo	257
FIGURA 082 - Os níveis de estoques para o dimensionamento do <i>Kanban</i> Externo associados às frequências de entrega dos materiais	259
FIGURA 083 - O <i>Kanban</i> Externo com frequência de entrega de três dias por semana	261
FIGURA 084 - O <i>Kanban</i> Externo com frequência de entrega de dois dias por semana ...	262
FIGURA 085 - A aplicação de <i>Kanban</i> Externo de acordo com a relação entre a demanda e o custo dos materiais consumidos	263
FIGURA 086 - O plano de qualidade voltado à aplicação de <i>Kanban</i> Externo	264
FIGURA 087 - A sistemática de avaliação dos materiais fornecidos	267
FIGURA 088 - O plano de amostragem para a inspeção dos materiais diretos	268

FIGURA 089 - A aplicação de <i>Kanban</i> Externo de acordo com os níveis de qualidade dos materiais e a presença de sistemas formais de garantia da qualidade nos fornecedores	270
FIGURA 090 - A aplicação de <i>Kanban</i> Externo de acordo com a proximidade física entre o fabricante e os fornecedores de materiais diretos	272
FIGURA 091 - A simbologia associada à análise do investimento para a implantação do <i>Kanban</i> Externo	274
FIGURA 092 - O diagrama de fluxo de caixa para a recuperação do desembolso inicial ..	276
FIGURA 093 - O diagrama de fluxo de caixa para a situação 1 do método VPL	278
FIGURA 094 - O diagrama de fluxo de caixa para a situação 2 do método VPL	278
FIGURA 095 - O diagrama de fluxo de caixa para a situação 1 do método TIR	279
FIGURA 096 - O diagrama de fluxo de caixa para a situação 2 do método TIR	280
FIGURA 097 - O <i>Kanban</i> Externo baseado no sistema de suprimento tradicional	282
FIGURA 098 - O <i>Kanban</i> Externo com suprimento interno pelo próprio fornecedor	283
FIGURA 099 - O <i>Kanban</i> Externo com suprimento através do roteamento <i>Milk Run</i>	284
FIGURA 100 - O <i>Kanban</i> Externo baseado em depósito centralizado externo	285
FIGURA 101 - As atividades de checagem do desempenho do <i>Kanban</i> Externo	288
FIGURA 102 - A aplicação do <i>Kanban</i> Interno em algumas áreas-modelo	305
FIGURA 103 - O sistema de administração da produção <i>Just-In-Time</i> + MRP II	309
FIGURA 104 - Os subsistemas do modelo proposto de combinação JIT + MRP II	311
FIGURA 105 - As características do Planejamento e Controle da Produção e Materiais (PCPM) dentro do sistema combinado <i>Just-In-Time</i> + MRP II	313
FIGURA 106 - Os melhoramentos proporcionados pela implantação do <i>Just-In-Time</i>	315
FIGURA 107 - O esquema proposto para a implantação do <i>Just-In-Time</i> na empresa	319

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3M	- Muri, Muda, Mura
5S	- Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
5W1H	- What, Who, Where, Why, When, How
APG	- Atividades em Pequenos Grupos
ATP	- Available To Promise
BOM	- Bill Of Materials
BVQI	- Bureau Veritas Quality International
CAD	- Computer-Aided Design
CAE	- Computer-Aided Engineering
CCQ	- Círculo de Controle da Qualidade
CEP	- Controle Estatístico de Processo
CPOF	- Capacity Planning Using Overall Factors
CRP	- Capacity Requirements Planning
CT	- Centro de Trabalho
CWQC	- Company Wide Quality Control
DNF	- Desenvolvimento de Novos Fornecedores
EDI	- Electronic Data Interface
EOQ	- Economic Order Quantity
EPP	- Economic Part Period
FAZ	- Final Assembly Schedule
FIFO	- First-In, First-Out
FOQ	- Fixed Order Quantity
FPR	- Fixed Period Requirements
IQF	- Índice da Qualidade do Fornecedor
IRP	- Índice de Rentabilidade do Projeto
ISO	- International Standard Organization
JIC	- Just-In-Case
JIT	- Just-In-Time

JK	- Jishu Kanri
LEP	- Lote Econômico de Produção
LFL	- Lot-For-Lot
LTC	- Least Total Cost
LUC	- Least Unit Cost
MBU	- Manufacturing Business Unity
M&L	- Departamento de Materiais e Logística
MOD	- Mão-de-obra Direta
MPS	- Master Production Schedule
MRP	- Material Requirements Planning
MRP II	- Manufacturing Resources Planning
NQA	- Nível de Qualidade Aceitável
PCP	- Planejamento e Controle da Produção
PCPM	- Planejamento e Controle da Produção e Materiais
PDCA	- Plan, Do, Check, Action
P&D	- Pesquisa e Desenvolvimento
PFA	- Production Flow Analysis
POQ	- Period Order Quantity
PP	- Production Planning
PPB	- Part-Period Balancing
PPB-LA	- Part-Period Balancing Look-Ahead
PPB-LB	- Part-Period Balancing Look-Back
PPM	- Partes Por Milhão
PYMAC	- Pan Yamaha Manufacturing Control
QA	- Qualidade Assegurada
QAM	- Qualidade Assegurada de Materiais
RFI	- Redução Financeira de Inventário
RMNC	- Relatório de Material Não-Conforme
RPI	- Redução Percentual de Inventário
RQI	- Redução Quantitativa de Inventário
SBU	- Sales Business Unity
SDCA	- Standard, Do, Check, Action
SFC	- Shop Floor Control
SM	- Algoritmo Silver-Meal
TG	- Tecnologia de Grupo

TIR	- Taxa Interna de Retorno
TMAR	- Taxa Mínima Atrativa de Retorno
TPCo	- Tecumseh Products Company
TPM	- Total Productive Maintenance
TQC	- Total Quality Control
VPL	- Valor Presente Líquido
WW	- Algoritmo Wagner-Whitin

RESUMO

BARBOSA, F.A. (1999). *Um estudo da implantação da filosofia de manufatura Just-in-Time em uma empresa de grande porte e a sua integração ao MRP II*. São Carlos, 343p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Atualmente, em um mercado globalizado, em que as mudanças ocorrem de maneira rápida, as indústrias devem ser flexíveis para manufaturar uma gama de diferentes produtos a baixos custos e com altos níveis de qualidade. A Manufatura *Just-In-Time* (JIT) aborda importantes aspectos relacionados à tecnologia, à estratégia de negócios, à estrutura e à cultura organizacional para a integração e para o aprimoramento do poder de competição das empresas. O presente trabalho detalha o particular processo de implantação do *Just-In-Time* em uma grande empresa industrial, na qual a aplicação do *Kanban* em fornecedores externos viabilizou a consolidação definitiva das técnicas e dos princípios correlatos ao *Just-In-Time*. Desta forma, o *Kanban* Externo teve a responsabilidade de introduzir o “espírito da filosofia *Just-In-Time*” em todas as operações da cadeia produtiva. Este estudo contribuiu para o desenvolvimento criterioso de um modelo híbrido *Just-In-Time + Manufacturing Resources Planning* (MRP II). Além disso, a pesquisa *in company* mostrou que o entendimento generalizado do funcionamento dos sistemas de administração da produção (JIT e MRP II) teve importância fundamental para que o sistema de manufatura superasse seus problemas e consolidasse o comprometimento das pessoas que compõem a organização.

Palavras-chave: sistemas de administração da produção; integração *Just-In-Time* e MRP II.

ABSTRACT

BARBOSA, F.A. (1999). *A study of implantation of the Just-In-Time manufacturing philosophy in a great enterprise and its integration to the MRP II*. São Carlos, 343p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Nowadays, in a global market, where changes are occurring at a fast pace, the industrial enterprises must be flexible to produce a range of different products with low costs and high quality levels. The Just-In-Time Manufacturing (JIT) approaches important aspects concerning technology, business strategy, structure and organizational culture to the integration and continuous improvement of competitiveness of the companies. The present piece of work details the particular implementation process of Just-In-Time in a great industrial enterprise, where the application of Kanban in external suppliers was to make possible the definitive consolidation of the JIT principles and correlated techniques. In this way, the Supply Kanban System had a responsibility to introduce the “spirit of philosophy Just-In-Time” in the all operations of productive chain. This study contributed to the detailed development of a hybrid model *Just-In-Time* + Manufacturing Resources Planning (MRP II). Besides, the research “in company” showed that the general understanding about the functioning of production management systems (JIT and MRP II) had a great importance to manufacturing system overcome their problems and consolidate the involvement of people which compose the organization.

Keywords: production management systems; integration Just-In-Time and MRP II.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Este trabalho segue uma linha específica de pesquisa-ação, voltada inicialmente à investigação da realidade da administração da produção e materiais em uma grande empresa metal-mecânica. Nesta primeira etapa, a pesquisa tem a nítida tendência de plena investigação do objeto de estudo, configurando-se, portanto, em uma típica pesquisa de caráter exploratório. Na seqüência do trabalho, numa etapa posterior e mais importante, a pesquisa assume a vertente de pesquisa-ação, interferindo definitivamente no *status quo* do objeto de estudo e na realidade prática e cotidiana da organização do trabalho.

O estudo de caso está baseado na implantação da filosofia de produção *Just-In-Time* (JIT) na área de suprimentos e em fornecedores estratégicos. Posteriormente à consolidação do *Kanban* Externo (*Kanban* de Fornecedores), o *Just-In-Time*, sob a forma de técnicas e princípios correlatos, foi difundido para algumas áreas produtivas internas. O arquétipo físico, ou seja, a concepção estrutural mínima para a implantação da manufatura *Just-In-Time*, foi consolidado nestas áreas-modelo em aproximadamente dois anos.

O desempenho *sui generis* das áreas-modelo forçou a expansão do *Just-In-Time* às demais áreas componentes da empresa, inclusive as áreas administrativas. Portanto, o *Kanban* Externo, foi o grande responsável pela disseminação do *Just-In-Time*, iniciando um processo de implantação generalizada de ferramentas para a resolução de problemas, técnicas otimizantes e princípios desta filosofia de manufatura japonesa.

Como conseqüência deste processo, houve a conscientização para a mudança de uma cultura organizacional profundamente arraigada, baseada no Modelo de Produção em Massa Taylorista/Fordista, para uma cultura baseada nas proposições japonesas. A definitiva consolidação do *Just-In-Time* dependeu do delineamento de uma cultura organizacional de respeito às pessoas, do comportamento pró-ativo e do comprometimento coletivo.

A adaptação simultânea do MRP II (Planejamento dos Recursos de Manufatura) ao subsistemas *Just-In-Time* foi outra contribuição do trabalho, também voltada ao estudo de caso. Houve a construção de um modelo híbrido de sistema de administração da produção, contemplando aspectos positivos e pontos-fortes do *Just-In-Time* e do MRP II.

Assim, o tema do trabalho esteve centrado no processo de implantação do *Just-In-Time* em uma empresa industrial e na sua adaptação ao sistema MRP II. Foram considerados aspectos relativos à tecnologia de administração e à organização do trabalho. O estudo relacionou-se ao modo como pode ser executada a inserção do *Just-In-Time* em uma particular organização, segundo fatores culturais e necessidades estratégicas específicas.

Os objetivos da pesquisa dizem respeito à proposição de uma sistemática para a implantação do *Just-In-Time* e sua posterior integração ao sistema MRP II, além da estruturação de uma cultura corporativa que sustente o sistema híbrido e os resultados relativos à otimização dos principais parâmetros de desempenho da organização.

O objeto de estudo da pesquisa-ação foi a implantação da filosofia de produção *Just-In-Time*, centrada nas atividades ligadas à Administração da Produção e Materiais, que por sua vez têm ligação com outras atividades relacionadas à P&D (Pesquisa e Desenvolvimento), Engenharia Industrial (Processos) e Vendas/*Marketing*. A pesquisa-ação teve forte embasamento multidisciplinar, caracterizado pela ramificação e pelo desdobramento do projeto de implantação.

Em contrapartida, a pesquisa também teve certo caráter exploratório, visando basicamente o confronto da realidade prática com um quadro teórico constituído a partir de uma exaustiva revisão bibliográfica. Como resultado final da exploração científica, houve a apresentação de um panorama que retratou a realidade investigada, transmitindo informações importantes para a finalização do estudo de implantação, para a confecção de posteriores conclusões e contribuições para novas pesquisas semelhantes à apresentada neste trabalho.

A confrontação da teoria e da prática se deu através de atividades que interferiram diretamente no *status quo*, fundamentadas na inserção do *Just-In-Time* como sistema de manufatura e como base conceitual de uma cultura organizacional resultante.

Os dados e informações foram coletados a partir das atividades de consultoria prestadas pelo orientado por quase três anos, praticamente em tempo integral, convivendo e vivenciando o dia-a-dia da empresa. Inicialmente, os trabalhos foram executados dentro do Departamento de Materiais e Logística (M&L), responsável pelo suprimento dos materiais diretos e indiretos, configurada como área prestadora de serviços corporativos.

A implantação do *Kanban* Externo forçou a atuação do orientado em questões relacionadas às áreas de Planejamento e Controle da Produção e Materiais (PCPM), Qualidade Assegurada de Materiais (QAM), Recebimento de Materiais (RM), Almoxarifados, Manufatura, Compras e Vendas/*Marketing*, dentre outras.

A metodologia de pesquisa-ação esteve amplamente fundamentada em um profundo e amplo projeto de implantação sistêmica do *Just-In-Time*, formalizado pela alta administração da empresa. A compilação dos dados para a elaboração do estudo de caso foi bastante trabalhosa devido, principalmente, à grande quantidade de informações coletadas.

Os resultados do trabalho, discutidos com maior riqueza de detalhes em capítulos específicos, denotaram, *a priori*, a deficiente compreensão da estrutura técnica e organizacional do *Just-In-Time* por grande parte da corporação. O JIT foi considerado como uma abrangente filosofia de produção por contemplar e aglutinar aspectos culturais fortes, princípios quase dogmáticos e técnicas otimizantes de grande conteúdo motivacional. Assim, esta característica holística, do ponto de vista da miscigenação técnica-organizacional, transferiu ao *Just-In-Time* certa complexidade inicial para o seu entendimento.

O projeto localizado e multidisciplinar de implantação com duração de mais três anos teve respaldo e absorção suficientes para a consolidação definitiva de técnicas e pressupostos importantes do *Just-In-Time*. A necessidade de formação de uma nova cultura organizacional foi vital à sobrevivência da filosofia e do desejo de aprimoramento perpétuo dos ganhos atingidos. A introdução do arcabouço técnico e alguns princípios do JIT forçaram e motivaram a empresa a rever toda a estrutura cultural em que a mesma estava anteriormente baseada.

O *Just-In-Time* pôde ser considerado o divisor de águas na transição para uma nova cultura corporativa centrada em sólidos valores éticos e no respeito às pessoas. A inserção inicial do arquétipo físico do JIT nas áreas-modelo, representado pelo conjunto de técnicas e

ferramentas essenciais, provocou a subsequente mudança de comportamento para a formação de uma cultura participativa e geradora de comprometimento dos grupos de pessoas que trabalharam ativamente no projeto.

A contribuição mais importante do presente trabalho foi a proposição de uma metodologia que demonstrou ser muito eficiente na implementação do *Just-In-Time*, mesmo em oposição ao ponto de vista de Taiichi Ohno, o principal idealizador do Sistema Toyota de Produção, que chegou a comentar: "... iniciar o *Kanban* de fora para dentro da empresa é o maior erro que se pode cometer (...)" (MOURA, 1996, p.10)

Esta metodologia foi baseada na sistemática inversa de implementação do *Just-In-Time*, ou seja, a viabilização do *Kanban* para o suprimento externo de materiais funcionou como um mecanismo de efetiva propaganda para a disseminação do JIT por toda a empresa.

A aplicação do *Kanban* Externo em um seleto grupo de fornecedores subcontratados proporcionou significativos melhoramentos dos indicadores de desempenho clássicos relacionados à gestão de materiais, como a redução do capital imobilizado em inventários de matérias-primas e o aumento do giro de estoques. A otimização da *performance* do Departamento de Materiais e Logística configurou-se no principal instrumento de divulgação do potencial da manufatura *Just-In-Time* para a aplicação em áreas corporativas internas.

Primordialmente, a motivação para a execução deste trabalho apoiou-se na constatação da falta de uma metodologia alternativa para a implementação do *Just-In-Time* em empresas industriais nacionais. Na maioria dos casos, o processo de implantação depende quase que exclusivamente do árduo trabalho e da persistência das pessoas diretamente envolvidas, sendo que as atividades se baseiam em uma profunda tendência empírica e que normalmente (e inconscientemente) desprezam aspectos relacionados à consistência de métodos e ao embasamento teórico necessários.

Foi de considerável importância a formulação de uma metodologia específica, que contemplou as etapas e os aspectos necessários à eficiente implantação do *Just-In-Time* e sua posterior efetividade a médio e longo prazos. Ainda, outro aspecto importante do trabalho englobou a construção de um modelo combinado de sistema de administração da produção,

baseado na integração do JIT e do MRP II, segundo a concepção tecnológica e a visão ligada à organização das funções administrativas e produtivas.

1.1 - A organização e a estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em quatro principais blocos:

- (1) O quadro teórico, resultado de uma profunda revisão bibliográfica.
- (2) A pesquisa inicial de caráter exploratório, relacionada ao levantamento de informações acerca das atividades ligadas à Administração da Produção e Materiais na empresa.
- (3) A pesquisa-ação, fundamentada nas atividades vinculadas ao projeto de implantação multidisciplinar do *Just-In-Time* na referida empresa e na proposição de um modelo híbrido de sistema de administração da produção baseado na combinação JIT e MRP II.
- (4) A análise dos resultados segundo critérios quantitativos e qualitativos e as conclusões relativas aos aspectos técnicos e organizacionais, com base nos dados levantados na pesquisa exploratória e na pesquisa-ação, em inferências acerca da cultura organizacional e do modelo híbrido de sistema de administração da manufatura proposto.

Estes quatro blocos estão distribuídos ao longo de sete capítulos, que constituem o corpo principal da dissertação. O primeiro bloco é formado pelos capítulos 2, 3 e 4 e representa toda a base conceitual resultante de ampla revisão bibliográfica. O segundo bloco está representado pelo capítulo 5, onde estão apresentadas as metodologias utilizadas na pesquisa exploratória e na pesquisa-ação, a configuração metodológica resultante que foi aplicada ao estudo de caso e os dados e as informações, coletados na pesquisa de campo realizada na empresa, que visam sua caracterização genérica.

O capítulo 6, que compreende o terceiro bloco, contém o detalhamento da pesquisa-ação, baseada na implantação do *Just-In-Time* na referida empresa e na proposição do modelo combinado JIT e MRP II. Também mostra alguns resultados e as respectivas avaliações que dizem respeito ao delineamento da pesquisa exploratória e da pesquisa-ação executadas na referida empresa.

No capítulo 7, que representa o quarto bloco, estão as conclusões que dizem respeito à análise das informações levantadas na pesquisa exploratória e na pesquisa-ação,

relacionados aos fatores técnicos e culturais referentes à implantação do *Just-In-Time* e à elaboração do modelo de sistema de administração da produção JIT + MRP II.

O capítulo 2, 3 e 4 apresentam, respectivamente, as descrições detalhadas da filosofia de manufatura *Just-In-Time*, dos sistemas computadorizados de administração da fábrica MRP e MRP II e da integração JIT/MRP II. Estes capítulos estão baseados em forte embasamento teórico, resultado de extensa pesquisa bibliográfica.

O capítulo 2 tem como tema central o *Just-In-Time*, representando o modelo de produção enxuta, expressão citada por WOMACK et al. (1992) com referência ao sistema de manufatura desenvolvido pela Toyota Motor Co. e que abrange novas técnicas administrativas e novas formas de organização industrial. Os temas do capítulo 3 estão relacionados à constituição e ao funcionamento do MRP (Planejamento das Necessidades de Materiais) e do MRP II, baseados na centralização de decisões e na forte aplicação de recursos computacionais para o planejamento e controle das atividades ligadas à manufatura.

O capítulo 4 explora aspectos relativos à adequação do JIT e do MRP II em relação aos sistemas produtivos. Também mostra algumas possíveis formas de integração *Just-In-Time* e MRP II, baseadas em aspectos técnicos e organizacionais, buscando a aglutinação dos pontos-fortes de ambos.

O capítulo 5 abrange a metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa exploratória inicial e, mais enfaticamente, a estrutura do trabalho de campo centrado na pesquisa-ação. O levantamento preliminar de informações relacionadas às áreas de manufatura e suprimentos, feita através de uma pesquisa de cunho exploratório, serviu como referência ao desenvolvimento da pesquisa-ação vinculada à implantação do *Just-In-Time* e à construção do modelo JIT + MRP II, mostrados com maior detalhamento no capítulo 6.

No capítulo 6 também são analisados, de forma superficial, os resultados obtidos durante a pesquisa-ação, centrada no estudo de caso da implantação do *Just-In-Time* e na proposição do modelo híbrido JIT/MRP II. Estas análises são referentes ao quadro contextual levantado no decorrer da pesquisa de campo e da pesquisa-ação.

No capítulo 7 estão relacionadas as inferências e as conclusões relacionadas à pesquisa exploratória e à pesquisa-ação. As considerações gerais englobam os dados

levantados na pesquisa de campo de caráter exploratório. As considerações relacionadas ao objetivo do trabalho, ou seja, à particular forma de implantação do *Just-In-Time* e sua integração com o MRP II, são feitas de maneira mais detalhada, procurando agregar conhecimento a respeito da utilização conjunta e otimizada do JIT e do MRP II nas indústrias nacionais.

1.2 - As justificativas teóricas e práticas para o desenvolvimento do trabalho

No cenário competitivo mundial, particularmente nas décadas de 80 e 90, os meios de comunicação e muitos trabalhos acadêmicos têm ressaltado a importância da economia japonesa e, de forma mais direta, a versatilidade de seu parque industrial e da competitividade trazida com a aplicação da filosofia *Just-In-Time*, sobretudo nas grandes empresas automobilísticas.

O próprio *Just-In-Time* confunde-se com termos como “manufatura de classe mundial” e “busca pela excelência na manufatura”, cunhados respectivamente por HALL (1988) e SEQUEIRA (1990). WOMACK et al. (1992) e MURATA & HARRISON (1993) comentam a aplicabilidade do *Just-In-Time* em vários setores industriais e em países como o Reino Unido, EUA, Holanda, Índia e México, enfatizando seus conceitos universais e a tendência mundial de aumento da produtividade e da qualidade dos produtos e processos, como forma de reduzir os custos de produção e melhorar o desempenho competitivo.

No Brasil, o fraco desempenho das empresas industriais na década de 80, traduzido pela baixa produtividade fabril e por níveis insatisfatórios de qualidade dos produtos, motivou o Governo Federal a lançar, em 1990, o Programa Brasileiro de Produtividade e Qualidade, com o objetivo primordial de incentivar as empresas nacionais a trabalharem com níveis de qualidade e produtividade semelhantes aos obtidos pelas empresas internacionais de melhor desempenho nas suas respectivas áreas de atuação.

Algumas poucas empresas brasileiras possuem culturas organizacionais cujo desenvolvimento espontâneo é propício à aplicação de técnicas japonesas. Em relação às empresas que não se caracterizam por uma cultura compatível com a implantação do *Just-In-Time*, caso estas desejarem se beneficiar dos recursos que esta filosofia de produção oferece para os reais aumentos de produtividade e qualidade, necessitam primeiramente mudar o

perfil cultural de suas organizações, antes mesmo de iniciar a implementação de qualquer técnica ou pressuposto do *Just-In-Time*, conforme afirma YOSHIMOTO (1992).

O presente trabalho está baseado no fato de que a transformação cultural pode ser simultânea à aplicação dos subsistemas *Just-In-Time*. No entanto, o aspecto cultural é vital para a perpetuação deste sistema de administração da produção, que tem por características mais importantes o espírito participativo e o respeito às pessoas. Estes conceitos tendem a gerar o comprometimento da força de trabalho, que representa o verdadeiro suporte à manutenção de longo prazo do JIT. A complexidade associada ao profundo entendimento do *Just-In-Time* representa um ponto crítico à sua implantação dentro das organizações industriais brasileiras.

A mudança cultural para a implementação do *Just-In-Time* sempre deve ser iniciada pela cúpula administrativa. EBRAHIMPOUR & SCHONBERGER (1984) comentam que é melhor não tentar nenhuma outra forma de mudança, pois o fracasso é certo e acarretará mais prejuízos do que benefícios à empresa. Caso a alta administração deseje mudar a cultura de modo a possibilitar a aplicação e a efetivação do *Just-In-Time*, deve ser definida uma nova filosofia empresarial, que a médio e longo prazos transforme a organização, segundo as características encontradas na maioria das empresas japonesas.

A filosofia empresarial baseada no *Just-In-Time* necessita ser constituída por metas e diretrizes administrativas, estabelecendo objetivos e práticas que devem ser cumpridas por toda a organização. As filosofias informais tendem a ser inconsistentes, sofrendo mudanças freqüentes e não possibilitando a formação de uma cultura sólida e o desenvolvimento seguro e contínuo da organização.

A filosofia formal deve ser transmitida a todos os funcionários sem imposições e levada à prática mediante decisões sensatas e consistentes. Desta forma, a cultura empresarial desejada estará baseada no desenvolvimento pessoal e na criação do espírito comunitário, onde as pessoas se sintam motivadas e satisfeitas para o trabalho e para o aprimoramento contínuo de suas atividades.

De forma bastante representativa, as técnicas e os princípios do *Just-In-Time* representam a parte palpável de um conjunto muito maior, formado pelas culturas organizacionais das corporações japonesas (*zaibatsus*). No Brasil, embora a cultura

predominante seja muito diferente da japonesa, é plenamente possível em uma empresa a criação de um ambiente propício à aplicação do *Just-In-Time*, de modo semelhante ao aplicado nas corporações nipônicas, possibilitando a consecução de ganhos de produtividade e qualidade muito próximos aos obtidos no Japão.

Como aspecto inicial à estruturação do *Just-In-Time*, deve-se compreender que os programas japoneses para a melhoria da qualidade e da produtividade possuem a característica de efetividade a longo prazo. Caso a alta administração estiver disposta a iniciar a implantação do *Just-In-Time*, primeiramente é necessária a definição de uma filosofia empresarial, representando a base estrutural para a inserção de nova cultura organizacional. Então, a implantação das técnicas e dos princípios relevantes, que compõem esta filosofia de manufatura, pode ser iniciada concomitantemente à mudança cultural.

No caso da implantação do Controle Total da Qualidade (TQC), um dos principais subsistemas e requisitos ao *Just-In-Time*, a primeira decisão é a mudança do modo de pensar tradicional baseado no Modelo Taylorista/Fordista. O significado deste processo é a mudança de antigos hábitos e conceitos arraigados nas pessoas, estendendo o novo pensamento a todos os funcionários, de modo a estimular a necessidade e a responsabilidade da qualidade obtida na fonte, ou seja, a meta da qualidade ótima em cada estágio produtivo.

É de suma importância a conscientização de toda a organização em relação à importância da qualidade como diferencial estratégico de competição mercadológica. Sem dúvida alguma, esta é a etapa mais árdua da inserção da Cultura da Qualidade Total, que representa o grande fator de sustentação do *Just-In-Time* na empresa. O *Just-In-Time* e o *Kanban* demandam um eficiente sistema de garantia da qualidade, grande flexibilidade de produção (produção em pequenos lotes e redução do tempo de preparação dos equipamentos) e a presença da filosofia de eliminação de desperdícios.

O sucesso da implementação do *Just-In-Time* está ligado à programação da produção em níveis inferiores à capacidade produtiva máxima da fábrica. Assim, garante-se o desempenho satisfatório de todo o sistema de manufatura, em termos da confiabilidade de equipamentos e ferramentas, da utilização criteriosa de materiais, da manutenção de um ritmo suave de trabalho e da flexibilidade da mão-de-obra e dos processos. Este ponto é contrário à filosofia de gestão da grande maioria das empresas ocidentais, particularmente as brasileiras, onde a capacidade ociosa é considerada um aspecto de ineficiência fabril.

De acordo com FLEURY (1993) existem muitas dificuldades para a implantação do *Just-In-Time* nas empresas brasileiras. Há muitos casos em que as implantações foram mal sucedidas, feitas de forma inadequada e ineficiente, sendo que o projeto foi abandonado devido às dificuldades de entendimento da complexa filosofia JIT.

As análises e as considerações em relação às falhas de implantações do *Just-In-Time* têm considerado dois fatores de grande importância:

- (1) A incompatibilidade da cultura organizacional, que configura a maior causa dos insucessos relatados com a aplicação do JIT nas empresas industriais.
- (2) A aplicação das técnicas e dos pressupostos sem a adaptação ao contexto da empresa, do ponto de vista do sistema produtivo e da estratégia competitiva.

Estes dois aspectos contribuíram à elaboração deste trabalho, que leva em conta a proposição de uma metodologia para a implantação do *Just-In-Time* e sua integração ao MRP II em uma corporação industrial. A pesquisa-ação esclarece alguns pontos relevantes relacionados à aplicabilidade das técnicas e princípios *Just-In-Time*, destacando-se:

- (1) A necessidade prévia de uma cultura organizacional nos moldes japoneses. O trabalho não coloca em dúvida a importância da existência de uma cultura que dê suporte ao *Just-In-Time*. O ponto a ser questionado é que a primeira etapa para a aplicação do JIT deva ser a mudança cultural antes mesmo da introdução das técnicas e dos princípios. O presente trabalho defende a tese de que a inserção dos principais subsistemas e da filosofia em algumas áreas-modelo provoca a formação e a disseminação simultâneas da cultura *Just-In-Time* por toda a organização. Este processo de formação de uma nova cultura a partir da inserção de técnicas e princípios, sem a prévia conscientização da necessidade da própria mudança cultural aos membros da organização, é designado pelo orientado de formação cultural através de experimentação.
- (2) O requisito de prévia aplicação interna à organização dos princípios e dos subsistemas *Just-In-Time*, para somente estendê-los aos fornecedores de materiais e clientes. Este ponto é defendido por vários autores, inclusive pelo próprio Taiichi Ohno, o grande idealizador do *Just-In-Time*. Grande parte da factibilidade do processo de implantação do *Just-In-Time* tratado no presente trabalho se deve à aplicação do *Kanban*, que representa um dos principais subsistemas JIT, em fornecedores estratégicos de materiais diretos. Somente após a consolidação do *Kanban* Externo praticado com fornecedores-chave é que foi iniciado o projeto de implantação interna do JIT. Portanto, o *Kanban*

Externo configurou-se no grande veículo de divulgação e disseminação do *Just-In-Time* na referida empresa.

- (3) A implantação generalizada do *Just-In-Time* pela empresa toda. A metodologia adotada no trabalho segue a tendência de disseminação do JIT como sistema de administração da manufatura e como filosofia de gestão a partir da criação de áreas-modelo, com o intuito de divulgar e propagar as técnicas e os preceitos por toda a organização. Neste sentido, a implantação localizada de *Kanban* nas atividades de suprimento dos materiais iniciou a disseminação da filosofia *Just-In-Time* na empresa. Outra tese defendida no presente trabalho, é que o aprimoramento do desempenho de pequenas áreas da organização, através da massiva introdução de técnicas e preceitos JIT, é muito mais efetivo que os projetos multidisciplinares de implantação. A otimização do desempenho das áreas-modelo força naturalmente a expansão do *Just-In-Time* para outras áreas produtivas e administrativas da empresa. Assim, a gestão do projeto de implantação fica facilitada e não há dispersão significativa de esforços e de recursos.

O trabalho também faz uma abordagem acerca da integração do MRP II ao *Just-In-Time*. No Brasil, o MRP e o MRP II são muito difundidos como sistemas de administração da manufatura. A integração, portanto, visa a compatibilização do funcionamento conjunto de ambos. A aplicação do *Just-In-Time* simplificaria a utilização do MRP II, otimizando os principais parâmetros de entrada e, por consequência, o desempenho deste sistema de administração da produção.

Deve-se deixar muito claro que a aplicação do *Just-In-Time* não elimina o MRP II pois, mesmo assim, há a necessidade da geração das necessidades brutas, da “explosão” da programação global da produção através da relação de materiais para o planejamento dos materiais e do planejamento das necessidades de capacidade de produção. O *software* e as rotinas devem sofrer alterações, de modo a terem sensibilidade para a distinção entre os itens JIT e os itens controlados pelo MRP II. A integração da filosofia de manufatura *Just-In-Time* e do sistema MRP II deve prever o controle da execução das operações com o JIT e a continuidade do planejamento das atividades através do MRP II.

CAPÍTULO 2

A MANUFATURA *JUST-IN-TIME*

O *Just-In-Time* (JIT) é uma completa e abrangente filosofia de manufatura que busca a coordenação e o sincronismo da função produção com a demanda específica de produtos acabados, otimizando todos os *leadtimes* intrínsecos à fabricação dos produtos e ao atendimento dos clientes, sempre com altos níveis de qualidade em processos e produtos. Propõe a flexibilização e a integração dos processos através do princípio do total atendimento das necessidades de custo, qualidade e prazos de clientes internos e externos à corporação. Procura eliminar qualquer função, atividade ou processo que acarrete custos diretos e indiretos e que não traga agregação de valor ao produto final. O *Just-In-Time* está baseado em um forte comprometimento da força de trabalho, engajada e motivada na resolução de problemas e no aprimoramento contínuo do desempenho do sistema, em todos os níveis da organização.

De acordo com BICHENO (1991), o *Just-In-Time* visa atender a demanda “instantaneamente”, com qualidade perfeita e sem desperdícios. A simplificação é um dos seus enfoques, na medida em que os recursos de manufatura (mão-de-obra, equipamentos e materiais) são criteriosamente utilizados para incrementar a eficiência e a produtividade.

A filosofia *Just-In-Time* deve ser encarada como a própria cultura corporativa da empresa, segundo afirmam KOTTER & HESKETT (1994). Pode ser interpretada como uma “visão” articulada pelos líderes da corporação, implementada através de uma estratégia empresarial definida de longo prazo e disseminada em todos os níveis da organização como um modelo comportamental/cultural. O JIT deve ser a própria cultura da corporação para que exerça um impacto significativo no desempenho financeiro de longo prazo.

YOSHIMOTO (1992) define a cultura organizacional baseada no *Just-In-Time* como o conjunto de padrões de comportamento, crenças e outros valores espirituais que caracterizam a empresa. O seu desenvolvimento é lento, feito mediante as experiências

comuns ocorridas entre pessoas que trabalham na empresa. A alta rotatividade de pessoal é prejudicial, podendo por a perder por completo, em alguns casos, uma cultura formada em longos anos de trabalho.

Nas culturas corporativas fortes, os valores compartilhados enfatizam a importância de pessoas e processos, constituindo a chave para o desempenho excelente em um ambiente competitivo e mutável. Nas corporações que adotam o *Just-In-Time* como filosofia de manufatura, a força de trabalho deve “marchar” de maneira coordenada numa mesma direção, onde as ações resultantes internas à organização devem se ajustar a uma estratégia comercial específica para o ambiente externo.

Neste trabalho, o *Just-In-Time* é interpretado como uma filosofia de manufatura dependente de um forte e rígido senso de cultura corporativa, impetrando coesão e solidez de princípios e valores à organização. Dentro do arcabouço estrutural e organizacional, são aceitos os termos Sistema Toyota de Produção e Produção Enxuta (*Lean Production*) para se fazer referência à filosofia, às técnicas e aos elementos do sistema de manufatura JIT.

MONDEN (1984) aponta como objetivo maior do Sistema Toyota de Produção a manutenção de um fluxo contínuo dos produtos que estão sendo manufaturados, de modo a atender às alterações de demanda. Como resultado, o excesso de inventário e força de trabalho são reduzidos naturalmente e ocorrem, conseqüentemente, aumentos graduais de produtividade sistêmica e reduções dos custos de produção.

O *Just-In-Time* tem como principal meta o aperfeiçoamento contínuo dos processos produtivos. Neste ponto, a redução gradual dos estoques permite a exposição de problemas, tais como as descontinuidades de processos, os baixos níveis de qualidade, a falta de confiabilidade de equipamentos, os altos tempos de fila e de preparação dos equipamentos e a má utilização dos recursos produtivos. A redução dos estoques, portanto, configura-se como o princípio fundamental na resolução dos problemas, permitindo a visibilidade e a conseqüente eliminação de ineficiências e desperdícios através de esforços concentrados e priorizados da mão-de-obra direta e indireta.

O *Just-In-Time* visa o melhoramento dos índices de qualidade, a busca pela confiabilidade dos equipamentos e dos fornecedores externos de materiais e o aumento da flexibilidade de resposta às oscilações da demanda final através da redução dos tempos de

setup e dos *leadtimes* de fabricação e aquisição, da diminuição dos tamanhos dos lotes de produção e compra e da eliminação de estoques desnecessários e desperdícios.

SCHONBERGER (1988) afirma que os altos estoques decorrentes dos grandes lotes de produção ocultam erros e desperdícios nos sistemas de manufatura tradicionais, aumentando os custos financeiros e o capital de giro imobilizado. SHINGO (1996) aponta que a observação das ineficiências contribui com informações para o aprimoramento contínuo e para a eliminação dos desperdícios. Os sete principais tipos de desperdícios que freqüentemente ocorrem nos sistemas tradicionais de manufatura são:

- (1) O desperdício de superprodução (a produção antecipada à demanda). Provém de problemas e restrições do processo produtivo, como os altos tempos de preparação de equipamentos (induzindo à produção de grandes lotes), a incerteza da ocorrência de problemas de qualidade e confiabilidade de equipamentos (levando à produção de quantidades maiores do que as necessárias), a falta de coordenação entre as necessidades e a produção e a formação de lotes desnecessários (contribuindo para a excessiva movimentação e armazenagem), dentre outros. Substancialmente, o JIT prevê a produção de bens e serviços apenas nas quantidades e nos momentos necessários.
- (2) O desperdício de espera. Refere-se ao material que está aguardando para ser processado, formando filas que garantem as altas taxas de utilização dos equipamentos, de acordo com a metodologia do Lote Econômico de Produção (LEP). A ênfase no fluxo de materiais e não nas taxas de utilização é primordial ao JIT, pois os equipamentos devem operar somente quando houver a necessidade de produção, melhorando a sincronização do fluxo de trabalho e o balanceamento das linhas de produção.
- (3) O desperdício de transporte. As atividades relacionadas ao transporte e à movimentação dos materiais não agregam valor aos produtos e são necessárias devido às limitações dos processos e das instalações, que impõem grandes distâncias a serem percorridas ao longo do fluxo de processamento. Estas atividades devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo através da elaboração de um arranjo físico adequado, que auxilie a redução dos estoques e a otimização do tempo e dos recursos produtivos.
- (4) O desperdício de processamento. A sua identificação, e posterior eliminação, pressupõe o aprimoramento da eficiência dos processos produtivos através da redução do número de operações e da quantidade de itens necessários à fabricação dos produtos. Portanto, os elementos que não agregam valor aos produtos devem ser eliminados.
- (5) O desperdício de movimento. Diz respeito à otimização de tempos e movimentos necessários à execução do trabalho. A economia e a consistência dos movimentos

aumentam a produtividade e reduzem os *leadtimes* dos processos, contribuindo para o aumento dos níveis de qualidade. O JIT é um enfoque de “baixa tecnologia”, apoiado em soluções de custo reduzido e que não demandam grandes investimentos em automação.

- (6) O desperdício da produção de produtos defeituosos. Relaciona-se aos problemas de qualidade dos processos produtivos. A fabricação de produtos defeituosos pressupõe desperdícios relacionados à utilização desnecessária de recursos e à movimentação, armazenagem e inspeção de itens e produtos defeituosos. A prevenção da ocorrência de defeitos é um pré-requisito aos processos baseados no JIT.
- (7) O desperdício relacionado aos estoques. Os inventários desnecessários ocultam problemas e aumentam os investimentos e a necessidade de maior espaço físico. A redução dos estoques deve ser feita pela eliminação das causas geradoras da necessidade de manutenção de estoques, como os excessivos tempos de preparação de equipamentos, os altos *leadtimes* de produção, a ausência de sincronização dos fluxos de trabalho, a falta de confiabilidade dos equipamentos e a má qualidade nos processos.

O diferencial competitivo da empresa que adota o *Just-In-Time* está voltado à manufatura, apesar dos seus princípios estarem difundidos por toda a organização. Os seus principais pressupostos são:

- (1) A integração da organização sob o aspecto da cadeia produtiva, otimizando a tomada de decisões e a interação das atividades de planejamento e execução.
- (2) O combate aos desperdícios, enfatizando a eliminação das atividades que não agregam valor aos produtos, a redução dos custos e a produção em níveis conhecidos de demanda.
- (3) O aumento da flexibilidade através da redução dos tempos de reposta e dos *leadtimes* correlatos ao suprimento dos materiais, à manufatura, à disponibilização e ao atendimento das necessidades consumidores.
- (4) O aumento da produtividade através do aprimoramento contínuo e da simplificação das atividades e dos processos de fabricação e montagem dos produtos.
- (5) A manutenção de altos níveis de qualidade em todos os processos, garantindo a confiabilidade das entregas dos produtos e visando o reconhecimento dos clientes.
- (6) A valorização e a humanização do trabalho através do desenvolvimento pessoal, da busca do comprometimento, da descentralização de poder e da potencialização dos esforços da força de trabalho.

A organização deve estar comprometida com a alta qualidade dos processos, focalizando a satisfação dos clientes internos e externos. Segundo MONDEN (1984), para que o objetivo de eliminação de desperdícios seja atingido são necessários três pontos:

- (1) O Controle da Quantidade, visando a flexibilidade para a adaptação do sistema produtivo às variações de demanda e reduzindo os estoques internos e os custos de fabricação.
- (2) A Qualidade Assegurada, garantindo a confiabilidade dos processos internos de modo a certificar que itens com defeito não sejam enviados aos processos subsequentes, buscando o compromisso dos fornecedores externos na otimização da manufatura.
- (3) O Respeito à Condição Humana, tornando constantes os ganhos de produtividade e facilitando a manutenção e o aprimoramento do sistema de manufatura.

O Controle da Quantidade pressupõe que o *Just-In-Time* tenha elevada capacidade de resposta às mudanças do mercado consumidor. A flexibilidade diz respeito às oscilações de demanda em termos quantitativos ou por novos produtos. Na segunda situação, a manufatura deve ser integrada aos sistemas computacionais do tipo CAD (*Computer-Aided Design*) e CAE (*Computer-Aided Engineering*), de modo a se obter reduções significativas nos *leadtimes* de desenvolvimento de novos produtos.

A Qualidade Assegurada diz respeito ao comprometimento dos postos de trabalho precedentes de não repassarem itens com defeito aos postos de trabalho subsequentes. Em relação à qualidade, JURAN (1992) propõe o conceito de adequação ao uso, traduzido na melhoria contínua do nível de satisfação alcançado por determinado produto ou serviço, para o perfeito atendimento dos objetivos dos usuários. Neste caso, o nível de satisfação é o próprio nível de qualidade do ponto de vista da conformidade e os usuários são os processos internos interligados e dependentes entre si.

Pode-se compartilhar o conceito de Qualidade Assegurada com o suprimento de materiais por fornecedores externos. O fabricante deve procurar a aproximação para o aprimoramento das operações de manufatura nos fornecedores, garantindo a confiabilidade dos processos externos e a elevação dos níveis de qualidade dos materiais.

O Respeito à Condição Humana está apoiado no estímulo total dos funcionários, buscando transformá-los em colaboradores, com a chance de transformar suas idéias em ação e de serem reconhecidos por suas atitudes pró-ativas. Segundo KANTER (1996), há uma conexão direta entre a cultura organizacional de preocupação com as pessoas e a habilidade

de satisfazer os clientes. Deve haver um ambiente de abertura e interesse pelas novas idéias, que estimule a iniciativa e o comprometimento.

CORRÊA & GIANESI (1993) sustentam a idéia de que o *Just-In-Time* é um sistema “ativo”, na medida em que não assume passivamente a estabilidade de metas e variáveis de desempenho, incentivando o questionamento e o melhoramento contínuo das características de processo, apoiados no princípio da eliminação de desperdícios.

A coordenação entre a demanda de um item e seu processo de obtenção e a minimização de incertezas são fatores importantes para o “enxugamento” dos estoques em processo. A determinação do momento em que os itens serão necessários nos processos subseqüentes é fundamental ao efetivo controle da produção e da quantidade produzida, propiciando a manufatura de lotes menores e o aproveitamento racional de recursos e capacidade produtiva. No *Just-In-Time*, os estoques em excesso escondem e dificultam a visualização de problemas relativos à produtividade e à qualidade e, portanto, precisam ser drasticamente reduzidos para o melhoramento da eficiência da estrutura de manufatura.

No *Just-In-Time*, a fabricação em fluxo contínuo força a redução dos estoques intermediários e a utilização eficiente dos recursos. Este “ciclo de melhorias operacionais” tende a viabilizar a produção unitária, do ponto de vista de meta do sistema de manufatura. O JIT busca a redução dos custos e o incremento da produtividade, provocando o ataque focalizado aos desperdícios. O maciço emprego de mão-de-obra nas operações de fabricação e montagem dos produtos propicia significativas mudanças na organização do trabalho e nas práticas administrativas tradicionais.

Contudo, há a necessidade de manutenção de certo nível de estoque em processo para assegurar a continuidade do fluxo de produção. A determinação dos níveis de estoques deve prever a influência dos custos dos materiais em relação à qualidade dos produtos manufaturados. Tal influência não é levada em consideração na abordagem tradicional do Lote Econômico de Produção (LEP), que apenas considera a ponderação entre os custos de manutenção de estoques e os custos dos processos de obtenção dos materiais.

O *Just-In-Time* se apóia na premissa de que o custo da fabricação de um lote de itens é função da eficiência do processo produtivo, que pode ser continuamente melhorado e, desta forma, propiciar significativas e sustentadas reduções dos custos de obtenção. A

otimização dos processos alavanca a redução dos custos unitários de obtenção, dos tempos de espera e preparação dos equipamentos. Para WOMACK et al. (1992), a redução dos custos unitários de fabricação na produção em pequenos lotes, em comparação com a produção em grandes lotes, é explicada pelo aprimoramento dos níveis de qualidade dos itens fabricados a partir de pequenos pedidos.

A flexibilidade para o atendimento das oscilações de demanda obtida com o *Just-In-Time* é função da redução dos tempos de execução da produção (*leadtimes*). A diminuição do tamanho dos lotes de fabricação também proporciona um decréscimo significativo nos tempos de atravessamento dos materiais através dos processos produtivos. A redução do tempo de processamento do lote está ligada à minimização dos tempos de espera entre as operações. A diminuição dos tempos de transporte e movimentação está associada à otimização dos arranjos físicos.

O *Just-In-Time* está baseado no princípio de que as vendas devem “puxar” a manufatura, orientando a produção do mercado para a fábrica. A manufatura é dita “puxada” na medida em que, como os estoques devem ser mínimos, a empresa somente inicia a fabricação dos produtos quando tiver a confirmação dos pedidos. Não havendo vendas ou necessidade dos itens, as máquinas ficarão paradas e os operários serão ocupados em outras atividades, como limpeza, manutenção e treinamento.

A diferenciação entre “manufatura empurrada” e “manufatura puxada” precisa ser melhor explicada. A “manufatura empurrada” é aplicada aos sistemas tradicionais de manufatura (*Just-In-Case*), apoiados no Modelo Taylorista/Fordista, onde o planejamento e o controle das linhas de produção e montagem são executados através de um sistema central de coordenação das operações. Cada estágio produtivo “empurra” o lote correspondente ao trabalho finalizado, não levando em conta a necessidade do estágio produtivo subsequente.

Na “manufatura puxada”, a orientação do trabalho em um estágio precedente do processo produtivo é feita pelo estágio subsequente imediatamente adjacente. Assim, caso uma requisição não for passada para trás pelo estágio “consumidor” para o estágio “fornecedor”, este não está autorizado a iniciar a produção do material. A “manufatura puxada” é a base dos fluxos suavizados de produção e materiais no *Just-In-Time*.

A produção *Just-In-Time* está baseada na premissa de que a empresa deve manufaturar e entregar os produtos “apenas a tempo” de serem vendidos, submontá-los “apenas a tempo” de montá-los nos produtos acabados, fabricar componentes “apenas a tempo” de empregá-los nas submontagens e, finalmente, fazer a aquisição de materiais “apenas a tempo” de serem transformados em itens fabricados.

De acordo com SCHONBERGER (1988), os requisitos indispensáveis à implantação do *Just-In-Time* são o *Kanban* para o controle da “manufatura puxada” e o Controle Total da Qualidade (TQC), que garante a confiabilidade dos processos.

MONDEN (1984) cita como principais conceitos necessários à viabilização do fluxo contínuo dos materiais, a produção *Just-In-Time*, o princípio da autonomia (*Jidoka*), a flexibilidade da mão-de-obra (*Shojinka*) e o pensamento criativo (*Soikufu*).

O princípio de autonomia representa a verificação autônoma das irregularidades do processo de manufatura, ou seja, os operadores devem interferir positivamente nos processos de fabricação na ocorrência de algum problema. O controle autônomo, implícito no princípio de autonomia, também está baseado em mecanismos de parada automática colocados nos equipamentos para se prevenir a fabricação de itens defeituosos. Os mecanismos “à prova de falhas” (*Baka-Yokes* ou *Poka-Yokes*) previnem problemas relativos às ferramentas e aos equipamentos. A idéia de controle autônomo é expandida às linhas de fabricação, onde a detecção e a resolução de problemas são feitas pelos próprios operadores, que podem interromper temporariamente os processos através da parada dos postos de trabalho até a eliminação do problema.

O princípio da flexibilidade da mão-de-obra é necessário para a adaptação da manufatura às alterações de demanda dos produtos finais. É conseguida pela reprogramação da utilização dos recursos humanos para se aumentar a produtividade dos processos, adequando periodicamente a carga de trabalho nos estágios produtivos e reduzindo, em alguns períodos de aumento de demanda, a quantidade necessária de operários.

O pensamento criativo diz respeito à disposição da força de trabalho em realizar perpétua e continuamente o aprimoramento do sistema de manufatura, através de sugestões e atividades ligadas ao melhoramento contínuo (*Kaizen*), que representa um outro princípio importante dentro da filosofia do *Just-In-Time*, sendo abordado mais adiante neste trabalho.

SLACK et al. (1997) fazem uma análise do *Just-In-Time* a partir de sua subdivisão em três níveis fundamentais:

- (1) O *Just-In-Time* visto sob a ótica de filosofia de produção, centrado na eliminação de desperdícios, no comprometimento da força de trabalho e no aprimoramento contínuo.
- (2) O *Just-In-Time* enfocado como um conjunto de métodos para a gestão da produção, destacando-se as práticas de trabalho, o projeto voltado para a manufatura, o foco na manufatura, o uso de equipamentos pequenos e simples, o enfoque no arranjo físico, o fluxo contínuo da produção, a Manutenção Produtiva Total (TPM), a redução dos tempos de *setup*, o princípio da visibilidade e o fornecimento *Just-In-Time* de materiais.
- (3) O *Just-In-Time* abordado como um método de planejamento e controle da produção, apoiado no *Kanban*, na programação nivelada, no seqüenciamento do *mix* de produtos fabricados e na sincronização e no balanceamento das operações de manufatura.

As medidas de desempenho adotadas nos sistemas de manufatura tradicionais são baseadas em padrões predefinidos para um dado período. O JIT não é condescendente com parâmetros de desempenho firmados a partir de situações estáticas, que não consideram a velocidade e o dinamismo dos processos internos e externos à corporação. Ademais, estipula metas que garantem esforços para as atividades de aprimoramento contínuo.

A meta de “perda zero” visa coibir qualquer desperdício, traduzindo a preocupação com as causas fundamentais que diminuem a produtividade da manufatura, centradas nos altos níveis de estoques, nos níveis deficientes de qualidade, nos altos custos de produção e nos elevados tempos de espera. A meta de “zero defeitos” implica na adoção do “espírito de aprimoramento contínuo” em todos os aspectos da empresa, desde o projeto dos produtos até o desempenho dos processos de fabricação.

O *Just-In-Time* também enfatiza a otimização do fluxo de produção em detrimento à maximização da utilização da capacidade produtiva, através do conceito de “manufatura puxada”. A produção em uma estação de trabalho é feita segundo as quantidades requeridas pelas operações subseqüentes, garantindo a utilização dos recursos produtivos somente no instante necessário. Para isto, são requeridas certa capacidade excedente, baixa variabilidade do *mix* de produtos finais e demanda razoavelmente estável ao longo do tempo.

A estabilidade da demanda é fundamental ao balanceamento das cargas de trabalho nos diversos estágios do processo produtivo. Na impossibilidade do estabelecimento desta

condição, são mantidos estoques de produtos acabados, trazendo certa independência à produção para que esta possa executar suas atividades em regimes mais estáveis de demanda.

A mão-de-obra direta e indireta têm importante papel na manutenção e perpetuação do *Just-In-Time*. Os operários são os principais responsáveis pela qualidade dos produtos. Portanto, cabe à mão-de-obra indireta a função de apoiar o trabalho nas linhas de produção e montagem, transferindo o conhecimento técnico e estimulando o aprimoramento contínuo. O *staff* deve incentivar o processo de identificação e resolução dos problemas, assumindo o papel de “facilitador” das ações no piso de fábrica.

A manufatura *Just-In-Time* impõe novas responsabilidades aos operários. É importante a constante reciclagem de conhecimentos acerca de métodos de identificação e análise de problemas relacionados à qualidade e aos processos de manufatura, de modo que haja uma interferência positiva da mão-de-obra direta em questões rotineiras para o aperfeiçoamento do trabalho executado. Os operários devem estar prontos e motivados a questionar e a melhorar os processos de fabricação. Para a efetividade deste importante ponto, não deve haver rigidez de métodos e diretrizes de trabalho.

O princípio de autonomia torna a empresa dependente das ações dos operários no piso de fábrica. O conceito de cliente e fornecedor internos formaliza a dependência entre os estágios produtivos, inserindo o compromisso pela qualidade. A organização e a limpeza são requisitos à confiabilidade dos equipamentos, à visibilidade dos problemas, à redução dos desperdícios, ao aprimoramento da qualidade e à condição moral dos trabalhadores.

O princípio da visibilidade proporciona a rápida identificação dos problemas e pode ser resumido na expressão “um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar”. HAY (1992) comenta a clássica analogia do “rio de pedras”, onde as pedras simbolizam todos os problemas e a água está relacionada aos estoques que as empresas tradicionalmente utilizam para se proteger e suavizar estes problemas. A redução do nível da água (estoques) facilita a visualização dos problemas, como a falta de confiabilidade dos equipamentos, os baixos índices de qualidade e os elevados tempos de preparação, dentre outros.

A cultura organizacional é o fator mais importante para a disseminação do *Just-In-Time*, interferindo no comportamento pró-ativo dos membros da organização. A cultura JIT

ênfatiza o “sistema de respeito pelos homens”, apoiado no enriquecimento de cargos e no trabalho em equipes, encorajando a responsabilidade pessoal e o *ownership* do trabalho.

A aplicação da filosofia *Just-In-Time* alavanca o desempenho corporativo através de incrementos contínuos de produtividade, qualidade e flexibilidade de atendimento da demanda final. No JIT, a redução contínua dos custos de fabricação propicia a vantagem competitiva em relação às empresas que adotam a manufatura de abordagem tradicional.

2.1 - O histórico e os preceitos do *Just-In-Time*

O desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção e, conseqüentemente, da filosofia *Just-In-Time*, está ligado à reconstrução industrial do Japão após a Segunda Guerra Mundial. O JIT segue princípios da Administração Científica de Frederick Winslow Taylor e do Modelo de Produção em Massa de Henry Ford, conforme explica MONDEN (1984).

O *Just-In-Time* representa uma filosofia de manufatura desenhada a partir de um novo contexto de inovação organizacional. Pressupõe a manufatura de produtos somente através da solicitação específica de clientes e a manutenção de baixíssimos níveis de estoques. Foi concebido em 1949 no parque fabril da Toyota Motor Co. de Nagoya, no Japão. O primeiro princípio foi a utilização de operários multifuncionais, capazes de operar vários equipamentos e que, futuramente, seriam a base conceitual das células de manufatura.

WOMACK et al. (1992) comentam que os recursos financeiros destinados à modernização da planta matriz da Toyota vieram através de um empréstimo junto a grupos financeiros japoneses que impuseram algumas condições, dentre as quais a demissão de um grande contingente de funcionários de forma a reduzir os custos operacionais da empresa, a criação de uma empresa comercial coligada e a manufatura segundo a comprovação de consumo, visando o ajuste dos níveis de produção às taxas de vendas.

A eliminação de quase 25% dos trabalhadores da Toyota propiciou garantias de emprego vitalício aos funcionários remanescentes, salários crescentes conforme o tempo de serviço e participação nos lucros. Em contrapartida, aceitaram as atribuições de flexibilidade nas operações, manutenção de atitudes pró-ativas e contribuição para o aperfeiçoamento do sistema fabril.

A singularidade do comportamento do mercado consumidor japonês do início da década de 50 e a busca da otimização dos escassos recursos na produção de automóveis, impulsionaram a criação de um modelo adequado às dificuldades econômicas do pós-guerra. Ainda, algumas empresas multinacionais estrangeiras estavam prontas para estabelecer operações no Japão e defender, assim, seus próprios mercados da “ameaça japonesa”.

A necessidade de processos eficientes para a fabricação de uma linha diversificada de produtos em baixas escalas, incentivou a Toyota a conceber um sistema de manufatura que demandasse pouco capital e baixos investimentos a curto prazo. Este modelo não deveria seguir o sistema *Just-In-Case*, baseado na economia de escala para a redução dos custos de fabricação e em grandes necessidades de capital para investimentos.

A Guerra da Coreia provocou um aumento de pedidos dos produtos japoneses. ESCRIVÃO FILHO (1987) expõe que o motivo do aumento da demanda dos produtos japoneses foi o receio norte-americano da possibilidade da entrada do comunismo no Japão e da sua expansão para outros países asiáticos.

O aumento da demanda de veículos japoneses e a variabilidade dos modelos, forçaram a Toyota a trabalhar com um grande número de pequenos pedidos dentro dos processos de manufatura: a produção de pequenos lotes viabilizou o grande *mix* de modelos, contrariando a técnica do lote econômico. Assim, a Toyota inicia um longo processo de desenvolvimento de técnicas, como a troca rápida de ferramentas, o emprego de mão-de-obra multifuncional e o efetivo controle dos níveis de estoques.

De acordo com FLEURY & FLEURY (1995), o desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção foi iniciado por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo. Ohno focou seus estudos na concepção da “manufatura puxada” e na formação de operadores multifuncionais. Shingo desenvolveu métodos de redução do tempo de preparação de equipamentos, aumentando a frequência de trocas de ferramentas e reduzindo o número de máquinas e o tamanho dos lotes de produção. A redução dos tempos de *setup* proporcionou a flexibilização do *mix* e dos volumes de produção, baixando os custos e melhorando o poder de competição.

A manufatura baseada em lotes de produção menores mostraram deficiências nos processos, nos equipamentos e em todo o ambiente fabril. A estruturação do *Just-In-Time* foi feita através de um processo inteligente de experimentação e aprendizagem. Houve a

transição da forma artesanal de produção para a forma “Taylorizada” de trabalho, acompanhada pelo aperfeiçoamento contínuo dos procedimentos-padrões e pela utilização de operários multifuncionais. Posteriormente, houve a intensa padronização dos procedimentos e das rotinas de trabalho.

De acordo com MOURA (1996), o *Kanban*, destinado ao controle da produção e dos estoques, foi desenvolvido por Taiichi Ohno na década de 50 e rapidamente introduzido na seção de estamparia da Toyota. Na planta de montagem de Motomachi foi adotado em 1959. Na década de 60, o *Kanban* foi estendido à forjaria e à seção de tratamento térmico, que representavam os processos mais difíceis de serem operados em pequenos lotes. Em 1962, a operação da empresa já estava centralizada neste sistema.

O modelo de organização industrial desenvolvido por Ohno e Shingo ficou conhecido como *Just-In-Time*. O aprimoramento da produção, a partir da comprovação da demanda, foi iniciada na década de 50, com a introdução do conceito do fluxo inverso de informações da produção, onde a autorização para a manufatura no estágio precedente é feito pelo estágio imediatamente subsequente do processo produtivo.

O desenvolvimento da manufatura JIT foi um processo lento e gradual, muitas vezes prevalecendo o caráter informal dos experimentos realizados pelas equipes lideradas por Ohno e Shingo. O Sistema Toyota de Produção passou também a ser conhecido como Produção Enxuta (*Lean Production*), cujo objetivo maior é a redução dos custos de produção. O meio para se atingir o *Just-In-Time* é a preocupação com o domínio do conhecimento nos mínimos aspectos dos processos produtivos.

A abordagem adotada pela Toyota é o resultado de um processo permanente e incansável de aprendizagem para a melhoria da produtividade através da redução de estoques. As metas do JIT são abrangentes e centralizadas na eliminação dos desperdícios, definidos por SHINGO (1996) como qualquer atividade que não adicione valor ao produto ou então que sirva para sustentar as atividades que efetivamente adicionem valor ao produto.

Os mecanismos mais eficientes no combate aos desperdícios são as atividades em pequenos grupos, baseadas na resolução de problemas em equipes e na acumulação do conhecimento obtido com a aprendizagem coletiva.

TOFFLER (1990) caracteriza a Toyota como uma “companhia de ciclo rápido” combinando engenharia simultânea, sistemas avançados de informações, equipes organizadas e partilha de informações com fornecedores. Esta integração de sistemas gera um ciclo de desenvolvimento de novos produtos cada vez mais rápido, com freqüentes lançamentos e fluxo constante de grandes ou pequenas inovações em modelos já existentes.

O ciclo de aprendizagem é orientado por princípios e técnicas que visam combater as deficiências, que estão associadas a 3M: *Muri* (excesso ou sobrecarga), *Muda* (desperdícios) e *Mura* (variações decorrentes da falta de estabilidade).

O monitoramento de desempenho do *Just-In-Time* é feito por indicadores físico-econômicos, como o capital imobilizado e o giro médio dos estoques, os *leadtimes* dos processos produtivos, as distâncias percorridas durante os processos de fabricação, os tempos de preparação dos equipamentos e o número de interrupções de produção.

O JIT também pode ser considerado uma filosofia apoiada em um sistema de manufatura estruturalmente coeso, consolidado no Japão em meados da década de 70. Inclui aspectos de administração da produção e materiais, projeto dos produtos e dos processos de fabricação, organização do trabalho e gestão da qualidade e dos recursos humanos.

Acerca da adaptabilidade do *Just-In-Time* às empresas ocidentais, CORRÊA & GIANESI (1993) afirmam que esta filosofia é composta de práticas gerenciais que podem ser aplicadas em qualquer parte do mundo. YOSHIMOTO (1992) comenta a questão da implantação da filosofia JIT no Brasil, onde a cultura é muito diferente da japonesa. A implantação é possível, desde que a empresa construa ou já possua uma cultura organizacional de características semelhantes às das empresas japonesas.

O JIT necessita de pressupostos, procedimentos e técnicas de manufatura compatíveis com a particular realidade de seu funcionamento. Na seqüência deste trabalho, os tópicos a serem analisados com maior profundidade e discernimento são:

- (1) A particularidade da manufatura *Just-In-Time* no tocante ao projeto dos produtos.
- (2) O arranjo físico característico às operações de piso de fábrica.
- (3) A administração da produção no *Just-In-Time*.
- (4) O Controle Total da Qualidade (TQC).
- (5) Os aspectos ligados à otimização dos processos produtivos.

- (6) O suprimento externo de materiais.
- (7) As políticas e as abordagens voltadas à gestão de recursos humanos.

Estes tópicos são extremamente importantes para o entendimento do *Just-In-Time* em toda a sua complexidade e riqueza de detalhes. A complexidade diz respeito à adequação das funções de *Marketing*, Engenharia e Produção ao comportamento de mercado e às alterações de demanda. O *Just-In-Time* possui alto grau de dependência das estruturas formais e informais de organização e administração da empresa.

2.2 - A otimização do projeto dos produtos

O *Just-In-Time* pressupõe a fabricação de produtos com grande padronização e alto volume, enfatizando a continuidade dos fluxos produtivos e a redução do tempo de atravessamento dos materiais pelos processos. A competitividade crescente acarreta às empresas a necessidade de projetar produtos que antecipem necessidades de mercado, oferecidos com uma variação no *mix* final suficiente para o atendimento das expectativas dos clientes e disponibilizados a baixo custo e com altos padrões de qualidade.

Os aprimoramentos de projeto podem reduzir drasticamente o custo dos produtos através de mudanças no número de itens e submontagens, além do melhor uso de materiais e métodos de trabalho. O *Just-In-Time* trabalha com a hipótese de que é possível o aumento da variedade de produtos sem o correspondente aumento da variedade de processos de fabricação. A variação do *mix* de produção não acarretaria a elevação da complexidade dos processos produtivos e, conseqüentemente, dos custos de produção.

Os projetos de produtos adequados à manufatura e à montagem final, a utilização de mão-de-obra e equipamentos flexíveis, os baixos tempos de preparação permitem a significativa redução da complexidade dos processos, mantendo a alta variedade dos produtos oferecidos ao mercado. O JIT pressupõe o projeto inteligente do produto, considerando aspectos sobre a fabricação durante a etapa de projeto. É importante a integração das áreas de Engenharia e Manufatura, que devem trabalhar em conjunto no desenvolvimento de produtos e processos produtivos.

LUBBEN (1989) comenta que um dos aspectos mais importantes do JIT é o desenvolvimento de produtos que atendam ao requisito de fabricabilidade, definido como o pleno atendimento das exigências voltadas às especificações técnicas e aos padrões de qualidade. As metas do projeto do produto voltado à fabricabilidade são:

- (1) A simplificação do projeto de acordo com a finalidade proposta.
- (2) A facilitação das operações de fabricação e montagem.
- (3) A capacidade dos processos para o atendimento dos níveis de qualidade.
- (4) A integração do fabricante e do fornecedor em relação às possíveis alterações de projeto que afetem as metas de qualidade, redução de custos e desempenho do produto.
- (5) A revisão e a atualização constante das especificações transmitidas ao fornecedor para a detecção de divergências que afetem os processos e o desempenho do produto.

O desenvolvimento de produtos voltados à fabricabilidade requer a aproximação entre clientes, fabricante e fornecedores. A meta é a otimização dos processos de manufatura sob os aspectos de minimização do tempo de processamento e redução dos custos de fabricação. A eficiente alocação dos recursos produtivos é conseguida através dos processos adequados de planejamento e do projeto de produto que tenha a preocupação com a facilidade de fabricação, maximizando a lucratividade durante todo o ciclo de vida.

A fabricabilidade, portanto, é um dos poucos recursos remanescentes para a efetiva e duradoura redução de custos de produção, obtida pela diminuição da complexidade do projeto, da padronização, da seleção dos melhores processos de produção e do desenvolvimento de produtos voltados à facilidade de manufatura.

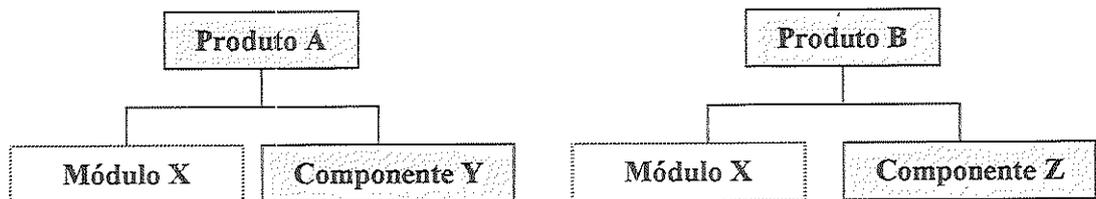
O *Just-In-Time* necessita que cada fase do processo de manufatura seja projetada de maneira simples e à prova de falhas. Para isto, é imprescindível o trabalho conjunto com os fornecedores, a interação mútua entre a Engenharia do Produto e a Engenharia de Processos no projeto das atividades de fabricação, a padronização do projeto do produto para o atendimento dos requisitos dos processos de fabricação e montagem, a simplificação dos itens, a minimização da quantidade e da variedade de equipamentos e ferramentas utilizados.

De acordo com CORRÊA & GIANESI (1993), algumas técnicas relacionadas ao projeto adequado à manufatura e à montagem dos produtos, são:

- (1) O projeto modular, que objetiva a redução do número de itens necessários à manufatura do produto como forma de diminuir os *leadtimes* de fabricação. O enfoque modular tem

como base o uso de uma mesma estrutura na faixa de variedade de um produto. A diferenciação é feita nos níveis mais altos da estrutura do produto, ampliando a variedade através da simples combinação de componentes e submontagens.

- (2) O projeto simplificado, que visa o desenvolvimento de produtos cujos processos de fabricação e montagem sejam bastante simples, trazendo economias do ponto de vista de simplificações das operações envolvidas. O produto deve prever a utilização de itens padronizados e produzidos com poucos testes de ferramentas e dispositivos.
- (3) O projeto adequado à automação, que simplifica os processos de alimentação, posicionamento, fabricação e montagem. Os processos podem ser melhor automatizados, eventualmente com a “robotização” das linhas de montagem dos produtos.



O módulo X é a estrutura comum nos produtos A e B.

FIGURA 1 - A utilização de módulos comuns em duas estruturas do produto.

O melhoramento contínuo do *Just-In-Time* sob o ponto de vista do desempenho do produto depende da otimização de suas características, da redução dos custos de fabricação e da obtenção de informações acerca das novas necessidades dos clientes. A responsabilidade essencial da Engenharia de Produtos é o desenvolvimento de produtos que atendam às necessidades dos clientes e que sejam lucrativos sob a ótica da manufatura. A Engenharia de Produtos deve estar conectada ao cliente final através da área de Vendas/*Marketing*.

Portanto, a ênfase do *Just-In-Time* em relação ao projeto dos produtos é o projeto adequado aos processos de manufatura e montagem, de modo a permitir que a variedade de produtos oferecidos ao mercado consumidor seja relativamente abrangente. Os outros enfoques são o rápido atendimento às necessidades dos clientes e a integração de funções internas e externas (fornecedores) para a otimização dos processos de desenvolvimento.

2.3 - O arranjo físico das áreas produtivas

Os sistemas de manufatura *Just-In-Case* (JIC) basicamente utilizam dois tipos de *layouts*: o *layout* por processo (funcional) e o *layout* linear. No primeiro tipo, os fluxos dos materiais são variáveis e os roteiros de fabricação são muito diversificados. Os equipamentos semelhantes são agrupados pela função ou pelas operações que executam. A administração faz o planejamento das atividades e os operários apenas realizam os planos de produção.

O arranjo físico funcional impõe grandes distâncias ao processamento dos materiais e excessiva movimentação, somando-se a isto o fato de que os equipamentos são utilizados para a manufatura de diversos produtos, requerendo muito tempo para as preparações, impondo a produção em grandes lotes e gerando filas, altos níveis de estoques em processo e maiores *leadtimes* de produção.

O *layout* linear, uma das variantes do *layout* dedicado ao produto, admite a configuração em linha dos equipamentos, onde cada operador executa apenas algumas operações no produto que está sendo manufaturado. Somente é aplicável aos processos que se destinam a produzir grandes quantidades de poucos produtos padronizados. Neste tipo de arranjo físico é inevitável a formação de grandes estoques intermediários. É tipicamente empregado em linhas tradicionais de montagem de produtos. Dentre os problemas que possui destaca-se a inviabilidade de realocação de atividades entre os operadores para a rápida adaptação às mudanças de demanda e a independência de uma linha em relação à outra.

O *Just-In-Time* evita trabalhar com estas duas formas de arranjo físico em virtude de não serem compatíveis com uma filosofia que procura diminuir custos e aumentar a eficiência da empresa. Preferencialmente, adota o arranjo físico celular, onde está implícito o conceito de suavização do fluxo de materiais, centrado na redução das rotas de processos, no aumento da velocidade de atravessamento dos itens e na agregação efetiva de valor.

O planejamento dos *layouts* produtivos está relacionado à redução do tempo de processamento através da eliminação das atividades de movimentação e transporte e da minimização dos estoques amortecedores entre os equipamentos.

Dentre as vantagens do *layout* agrupado, base do arranjo celular, encontram-se:

- (1) A facilidade para o retrabalho, quando eventualmente forem encontrados itens defeituosos no final da linha.
- (2) A ausência de corredores, implicando na eliminação de veículos e pessoas que não estão sendo aproveitados nas atividades produtivas.
- (3) A facilidade de movimentação de materiais e ferramental, que está ligada ao “encurtamento” da distância entre os equipamentos e postos de trabalho.

De acordo com MONDEN (1984), o arranjo físico celular é apenas um dos pré-requisitos à implantação do conceito da flexibilidade de mão-de-obra das áreas produtivas. Os outros dois pré-requisitos são a utilização de operadores multifuncionais e a revisão periódica das operações e das rotinas de trabalho para a efetuação de melhoramentos.

No arranjo celular, os equipamentos estão dispostos de acordo com o roteiro de produção dos produtos, otimizando o fluxo e reduzindo a movimentação dos materiais, além de contribuir para a efetividade da multifuncionalidade (polivalência) da mão-de-obra. O uso de equipamentos dedicados a poucos produtos com características similares de projeto, minimiza significativamente os tempos de preparação e os estoques em processo. O espaço físico é ocupado de maneira mais eficiente em comparação com os *layouts* tradicionais.

SANTOS (1994) afirma que as células de manufatura, em comparação aos *layouts* tradicionais, provocam o aumento de 10 a 20 % na produtividade da mão-de-obra direta, a diminuição entre 70 e 90 % dos equipamentos de movimentação e manuseio dos materiais, a redução de 95 % dos estoques em processo e a diminuição de 50 % na área de fabricação.

As células de manufatura são formadas por equipamentos que processam completamente os itens de dada família, dispostos segundo o roteiro de fabricação característico desta família. Também permitem o acúmulo de conhecimentos por parte da mão-de-obra empregada e a diminuição do número de funcionários necessários à operação dos equipamentos, propiciando a redução dos custos operacionais e a melhoria da qualidade dos itens fabricados.

De acordo com MOURA (1996), os equipamentos e as famílias dos itens processados nas células estão baseados na Tecnologia de Grupo (TG), que pode ser definida como um conceito que permite o agrupamento de itens em famílias cujas características

comuns são os roteiros de fabricação, as dimensões e as formas análogas, minimizando os tempos de preparação a cada momento em que se passa da produção de um item para outro.

Segundo SÉRIO (1990), o objetivo da Tecnologia de Grupo é analisar e arranjar os itens de um espectro e os processos produtivos mais relevantes, de acordo com similaridades de projeto e fabricação. Os benefícios desta técnica são a redução do ciclo de produção, a diminuição de material em processo, a confiabilidade de entregas, a simplificação do planejamento e do controle das atividades de fabricação, a racionalização do projeto e o planejamento dos processos produtivos.

A configuração em “U” nos arranjos celulares permite grande flexibilidade no ajuste do número de operadores para a adaptação às alterações quantitativas de demanda. Desta forma, quando um item está iniciando o processo de fabricação, outro está sendo finalizado e, desde que as operações são executadas pelo mesmo operário, a quantidade de material em processo sempre pode ser mantida constante. As principais vantagens do *layout* celular em forma de “U” são:

- (1) A otimização dos *leadtimes* de produção e dos estoques em processo.
- (2) A simplificação do planejamento da produção e o controle visual das operações.
- (3) A redução dos tempos de preparação dos equipamentos.
- (4) A minimização dos custos de movimentação dos materiais.

O *layout* em forma de “U” possibilita que em uma área sejam desenvolvidas operações específicas para cada operador. Ademais, a combinação de várias células de manufatura permite a rápida atenuação das oscilações de demanda dentro dos processos e a manutenção de uma “quantidade padronizada” de estoque em cada equipamento, permitindo a visualização de um possível desbalanceamento entre as operações de manufatura.

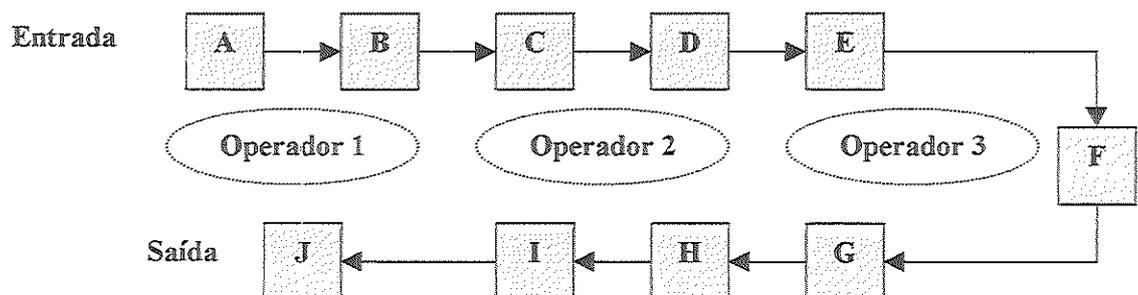


FIGURA 2 - O arranjo celular em forma de “U”.

SCHONBERGER (1987) cita como vantagens do *layout* celular em “U” a flexibilidade e a facilidade de balanceamento da mão-de-obra, a redução das atividades de manuseio e movimentação, a facilidade de execução de retrabalho, a otimização do atravessamento dos materiais e o trabalho em grupo.

Algumas desvantagens da utilização do *layout* em forma de “U”, são a redução da flexibilidade do sistema de manufatura, o aumento do número de equipamentos parados e a necessidade de maior capacidade produtiva em comparação com o *layout* funcional. O motivo principal destas desvantagens é a utilização de equipamentos dedicados, que não podem ser compartilhados por itens fabricados em outras células, caso o *mix* de produtos tenha grande variação ao longo do tempo.

A célula de manufatura representa o compromisso entre a flexibilidade do arranjo físico por processo e a simplicidade do arranjo físico por produto. Assim, as células devem possuir recursos suficientes para o processamento de uma ou mais família de itens baseados na Tecnologia de Grupo (TG).

O projeto detalhado de arranjos celulares leva em consideração os requisitos do produto e as restrições dos processos de manufatura. No aspecto processo produtivo, deve-se atentar para os grupos de processos que se agrupam naturalmente, examinando cada tipo de processo e a qual produto este é aplicado. A decisão final de alocação dos recursos deve contemplar situações onde existam recursos complementares, como por exemplo, as operações de furação e rosqueamento de uma placa metálica e que devem estar adjacentes em uma mesma célula.

Com relação ao aspecto produto, o uso de sistemas de codificação de múltiplos dígitos facilitam a padronização de características que definem as necessidades de processamento, como formas geométricas, dimensões e materiais.

Uma das principais abordagens para a alocação de tarefas e equipamentos às células de manufatura é a técnica de Análise do Fluxo de Produção (*Production Flow Analysis/PFA*), que determina simultaneamente os requisitos do produto e o agrupamento dos processos. Esta técnica envolve procedimentos empíricos (“tentativa e erro”), detalhando o arranjo dos recursos produtivos em função dos itens a serem processados. Portanto, o

arranjo físico por produto é definido segundo as necessidades de processamento e as particularidades dos itens a serem fabricados.

No projeto de células de manufatura, uma decisão importante é recorrente à localização dos recursos produtivos e, somente então, as tarefas são alocadas. Esta decisão é chamada de balanceamento de linha e envolve alguns pontos, como:

- (1) O tempo de ciclo e os estágios necessários.
- (2) As variações de tempo de cada tarefa.
- (3) O balanceamento propriamente dito do arranjo físico.
- (4) O arranjo final dos estágios produtivos.

O tempo de ciclo dos *layouts* celulares é o tempo transcorrido entre o início e a finalização da operação para a manufatura de itens. O tempo de ciclo é calculado a partir da consideração de demanda provável ao longo de um período de tempo e da disponibilidade de tempo para a produção. O tempo de ciclo é definido pelo quociente (tempo disponível para o processo) / (quantidade a ser processada). Por exemplo, se o tempo disponível para determinada operação é de 40 horas/semana e a quantidade requisitada a ser processada nesta célula é de 160 itens/semana, tem-se que o tempo de ciclo para este arranjo celular é de $40/160 = 0,25$ h (15 minutos).

O cálculo do número de estágios produtivos do arranjo celular, depende do tempo de ciclo e da quantidade de trabalho necessário para a finalização do item. O número necessário de estágios produtivos é dado pelo quociente (conteúdo total de trabalho) / (tempo de ciclo). No exemplo anterior, o conteúdo médio de trabalho para o processamento do item é 60 minutos (dado). Tem-se que o número de estágios necessários é de $60/15 = 4$ estágios.

A variação do tempo das tarefas é resultado da variabilidade natural do processamento repetitivo, causada por variações no *mix* de produção e no desempenho individual dos operadores. Estas variações podem acarretar algumas irregularidades no fluxo dos materiais ao longo da célula de manufatura, tais como a presença de estoques em processo (filas de materiais) e a perda da eficiência do tempo de trabalho. A inserção de recursos adicionais compensa a redução de desempenho resultante.

O balanceamento do arranjo físico pressupõe a alocação uniforme de trabalho a cada estágio produtivo. Ainda, com relação à continuidade dos cálculos do exemplo anterior,

foi assumido que o conteúdo de trabalho de cada um dos quatro estágios produtivos (tempo de ciclo) é de 15 minutos. O balanceamento é muito difícil de se observar na prática, tendendo a aumentar o tempo de ciclo das linhas. O desbalanceamento pode ser compensado pela maior alocação de recursos na forma de estágios adicionais.

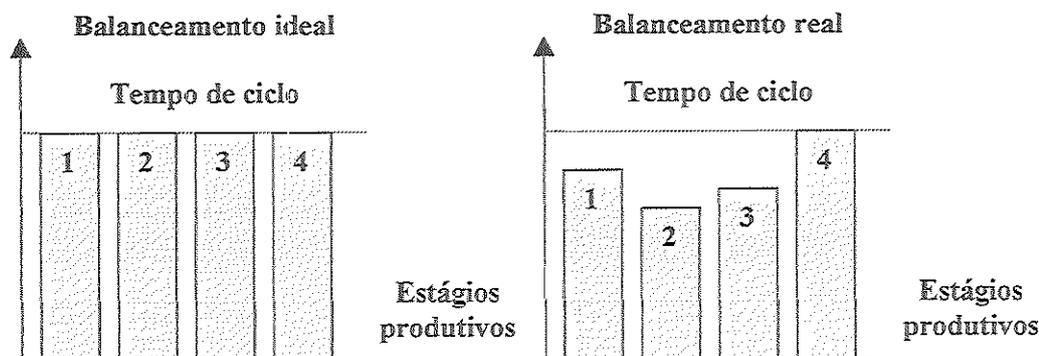
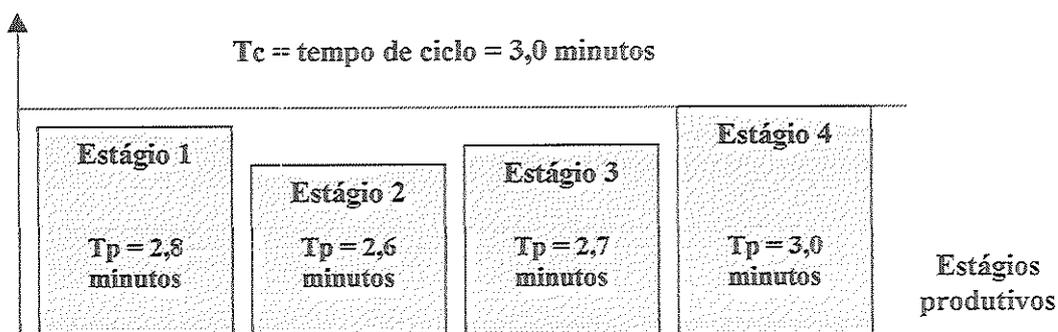


FIGURA 3 - O balanceamento ideal em comparação com o balanceamento real.

As ineficiências verificadas nas células de manufaturas devido ao balanceamento são mensuradas através da perda por balanceamento, que considera a percentagem de tempo não usado de forma produtiva. A figura 4 mostra o cálculo da perda por balanceamento.



T_p = tempo de processamento de cada estágio produtivo.

(1) Cálculo do tempo ocioso considerando-se cada ciclo com $T_p < T_c$:

$$(3,0 - 2,8) + (3,0 - 2,6) + (3,0 - 2,7) = 0,9 \text{ min.}$$

(2) Proporção de tempo ocioso por ciclo (perda por balanceamento):

$$\begin{aligned} \text{Perda por balanceamento} &= (\text{tempo ocioso}) / (\text{número de estágios produtivos} \cdot T_c) = \\ &= 0,9 / (4 \cdot 3,0) = 0,075 \text{ ou } 7,5 \%. \end{aligned}$$

FIGURA 4 - O cálculo da perda por balanceamento.

A técnica de balanceamento mais usada é o diagrama de precedência. Configura-se em um procedimento heurístico que visa a ordenação dos recursos que compõem o conteúdo de trabalho total destinado à manufatura. O diagrama de precedência é difundido como técnica de balanceamento de arranjos físicos por produto, pois aponta uma solução muito razoável e, muitas vezes, a solução ótima é encontrada.

Paralelamente ao estudo dos arranjos físicos, devem ser executados melhoramentos das operações manuais dentro das células de manufatura, com o intuito de se promover melhores condições na execução do trabalho, ocupar eficientemente os tempos ociosos que não puderem ser eliminados, facilitar a padronização dos métodos de trabalho e proporcionar reduções de custos operacionais sem a introdução de novos equipamentos.

MONDEN (1984) afirma que o aumento da porcentagem de operações produtivas, de modo a se conseguir uma maior valorização do trabalho, provoca a diminuição da quantidade de mão-de-obra por item. Os conceitos de tempo de ciclo e balanceamento de linha podem ser aplicados para a otimização de operações individuais, provocando também mudanças ao nível da produtividade da mão-de-obra dentro das células de manufatura.

A eliminação de operações supérfluas, que incluem as atividades desnecessárias de movimentação e manuseio, é feita principalmente através da otimização dos arranjos físicos. Assim, o arranjo focalizado no produto visa a maximização da eficiência do trabalho produtivo e a eliminação de operações improdutivas, sem excessivos investimentos. O *layout* celular, ao contribuir para a redução dos níveis de estoques, evidencia os tempos de fila que, por sua vez, representam a ausência de ação. A determinação destes tempos propicia a efetiva eliminação das operações desnecessárias e a redução da mão-de-obra ociosa.

2.3.1 - A polivalência da mão-de-obra direta

O *layout* celular em forma de “U” auxilia no desenvolvimento da flexibilidade da mão-de-obra para a adaptação às variações de demanda. A utilização de operadores multifuncionais é imprescindível ao JIT, pois a rápida adaptação do sistema de manufatura às condições de mercado depende da habilidade e do conhecimento dos trabalhadores do piso de fábrica em relação aos vários tipos de trabalho e processos produtivos.

MONDEN (1984) faz referência à preparação dos operadores na Toyota através de um sistema de rotação de trabalho que possui três etapas:

- (1) A rotação de supervisores e gerentes, onde o *staff* deve inicialmente se submeter a todos os ensinamentos dos trabalhos executados no piso de fábrica. O objetivo é estimular a mão-de-obra indireta a conhecer as diversas operações para o entendimento dos processos agregando, desta forma, o conhecimento das rotinas e do trabalho executado.
- (2) A rotação dos operários dentro de cada área, onde está implícito o treinamento a cada funcionário para que este execute todos os trabalhos dentro de sua área ou célula de manufatura. O objetivo é tornar todos os operadores “mestres” em qualquer operação produtiva, assegurando a eficiência dos trabalhos.
- (3) A rotação do trabalho, que estipula a rotação freqüente dos operadores nos diversos postos de trabalho para a obtenção de flexibilidade. Em cada operação há a definição da rotina de atividades e a padronização das características do trabalho. A alocação de trabalho para os diversos operadores deve ser feita de maneira suave, ou seja, é necessária a prévia elaboração de um plano de rotatividade, que inclui a freqüência de rotação e o reposicionamento da mão-de-obra nas áreas produtivas.

As principais vantagens da rotação de trabalho são:

- (1) A motivação dos operários e a prevenção da fadiga, reduzindo os acidentes de trabalho.
- (2) A melhoria do relacionamento humano e da ajuda mútua entre os operadores.
- (3) A disseminação de conhecimentos dos operadores mais habilidosos e dos supervisores de produção aos operadores mais novos.
- (4) O aumento da responsabilidade da mão-de-obra pelos objetivos da área produtiva em relação à qualidade, ao custo, à quantidade a ser fabricada e à segurança no trabalho.

De acordo com SACOMANO (1990), outros procedimentos para se aumentar a flexibilidade de resposta do sistema de manufatura, que estão relacionados com a flexibilidade de mão-de-obra, são a utilização de horas-extras e de mão-de-obra temporária e a transferência de operários entre as áreas da empresa.

O conceito de flexibilidade dos operadores somente pode ser alcançado através da capacitação multifuncional da mão-de-obra. Os programas de treinamento, voltados ao ensino de várias atividades ligadas aos processos de manufatura, é ainda o meio mais efetivo para o acúmulo de conhecimentos por parte da mão-de-obra. A mão-de-obra indireta precisa

estar consciente do seu papel “facilitador”, no sentido de disseminar fundamentos teóricos e práticos, interferindo positivamente na formação de operários polivalentes.

2.4 - A administração das atividades ligadas à manufatura

O *Just-In-Time* possui muitas diferenças em relação à administração das linhas de produção e montagem dos sistemas tradicionais de manufatura, como a manutenção de um fluxo contínuo de materiais, enfocando a fabricação e a montagem de itens relativamente padronizados nas linhas de produção e nas células de manufatura.

A utilização do *layout* celular transforma as seções e os departamentos em pequenas linhas de produção, onde a integração é feita por meio de um sistema de programação específico, denominado *Kanban*, posteriormente explicado neste trabalho. A administração da produção JIT apresenta particularidades, como o princípio da “manufatura puxada”, com ênfase na utilização de mão-de-obra multifuncional e no balanceamento de linha, destinados a aumentar a flexibilidade e a produtividade das operações.

As atividades de Planejamento e Controle da Produção (PCP) dentro do JIT, segundo GODDARD (1986), seguem a mesma estrutura do PCP tradicional, com pequenas adaptações para absorver as variações de demanda em curtos intervalos de tempo. O plano de produção mensal é alterado para o cumprimento das ordens de fabricação aceitas. Já o plano de produção diário visa o atendimento das alterações de demanda de curto prazo.

O *Just-In-Time* mantém centralizado o macroplanejamento, descentralizando o controle da produção ao nível da fábrica, que está apoiado no *Kanban*. Apenas o último estágio do processo produtivo (geralmente, a montagem final) recebe a seqüência detalhada da produção. Baseado no *Kanban* e nesta seqüência, este estágio se dirige aos processos precedentes e faz a retirada dos itens necessários. São utilizados algoritmos heurísticos no seqüenciamento dos modelos para a programação diária da produção.

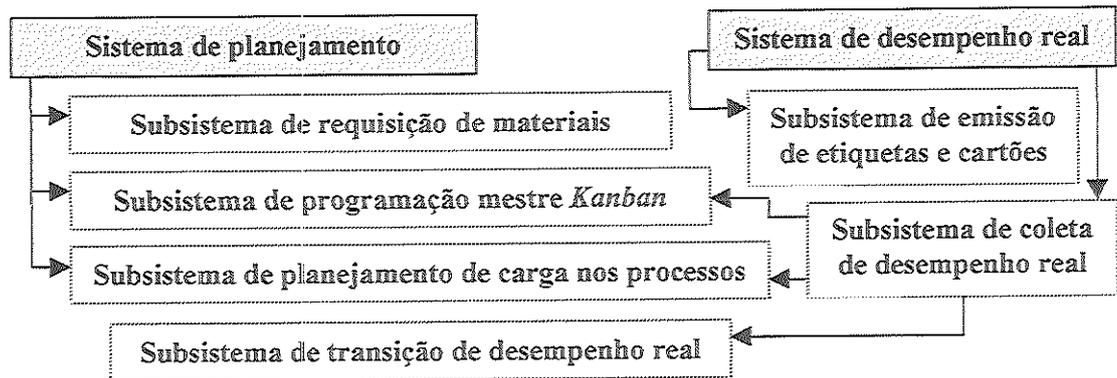


FIGURA 5 - O sistema de planejamento da produção Toyota. Fonte: MONDEN (1984).

O nivelamento ou amaciamento da programação da produção (*Heijunka*) pressupõe a manutenção do *mix* e do volume de produção ao longo de um intervalo de tempo. A programação nivelada busca a equalização do *mix* de produtos fabricados diariamente, auxiliando o sistema de manufatura a responder às variações de demanda de curto prazo. A lógica do nivelamento da produção é a adequação da demanda esperada às possibilidades e restrições do sistema produtivo, acomodando pequenas variações de demanda de curto prazo. A figura 6 mostra a diferença entre a programação tradicional e a programação nivelada.

A produção em grandes lotes, segundo a concepção *Just-In-Case*, causa a elevação dos níveis de estoques em processo e o “congelamento” da produção em situações em que a demanda final é variável, acarretando o aumento dos estoques de produtos acabados. No *Just-In-Time*, a flexibilidade das unidades produtivas é buscada através do processamento de lotes menores, reduzindo os níveis globais de estoques em processo e regulando o ritmo da produção em função das oscilações da demanda. A simplificação das atividades de planejamento e programação propicia um controle transparente em cada estágio produtivo.

O nivelamento da produção pressupõe a redução dos tempos envolvidos nos processos, principalmente os tempos de fila e preparação dos equipamentos. A técnica de programação nivelada envolve duas fases:

- (1) A programação mensal, que adapta a produção mensal às variações de demanda durante o período de planejamento de longo prazo, variando de seis a doze meses. Expressa o programa mestre em termos da quantidade de produtos finais a serem fabricados a cada mês e dos níveis médios de produção diária de cada estágio produtivo. A programação mensal faz a distribuição homogênea da produção agregada a cada dia, ao longo do mês.

(2) A programação diária, cuja função é a adaptação da produção diária às variações de demanda durante o mês corrente. Visa a distribuição homogênea da produção mensal de cada produto a cada dia, ao longo do mês.

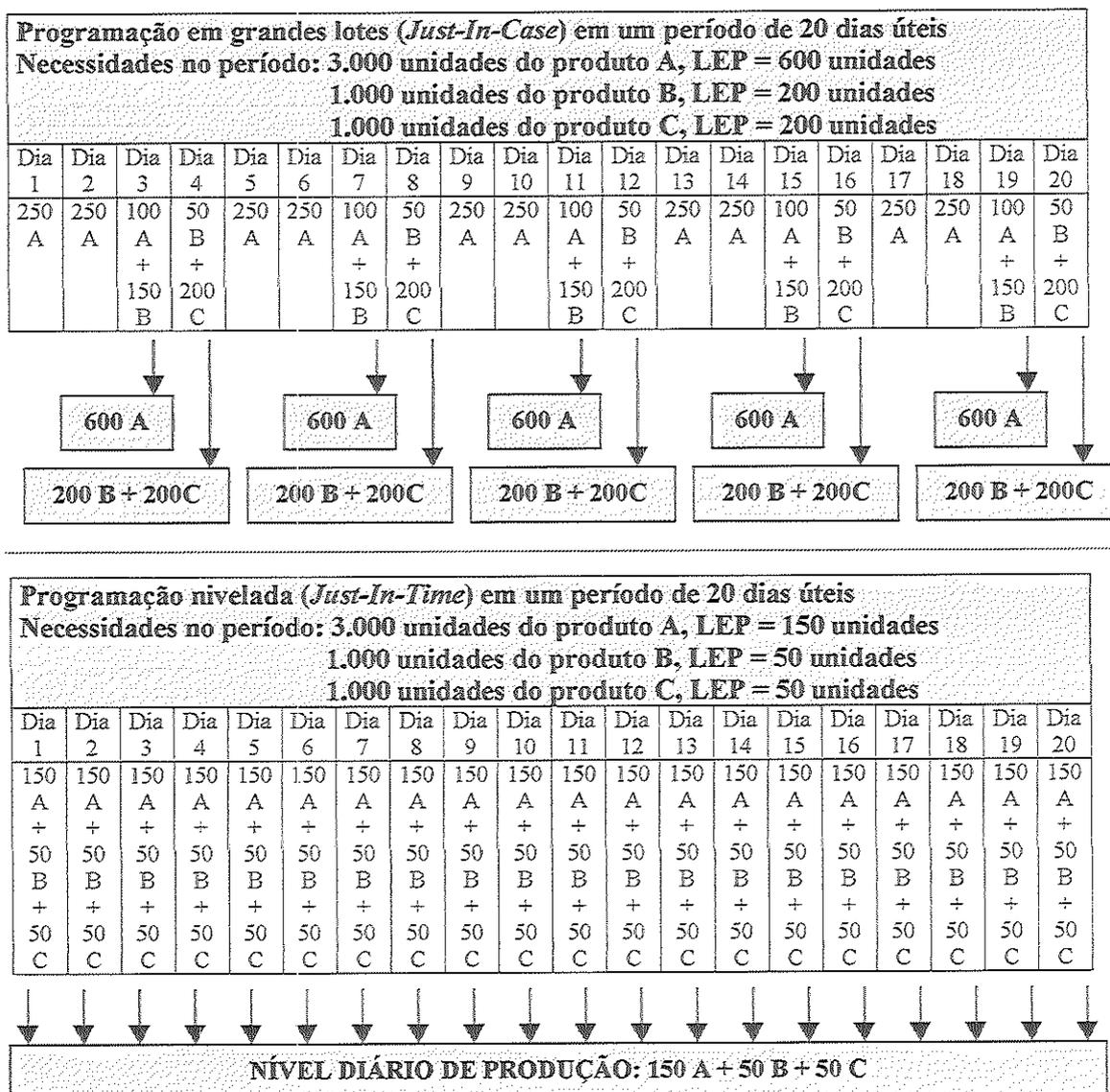


FIGURA 6 - A comparação entre a programação tradicional e a nivelada.

Fonte: SLACK et al. (1997).

O planejamento voltado ao nivelamento da produção é baseado em previsões mensais de demanda. O horizonte de planejamento no *Just-In-Time* possui, em geral, a duração de três meses e depende das incertezas associadas à demanda e aos *leadtimes* de

produção. A redução dos *leadtimes* de disponibilização dos produtos propicia o encurtamento do horizonte de planejamento, conferindo maior segurança às previsões.

O horizonte de planejamento trimestral proporciona a sugestão do *mix* de produção com aproximadamente dois meses de antecedência, sendo que o plano detalhado pode ser fixado com um mês de antecedência em relação ao mês corrente. Os programas diários podem então ser definidos a partir deste programa mestre mensal.

O princípio da programação nivelada pode ser ampliado para que se tenha um *mix* repetitivo de itens manufaturados. Esta condição é conseguida através do conceito de modelos mesclados na montagem final dos produtos. Os cálculos de utilização de modelos mesclados são mostrados através de um exemplo simples, que enfatiza a fabricação em um fluxo estável e contínuo. Os tempos de manufatura de cada produto não são idênticos, acarretando desigualdades nas taxas de produção.

Exemplo: A determinação do *mix* repetitivo de produção (modelos mesclados).

(1) Demanda mensal dos produtos, calculada em 20 dias úteis:

Produto A = 1.920 unidades

Produto B = 1.200 unidades

Produto C = 960 unidades

(2) Turno de produção: 8,0 horas/dia

(3) Cálculo do tempo de ciclo de cada produto, onde $T_c = (\text{tempo disponível para o processamento}) / (\text{quantidade a ser processada})$

(a) $T_{cA} = (20 \text{ dias} \cdot 8,0 \text{ horas/dia} \cdot 60 \text{ minutos/hora}) / (1.920 \text{ unidades}) = 5 \text{ min/unidade.}$

(b) $T_{cB} = (20 \text{ dias} \cdot 8,0 \text{ horas/dia} \cdot 60 \text{ minutos/hora}) / (1.200 \text{ unidades}) = 8 \text{ min/unidade.}$

(c) $T_{cC} = (20 \text{ dias} \cdot 8,0 \text{ horas/dia} \cdot 60 \text{ minutos/hora}) / (960 \text{ unidades}) = 10 \text{ min/unidade.}$

O estágio produtivo em questão deve produzir uma unidade do produto A a cada cinco minutos, uma unidade do produto B a cada oito minutos e uma unidade do produto C a cada dez minutos. Determinando-se o mínimo múltiplo comum entre 5, 8 e 10 tem-se que:

(1) A taxa de produção do produto A é de 8 unidades a cada 40 minutos.

(2) A taxa de produção do produto B é de 5 unidades a cada 40 minutos.

(3) A taxa de produção do produto C é de 4 unidades a cada 40 minutos.

Portanto, o *mix* repetitivo de produção (modelos mesclados) é feito através do seqüenciamento, a cada 40 minutos, de oito unidades do produto A, cinco unidades do produto B e quatro unidades do produto C. Uma possível seqüência, dentre muitas formas de se realizar a alternância dos produtos a serem fabricados, é B-A-C-A..., que se repete a cada 40 minutos, produz um *mix* correto de produtos para satisfazer as necessidades mensais.

O produção configurada a partir de modelos mesclados permite a utilização racional da capacidade produtiva disponível, auferindo ganhos em termos de produtividade e permitindo a melhor utilização dos equipamentos e da mão-de-obra direta.

O conceito de sincronização da produção ajusta a saída (*output*) de cada posto de trabalho, assegurando as mesmas características de fluxo para os itens, na medida em que estes avançam através dos estágios interligados dos processos de fabricação e montagem. O objetivo é sincronizar todos os estágios produtivos segundo a menor velocidade de processamento, relacionada com o estágio que apresenta o maior número de restrições. A sincronização procura reduzir a variabilidade dos intervalos de manufatura dos itens de alto fluxo (repetitivos), produzidos com grande freqüência e de forma regular.

LUBBEN (1989) comenta a utilização do planejamento de produção rotativo para contratos de longo prazo firmados com os clientes, onde cada período de uma semana, correspondente ao *time bucket* mais utilizado no JIT, se torna menos flexível em relação às reprogramações na medida em que o horizonte de planejamento avança mais uma semana.

Os compromissos de longo prazo envolvem o planejamento firme de entregas dos produtos específicos para as primeiras quatro a oito semanas e as entregas planejadas para os três a seis meses subseqüentes. Para o fabricante manter a flexibilidade no atendimento dos requisitos de produção de longo prazo do cliente, é necessário que tanto o fabricante quanto os fornecedores trabalhem a partir do planejamento e das previsões de demanda do cliente.

As reprogramações devem ser feitas de maneira a não introduzir grandes desvios no ritmo e nos ciclos de produção do sistema de manufatura. A prioridade máxima do Planejamento e Controle da Produção (PCP) é a resposta rápida às variações de demanda, adequando a quantidade de modelos dentro dos níveis diários de produção. O conceito de nivelamento proporciona a continuidade do fluxo produtivo, baseado no seqüenciamento do *mix* de produtos e no conceito de tempo de ciclo de manufatura de cada produto.

De acordo com GODDARD (1986), algumas empresas ocidentais, que possuem suas operações baseadas no *Just-In-Time*, não abandonaram o sistema MRP II. Os módulos foram adaptados ou trocados por outros subsistemas JIT mais eficientes e o MRP II é então utilizado como ferramenta de planejamento e simulação das atividades de produção.

A administração da manufatura assegura a minimização dos estoques em processo e a utilização de recursos somente quando estes forem estritamente necessários, aumentando o desempenho dos processos de produção. O pressuposto da função PCP na filosofia de manufatura *Just-In-Time* é a simplificação das atividades de manufatura através do processamento de volumes fixos dos itens em dado período de tempo. A adoção de contratos de longo prazo com os principais clientes permite ao fabricante comprometer recursos e otimizar os processos de produção.

2.4.1 - O sistema *Kanban* e a manufatura *Just-In-Time*

O *Kanban* é um sistema de informações, controle e coordenação da produção e do suprimento de materiais no piso de fábrica. É baseado na “manufatura puxada”, no controle de estoques FIFO (*First-In, First-Out*) e na manutenção de mínimos níveis de estoques. O *Kanban* é o mecanismo que viabiliza a manufatura *Just-In-Time* no piso de fábrica.

Como notação neste trabalho, a palavra *Kanban* (com inicial maiúscula) é utilizada para se fazer referência ao sistema de controle da produção e materiais do *Just-In-Time*. Conseqüentemente, a palavra *kanban* (com inicial minúscula) diz respeito à ferramenta de controle, ao “registro visível” e que geralmente é visto sob a forma de cartão.

Para MONDEN (1984), o *Kanban* pode ser resumido como uma ferramenta para se obter a produção no tempo exato. Já LUBBEN (1989) o define como um mecanismo através do qual um posto de trabalho informa sua necessidade para um posto de trabalho precedente.

De acordo com SACOMANO (1990), no JIT todos os processos e áreas são mantidos em um estado em que não haja excesso e se um problema não é solucionado, a linha de produção ou montagem pára imediatamente. A necessidade de melhorias pode então ser finalmente atendida por qualquer pessoa integrada ao sistema. O empenho é para se manter um local de trabalho onde não só gerentes e encarregados, mas também todos os

operários possam detectar e resolver problemas. Isto é chamado de controle visual. Portanto, o *Kanban* é a modalidade de sistema de controle visual mais importante e fundamental à manufatura *Just-In-Time*.

A “manufatura puxada”, que representa um dos pressupostos básicos do *Just-In-Time*, fundamenta-se no princípio de que não deve haver o processamento de um pedido até a sua real solicitação por um estágio ou operação subsequente no fluxo de produção. A demanda é sempre gerada a partir do estágio subsequente, que coordena a fabricação de unidades no estágio precedente, sempre na proporção de consumo real. O estágio subsequente (estágio “consumidor”) de um processo não somente deve disparar a produção no estágio precedente (estágio “fornecedor”), como também preparar este estágio para a requisição sequencial de materiais ou itens de outros estágios precedentes.

SCHONBERGER (1987) aponta que o *Kanban* é essencialmente um sistema de informações, que controla harmoniosamente as quantidades manufaturadas em todas as fases dos processos produtivos. Deve, obrigatoriamente, pertencer a um sistema de “manufatura puxada”, como o *Just-In-Time*. A explicação reside na própria vantagem em utilizar este subsistema JIT: nos sistemas tradicionais *Just-In-Case*, o tempo de resposta às oscilações de demanda é relativamente alto e, neste contexto, de nada adiantaria utilizar o *Kanban*, pois o atendimento da demanda, com a máxima rapidez, ficaria inviabilizado devido à manutenção de altos níveis de estoques em processo, comprometendo o controle visual da manufatura.

O termo “subsistema da manufatura *Just-In-Time*”, em referência ao *Kanban*, é explicado por ESCRIVÃO FILHO (1987), argumentando que ainda que o *Kanban* seja implantado, isto não garante a produção *Just-In-Time*, visto que outros subsistemas e conceitos também devem ser implantados, como a polivalência da mão-de-obra, o *layout* celular e a redução do tempo de trocas de ferramentas, dentre outros. O *Kanban*, portanto, não deve ser implementado em sistemas de “manufatura empurrada” por não contribuir para a redução dos estoques em processo e para a suavização do fluxo de produção.

Há dois tipos de *Kanban* utilizados pelas empresas como sistemas de controle de materiais e informações. O primeiro, denominado de *Kanban* Interno é utilizado entre dois postos de trabalho interligados dentro da mesma planta fabril para controlar o fluxo de informações e materiais entre os processos produtivos. Já o *Kanban* Externo (*Kanban* de Fornecedores ou *Kanban* de Clientes) é usado para efetivar o suprimento *Just-In-Time*

através do regime de parceria entre o fabricante e seus fornecedores ou entre o fabricante e seus clientes, atuando diretamente nas operações de suprimento de materiais e produtos.

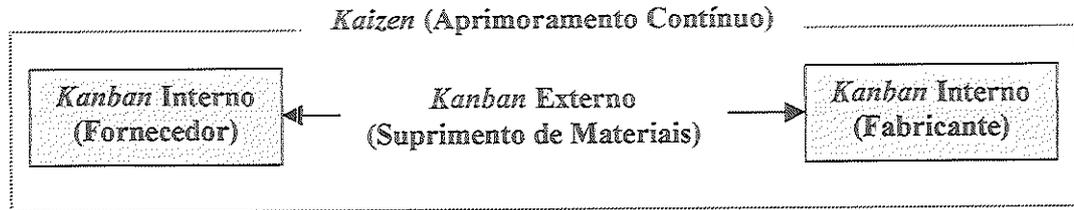


FIGURA 7 - O *Kanban* Interno, o *Kanban* de Fornecedores e o *Kaizen*.

O funcionamento do *Kanban* Interno é baseado em dois cartões: o *kanban* de requisição (*kanban* de transporte ou *kanban* de movimentação) e o *kanban* de produção (*kanban* de ordem de produção).

O *kanban* de requisição é usado para informar ao estágio precedente que dada quantidade de um item pode ser retirada do ponto de estoque e transferido para uma destinação específica. SACOMANO (1990) comenta que este *kanban* detalha a quantidade de material que o estágio subsequente deve levar do ponto de estoque do estágio precedente.

O *kanban* de requisição autoriza a movimentação dos itens processados pela fábrica, do centro “produtor” para o centro “consumidor”. Este *kanban* traz informações como o número e a descrição do item, o tamanho do lote a ser movimentado (que é idêntico ao tamanho do lote especificado pelo *kanban* de produção), o centro de produção de origem, o ponto de estoque de material do estágio precedente e o centro de produção de destino.

Nº da prateleira de estoque: SE 215	Processo precedente: Forjaria B-2
Abreviação do item: A2-15	
Nº do item: 35 670 507	Processo subsequente: Usinagem M-6
Nome do item: Pinhão da direção	
Tipo de carro: SX 50 BC	
Capacidade da caixa: 20	
Tipo de caixa: B	
Nº de emissão: 4/8	

FIGURA 8 - O *kanban* de requisição. Fonte: MONDEN (1984).

O *kanban* de produção é um sinal para que um determinado estágio do processo produtivo inicie o processamento de certa quantidade de um item para que este seja colocado

em disponibilidade no seu ponto de estoque. SACOMANO (1990) salienta que este *kanban* determina a quantidade de material que o estágio precedente deve produzir.

O *kanban* de produção dispara a produção de um pequeno lote de itens em um centro de produção da fábrica. As informações contidas neste *kanban* incluem o número e a descrição do item, o tamanho do lote a ser produzido, o centro de produção, o local de armazenagem, a descrição do processo e os materiais necessários à fabricação do item.

Nº da prateleira de estoque: F 26-18	Processo: Usinagem SB-8
Abreviação do item: A5-34	
Nº do item: 56 790 321	
Nome do item: Virabrequim	
Tipo de carro: SX 50 BC - 150	
Capacidade da caixa: 20	
Tipo de caixa: B	
Nº de emissão: 4/8	

FIGURA 9 - O *kanban* de produção. Fonte: MONDEN (1984).

O princípio de funcionamento dos *kanbans* é sempre o mesmo: o recebimento de um *kanban* dispara o transporte ou a produção de uma quantidade ou de um *container* padronizado de materiais em um estágio do processo. Os *kanbans* são apenas meios através dos quais o transporte, a produção ou o fornecimento dos materiais podem ser autorizados.

O *kanban*, obrigatoriamente, deve ser um sinal visível para o exercício do “controle puxado” no piso de fábrica. Neste contexto, o *kanban* pode não ter a representação física de um cartão. Uma forma alternativa são as “áreas *kanbans*”, que são espaços demarcados no *layout* fabril, onde são armazenados os *containers* de materiais: a existência de um espaço vazio no estágio subsequente dispara a produção de um *container* no estágio precedente.

O funcionamento do *Kanban* Interno de dois cartões e do *Kanban* Interno de cartão único estão baseados nos trabalhos de MONDEN (1984) e MOURA (1996).

Para o funcionamento do *Kanban* Interno de dois cartões são usados o *kanban* de requisição e o *kanban* de produção. O sistema de duplo cartão é mais adequado para o controle do fluxo de materiais nas situações em que o número de diferentes itens produzidos, por cada estágio do processo é relativamente alto. O funcionamento é baseado no fluxo de materiais e informações entre os estágios precedentes e os estágios subsequentes.

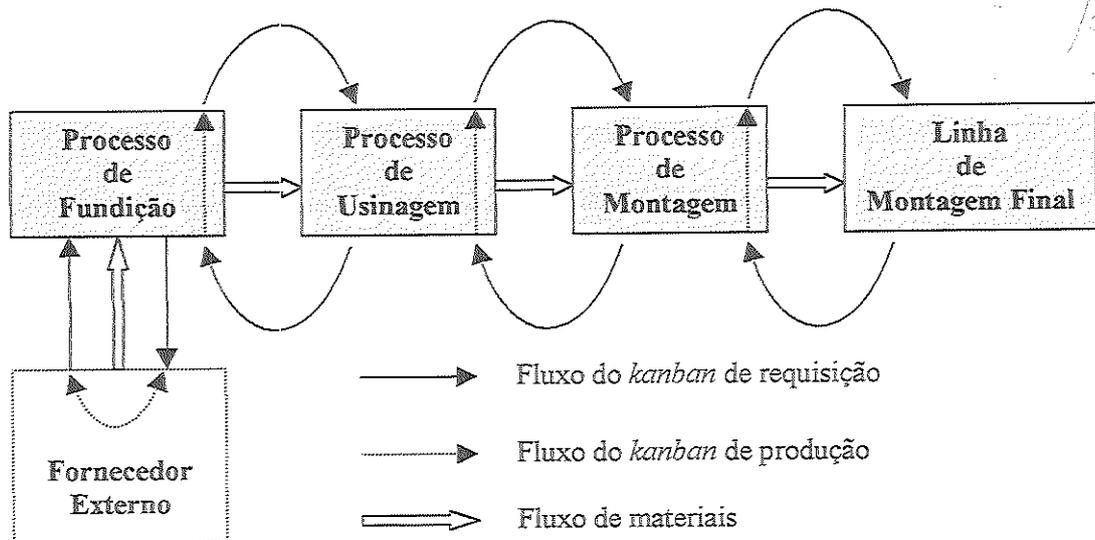


FIGURA 10 - A sistemática de funcionamento do *Kanban*. Fonte: MONDEN (1984).

A sistemática de utilização dos *kanbans* de requisição e dos *kanbans* de produção está baseada nas seguintes etapas:

- (1) O operador ou o abastecedor do estágio subsequente se dirige ao estágio precedente com o número de *kanbans* de requisição e com os *containers* vazios necessários à retirada dos materiais. O funcionário executa esta operação em horários regularmente estabelecidos ou quando um número predeterminado de *kanbans* se acumular no quadro de *kanbans* de requisição.
- (2) Assim que o operador ou o abastecedor do estágio subsequente retirar os *containers* de materiais presentes no ponto de armazenagem do estágio precedente, os *kanbans* de produção são destacados dos *containers* e colocados no quadro de *kanbans* de produção. Os *containers* vazios também são colocados em um local previamente designado no estágio precedente para serem completados com os materiais que serão processados.
- (3) Para cada *kanban* de produção que o operador ou o abastecedor do estágio subsequente destacar dos *containers*, é anexado um respectivo *kanban* de requisição. A consistência dos *kanbans* é sempre verificada no momento da permuta.
- (4) Quando o trabalho é iniciado no estágio subsequente, o *kanban* de requisição afixado no *container* deve ser retirado e colocado no respectivo quadro de *kanbans*.
- (5) No estágio precedente, o *kanban* de produção deve ser coletado no quadro de *kanbans* de produção, em determinados horários ou quando um certo número de itens forem completamente processados.
- (6) A produção de itens no estágio precedente é feita de acordo com a seqüência dos *kanbans* de produção colocados no quadro de *kanbans*.

- (7) Os *containers* e o *kanbans* sempre devem se mover em conjunto após o processamento.
- (8) Quando a quantidade dos itens forem completados no estágio precedente, os *containers* e os respectivos *kanbans* de produção afixados são colocados no ponto do estoque deste estágio permitindo, desta forma, que o estágio subsequente possa retirá-los a qualquer momento, assim que os itens forem necessários.
- (9) Portanto, os dois tipos de *kanbans* coexistem em muitos processos precedentes, que devem receber os *containers* no momento e nas quantidades necessárias. Deste modo, a “corrente de *kanbans*” auxilia o balanceamento das linhas de produção de acordo com os tempos de ciclo predefinidos.

As principais regras do *Kanban*, que devem ser seguidas para a viabilização da produção *Just-In-Time*, são:

- (1) O estágio subsequente deve retirar no estágio precedente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário. Neste sentido, qualquer retirada de material sem um respectivo *kanban* de requisição é proibida. O *kanban* de requisição sempre deve ser afixado ao *container* para que este possa ser movimentado. Nenhuma retirada deve ser feita se o número de *kanbans* de requisição for menor que o estipulado pelos mesmos. Esta regra pressupõe a sincronização e o nivelamento da produção.
- (2) O estágio precedente deve processar os itens nas quantidades requisitadas pelo estágio subsequente. A observação desta e da regra anterior garante o balanceamento do tempo de produção e a suavização dos processos, assegurando a redução dos estoques em processo. Assim, a produção superior ao número de *kanbans* é terminantemente proibida e o processamento de itens no estágio precedente deve seguir a seqüência original em que cada *kanban* foi colocado no quadro de *kanbans* de produção.
- (3) Os itens defeituosos não devem ser disponibilizados para consumo no estágio subsequente. Deste modo, as operações com problemas devem ser eliminadas para assegurar as freqüentes retiradas de materiais do estágio precedente. O princípio da automação é essencial para evitar a propagação dos defeitos de manufatura.
- (4) O número de *kanbans* deve ser minimizado para visualizar os problemas e promover o aprimoramento contínuo. As paradas de linha rapidamente geram ações de melhorias para solucionar os problemas de qualidade e confiabilidade dos equipamentos.
- (5) O *Kanban* é utilizado para se obter a adaptação da manufatura às pequenas flutuações na demanda dos produtos acabados. Este princípio é denominado de auto-sincronismo da produção e visa aumentar a flexibilidade de resposta dos processos de manufatura.

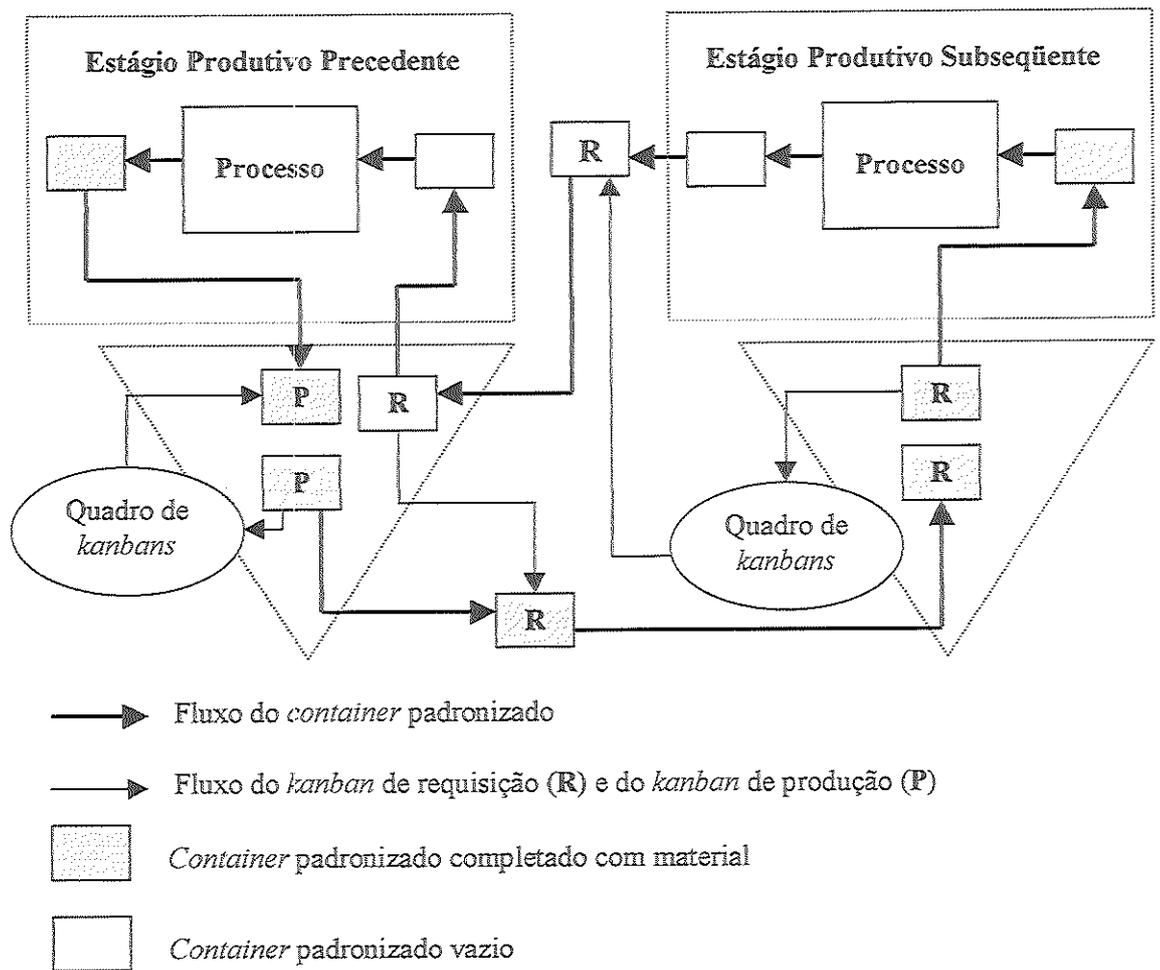


FIGURA 11 - O esquema de funcionamento do *Kanban* Interno de dois cartões.

O *Kanban* Interno de cartão único é baseado somente no ciclo do *kanban* de requisição, mostrado na figura 10. No sistema cartão único existe um *leadtime* considerável entre a retirada de um *container* do ponto de estoque de material em processo pelo estágio subseqüente e o processamento de um outro *container* de itens no estágio precedente. A presença deste tempo de espera configuraria um contraponto à produção JIT: não existiria a perfeita sincronização entre os estágios produtivos, pois somente o suprimento de material ao estágio subseqüente seria *Just-In-Time*.

No *Kanban* Interno de cartão único, o processamento de material no estágio precedente é dependente do *feedback* não imediato do estágio subseqüente. Então, os materiais são processados nos estágios produtivos com base em um programa diário de produção fornecido à última etapa de processamento, geralmente a montagem final. O

processamento dos itens não deve ser iniciado até que a quantidade final a ser produzida tenha sido especificada ao início da linha de produção.

A proximidade física entre os estágios produtivos é um pré-requisito ao uso do *Kanban* Interno de cartão único. É um modelo simples, que se adapta ao controle dos materiais em processo nas células de manufatura e nos postos de trabalho interligados.

MONDEN (1984) comenta a existência de outra modalidade de *Kanban* Interno, denominado de *Kanban* Triangular. O seu funcionamento é baseado nos ciclos fechados do *kanban* triangular e do *kanban* de requisição de matéria-prima. A finalidade do *kanban* triangular é autorizar o estágio produtivo precedente a produção de determinada quantidade de um material. A autorização de fabricação é feita somente quando o nível de estoque atingir o ponto de encomenda deste material. As informações que constam no *kanban* triangular são a delimitação e a quantidade do ponto de pedido, o lote econômico de produção, o código e a descrição do item, o estágio produtivo precedente e a área destinada ao estoque do material no estágio subsequente.

O *kanban* de requisição de matéria-prima autoriza o estágio precedente a requisitar a quantidade exata de material para a produção do lote consumido pelo estágio subsequente do processo produtivo. Já o *kanban* triangular autoriza o estágio produtivo precedente a produzir o lote de material correspondente a todo o estoque *kanban* que se encontra armazenado no estágio subsequente do processo produtivo. Esta quantidade de material é correspondente ao lote econômico de produção. A retirada do *kanban* triangular evidencia o ponto de encomenda, onde a solicitação do material é feita pelo envio do *kanban* triangular ao estágio anterior.

O *kanban* de requisição de matéria-prima é enviado ao estágio precedente para autorizar a retirada de matéria-prima de um ponto de estoque (almoxarifado ou outro estágio produtivo) para a fabricação do lote econômico de produção do material para o suprimento ao estágio subsequente. A posição do *kanban* de requisição de matéria-prima indica o nível do estoque de segurança, que garante a autonomia do material até a chegada do novo lote.

O *Kanban* Interno exige que os estágios precedentes executem o processamento dos itens de acordo com tempos de transferência e preparação dos equipamentos muito

curtos, além de reduzidos lotes de produção. De acordo com SHINGO (1996), o *Kanban* é usado como técnica de coordenação, devendo satisfazer as seguintes prioridades:

- (1) Indicar claramente as informações relacionadas à manufatura.
- (2) Controlar a quantidade de bens que atravessa a produção.
- (3) Possibilitar uma resposta mais flexível às variações de demanda.
- (4) Simplificar as instruções de processamento através do controle visual.
- (5) Controlar e responder às mudanças de carregamento dos equipamentos.
- (6) Localizar e resolver os problemas através do controle do número de *kanbans* emitidos.

O *Kanban* ajusta o volume de produção conforme a inclusão ou retirada dos cartões dos estágios produtivos, que representam as unidades de trabalho em processo. Os níveis de qualidade dos produtos e dos processos podem ser eficientemente alterados e monitorados pela inclusão de *kanbans*. Através deste procedimento, à medida que mais *kanbans* são incluídos, pode haver uma deterioração dos níveis de qualidade. Neste momento, a causa do problema de produção que ocasionou a queda de qualidade deve ser eliminada. Este processo é repetido até que os níveis requeridos de qualidade e produtividade para o processo sejam alcançados.

OHNO (1988) descreve o funcionamento do *Kanban* na Toyota. A montagem de componentes, a usinagem, o forjamento e as outras operações que alimentam o fluxo de produção são organizadas e sincronizadas à linha de montagem final. As principais observações referentes a este modelo são:

- (1) Somente o plano diário de instruções de montagem é emitido para a montagem final.
- (2) Na linha de montagem, um *kanban* de um *container* de componentes é removido e colocado em um quadro de *kanbans*, iniciando a utilização dos componentes.
- (3) O *kanban* removido é imediatamente enviado para a linha de processamento. Um item forjado é removido de um *container* e processado em uma linha com fluxo contínuo de fabricação. Quando o item requisitado estiver completamente pronto, este é colocado em um *container* e o *kanban* é afixado. O *container* é enviado para a linha de montagem.
- (4) Outras transações semelhantes ocorrem entre a montagem e o departamento de forjamento. Os *kanbans* são os veículos de informações entre as áreas produtivas.

Em um sistema com as características do *Kanban*, a participação e o envolvimento dos empregados são fundamentais. As pessoas devem ser treinadas em seu funcionamento, bem como nas providências que devem tomar no caso de serem detectadas anormalidades no

sistema. A atribuição mais árdua na implementação do *Just-In-Time/Kanban* é a consecução do comprometimento pessoal em relação aos objetivos da organização. O aspecto comportamental na programação de uma empresa que utiliza o *Kanban* assume um caráter decisivo para o seu sucesso.

A técnica de *Kanban*, assim como outras ferramentas, procedimentos e princípios do *Just-In-Time*, pressupõe a convivência harmoniosa e sinérgica entre os empregados e a administração da empresa, de tal forma que ambas as partes obtenham vantagens vinculadas a um relacionamento mutuamente benéfico. Este modelo comportamental é conhecido como “ganha-ganha”, em oposição ao modelo “perde-ganha”, onde uma das partes ganha e a outra sempre perde.

O *Kanban* Interno fornece um método transparente e simples de solicitação de materiais somente quando necessário e de limitação dos estoques que poderiam se acumular entre os estágios produtivos. O número de *kanbans* que são colocados nos ciclos entre os centros de trabalho, geralmente é igual ao número de *containers* no sistema, representando o nível de estoque que pode ser acumulado. A retirada de um *kanban* do ciclo tem o efeito de redução do estoque de material em processo, favorecendo as atividades de aprimoramento.

2.4.1.1 - O dimensionamento do *Kanban* Interno

A metodologia para o dimensionamento do *Kanban* Interno de dois cartões e de cartão único é baseada nos trabalhos de MONDEN (1984) e MOURA (1996). O *Kanban* Interno e o *Kanban* Externo estão apoiados em dois sistemas de requisição de materiais:

- (1) O sistema de ciclo não-constante e com quantidade constante.
- (2) O sistema de ciclo constante e com quantidade não-constante.

O sistema de ciclo não-constante é baseado no princípio de que uma quantidade pré-determinada e fixa é sempre requisitada quando o nível de estoque se aproximar do ponto de pedido, correspondente à demanda esperada do material durante o tempo de processamento ou o tempo de espera. Este sistema é mais usado no *Kanban* Interno, onde os *leadtimes* compreendidos entre o processo produtivo e o transporte dos materiais são muito curtos. A redução destes *leadtimes* está ligada à otimização do tamanho dos lotes e dos

tempos de preparação dos equipamentos. O tamanho do lote não é freqüentemente alterado e apenas o ponto de pedido é mudado devido às variações na demanda do item.

No sistema de ciclo constante, o nível de estoque é examinado a cada pedido do material. A quantidade consumida (e que deve ser requisitada) sempre necessita ser subtraída do nível de estoque máximo do material. Este sistema pode ser utilizado tanto no *Kanban* Interno como no *Kanban* Externo, devido à sua eficiência no controle dos estoques dos materiais. No *Kanban* Externo, é usado devido à distância entre o fabricante e o fornecedor, pois o *leadtime* total (incluindo o tempo de transporte) é muito longo e o uso do sistema de ciclo não-constante poderia ocasionar problemas no suprimento dos materiais.

No *Kanban* Interno de dois cartões baseado no sistema de ciclo não-constante, o número total de *kanbans* é calculado através da eq.(1).

$$n = (D_d \cdot T_e) \cdot (1 + a) / A \quad (1)$$

Onde:

- n é o número total de *kanbans*.
- D_d é a demanda diária do material.
- T_e é o tempo de espera.
- a é o fator de segurança relacionado ao estoque amortecedor.
- A é a capacidade do *container* padronizado.

O sistema de ciclo constante também é utilizado no *Kanban* Interno está apoiado em algumas equações mostradas a seguir.

$$E_m = [D_d \cdot (C_p + T_e)] + E_s \quad (2)$$

Onde:

- E_m é o nível de estoque máximo.
- D_d é a demanda diária do material no estágio produtivo subsequente.
- C_p é o ciclo do pedido do material ao estágio produtivo precedente.
- T_e é o tempo de espera.
- E_s é o estoque de segurança do material.

O ciclo do pedido (C_p) é o intervalo de tempo entre dois pedidos consecutivos de material. O tempo de espera, representado pelo estoque de segurança (E_s), é o tempo compreendido entre o pedido e o recebimento do material. A soma de C_p e E_s é definida como o tempo de espera total para reabastecimento.

$$C_p = LEP / D_d \quad (3)$$

Onde:

- C_p é o ciclo do pedido do material.
- LEP é o lote econômico de produção.
- D_d é a demanda diária do material.

A eq.(4) é referente ao cálculo do lote econômico de produção do material, adaptada de MONKS (1987).

$$LEP = \{(2 \cdot C_p \cdot D) / C_e \cdot [1 - (D/P)]\}^{0.5} \quad (4)$$

Onde:

LEP é o lote econômico de produção.

- C_p é o custo do pedido do material ao estágio produtivo anterior.
- D é a demanda do material em dado período de tempo.
- C_e é o custo de manutenção do estoque em dado período de tempo.
- P é o nível de produção do material em dado período de tempo.

A quantidade de pedidos para o material é calculada através da eq.(5).

$$QP = E_m - E_a = n_k \cdot A \quad (5)$$

Onde:

- QP é a quantidade de pedidos para o material.
- E_m é o nível de estoque máximo do material.
- E_a é o nível de estoque mínimo do material.
- n_k é o número de *kanbans* usados na retirada de materiais do estágio precedente.
- A é a capacidade do *container* padronizado.

No sistema de ciclo constante, o número de *kanbans* é calculado a partir da eq.(6).

$$n = D_d \cdot (C_p + T_e + a) / A \quad (6)$$

Onde:

- n é o número de *kanbans*.
- D_d é a demanda diária do material.
- C_p é o ciclo do pedido do material ao estágio produtivo precedente.

- T_e é o tempo de espera.
- a é o fator de segurança relacionado ao estoque amortecedor.
- A é a capacidade do *container* padronizado.

O tempo de espera (T_e) é calculado pela eq.(7).

$$T_e = T_p + T_{es} + T_t + T_{ck} \quad (7)$$

Onde:

- T_e é o tempo de espera.
- T_p é o tempo de processamento.
- T_{es} é o tempo de espera do equipamento (tempos de *setup* e *stand-by*).
- T_t é o tempo de transporte do material.
- T_{ck} é o tempo de coleta de *kanbans*.

Analisando-se a eq.(6) e a eq.(7), tem-se que:

- (1) O ciclo do pedido (C_p) é o intervalo de tempo em dias entre a execução do pedido de produção pelo estágio precedente e a execução do próximo pedido pelo estágio subsequente do processo produtivo. C_p é o próprio ciclo do *kanban* de requisição.
- (2) O tempo de processamento (T_p) é o intervalo de tempo em dias entre a entrega do pedido e a finalização da produção do material. T_p corresponde ao número de *kanbans*, ou seja, ao estoque de material em processo entre dois estágios adjacentes.
- (3) O tempo de coleta de *kanbans* (T_{ck}) é o intervalo de tempo em dias entre a coleta dos *kanbans* usados no estágio subsequente e a colocação do pedido no estágio precedente.
- (4) O fator de segurança (a) é correspondente ao nível de estoque excedente mantido no estágio precedente. Para a determinação deste estoque é necessária a estimativa das probabilidades de ocorrência de problemas no processo produtivo do estágio precedente.

No *Just-In-Time*, o elevado nível de estoque é considerado a origem de todas as perdas nos processos produtivos. O procedimento adotado é a manutenção do número de *kanbans* mesmo quando a demanda diária aumenta. Neste caso, o tempo de espera (T_e) deve ser reduzido para que não ocorra uma diminuição da produtividade, o que acarretaria a falta do material. No *Kanban*, a eficiência é aumentada pela correção rápida dos problemas, detectados pela visualização de estoques de segurança elevados, que indicam a necessidade de realização de melhoramentos operacionais.

O cálculo do número de *kanbans* de requisição e de *kanbans* de produção no *Kanban* Interno de dois cartões, baseado no sistema de ciclo não-constante, é descrito a seguir. O número de *kanbans* em cada estágio produtivo depende da natureza do trabalho realizado. As taxas de produção, os tempos de *setup* e o número de itens por *container* são as principais variáveis das equações para o cálculo do número de *kanbans* em cada estágio.

$$n = D \cdot T \cdot (1 + e) / A \quad (8)$$

Onde:

- n é o número de *kanbans* de requisição ou número de *kanbans* de produção.
- D é o produção diária média planejada para o estágio produtivo subsequente.
- T é o tempo médio para a preparação da máquina (para *kanbans* de produção) ou para a movimentação do *container* padronizado (para *kanbans* de requisição), expresso em dias.
- e é o valor representativo da ineficiência do centro de trabalho (para *kanbans* de produção) ou do nível de estoque de segurança (para *kanbans* de requisição).
- A é a capacidade do *container* padronizado.

Exemplo 1: Um estágio produtivo de uma fábrica que trabalha oito horas por dia está produzindo um item a cada 30 segundos usando, em média, 15 minutos por dia com *setup*, movimentação de materiais e outros. A ineficiência do estágio está avaliada em 6% e a capacidade do *container* é de 4 itens. O número de *kanbans* é calculado como se segue.

Dados:

$$D = \text{tempo disponível/tempo de ciclo} = 8 \cdot 60/0,5 = 960 \text{ componentes/dia}$$

$$T = \text{tempo de } \textit{setup} \text{ e movimentação} / \text{tempo disponível} = 15/480 = 0,031 \text{ dia}$$

$$e = 0,06$$

$$C = 4 \text{ itens/container}$$

Substituindo os dados na eq.(8), tem-se:

$$n = 960 \cdot (0,031) \cdot (1 + 0,06) / 4 = 7,89$$

O valor de n deve ser arredondado para oito, que representa o número de *kanbans* de produção neste estágio. Mais *kanbans* permitiriam ao estágio trabalhar com certa “folga”, com excesso de estoque em processo. Menos *kanbans* causariam tempo ocioso, devido à falta de itens. Contudo, isto poderia ser interessante, caso o sistema estivesse sofrendo um processo de aprimoramento (*Kaizen*).

Ainda, no caso do *Kanban* Interno de cartão único baseado no sistema de ciclo não-constante, um outro método muito simples para o cálculo do número de *kanbans* para a produção de dado material em um estágio do processo produtivo é detalhado a seguir.

O número de *kanbans* de produção é determinado através da eq.(9).

$$n = D \cdot (T_p + T_e) \cdot (1 + a) / A \quad (9)$$

Onde

- n é o número total de *kanbans* de produção no em um estágio do processo.
- D é a demanda diária do estágio subsequente.
- T_p é o tempo de processamento, definido como o tempo necessário para que um *kanban* de produção complete o ciclo no estágio precedente do processo. T_p é o tempo em porcentagens de um dia para o processamento de um *container* de itens em um dado estágio produtivo.
- T_e é o tempo de espera, definido como o tempo para que um *kanban* de requisição complete o ciclo entre o estágio precedente e o subsequente. T_e é o tempo em porcentagens de um dia para a preparação de um *container* de itens em um estágio produtivo.
- a é o fator de segurança em função da eficiência do centro de trabalho.
- A é a capacidade do *container* padronizado.

A redução do estoque em processo é decorrente, sobretudo, da otimização do tempo de espera (T_e). No ambiente industrial convencional, o tempo de espera é cerca de 40 vezes superior ao tempo de processamento (MOURA, 1996).

Exemplo 2: Os seguintes dados são relativos ao processamento de um item entre dois estágios produtivos interdependentes e adjacentes.

$$D = 200 \text{ itens/dia}$$

$$T_p = 0,20/\text{dia}$$

$$T_e = 0,25/\text{dia}$$

$$a = 10\%$$

$$A = 20 \text{ itens/container}$$

Aplicando-se a eq.(9), tem-se:

$$n = 200 \cdot (0,20 + 0,25) \cdot (1 + 0,10) / 20 = 5 \text{ kanbans de produção}$$

No *Kanban* Interno de dois cartões baseado no sistema de ciclo não-constante é conveniente fazer a análise do número de *kanbans* de requisição e *kanbans* de produção que são necessários às operações de movimentação e processamento, respectivamente.

A partir da decomposição da eq.(9), obtém-se as seguintes equações:

$$n = (D / A) \cdot T_e (1 + a_e) + (D / A) \cdot T_p (1 + a_p) \quad (10)$$

$$n = n_e + n_p \quad (11)$$

$$n_e = (D / A) \cdot T_e (1 + a_e) \quad (12)$$

$$n_p = (D / A) \cdot T_p (1 + a_p) \quad (13)$$

$$D_c = D / A \quad (14)$$

Onde:

- n é o número de *kanbans* (*kanbans* de requisição + *kanbans* de produção).
- D é a demanda diária do estágio subsequente.
- A é a capacidade do *container* padronizado.
- T_e é o tempo de espera.
- T_p é o tempo de processamento.
- a_e é o fator de segurança em função do tempo de espera.
- a_p é o fator de segurança em função do tempo de processamento.
- n_e é o número de *kanbans* de requisição.
- n_p é o número de *kanbans* de produção.
- D_c é a demanda de *containers* padronizados.

Exemplo 3: Um dado item é consumido em um estágio produtivo a razão de 500 unidades por dia. A capacidade do *container* padronizado que acomoda este item é de 25 unidades. O número de *kanbans* de requisição e o número de *kanbans* de produção necessários são calculados como se segue.

$$D = 500 \text{ itens/dia.}$$

$$A = 25 \text{ itens/container.}$$

A demanda de *containers* padronizados é calculada pela eq.(14):

$$D_c = D / A = 500 / 25 = 20 \text{ containers/dia.}$$

A lógica de cálculo do tempo de espera (T_e). Neste exemplo, supõe-se que o operador do estágio subsequente faça a retirada de itens do estágio precedente numa frequência de cinco vezes/dia. Portanto, leva-se 20% do dia para a operação de retirada de

itens do estágio precedente e outros 20% para levar os *kanbans* de volta ao estágio precedente, perfazendo um total de 0,4 dia (40% do dia útil de trabalho). Então, $T_e = 0,4$ dia.

A lógica de cálculo do tempo de processamento (T_p). Neste exemplo, supõe-se que o estágio precedente do processo opera a partir de um plano de produção diário de quatro tipos diferentes de itens. Considerando-se que cada item consoma 25% do tempo de produção disponível neste estágio, tem-se que $T_p = 0,25$ dia (25% do dia útil de trabalho).

Admite-se, ainda, que a_e e a_p são iguais a zero, ou seja, não existe a preocupação com os tempos de preparação dos estágios produtivos adjacentes. Aplicando-se a eq.(12), a eq.(13) e eq.(11), respectivamente, tem-se:

$$n_e = (500 / 25) \cdot 0,4 (1 + 0) = 8 \text{ kanbans de requisição}$$

$$n_p = (500 / 25) \cdot 0,25 (1 + 0) = 5 \text{ kanbans de produção}$$

$$n = 8 + 5 = 13 \text{ kanbans (número total de kanbans)}$$

Uma metodologia prática de “tentativa e erro” deve ser aplicada pelos supervisores do piso da fábrica como fator de motivação. Quando se reduz drasticamente o número de *kanbans*, o que acarreta a conseqüente diminuição dos níveis de estoque de segurança entre os estágios produtivos, a autonomia de material fica muito pequena, desmotivando os trabalhadores a manter esta condição de trabalho.

Em contrapartida, se o nível do estoque de segurança for muito elevado, ocorre a aceitação natural dos desperdícios de processo e, nesta situação, a mão-de-obra também ficaria desmotivada com a manutenção deste *status quo*. Portanto, do ponto de vista motivacional, o nível de estoque de segurança considerado ideal é “apertado e severo”, mas que pode ser praticado para a melhoria da eficiência através da resolução contínua dos problemas inerentes ao processo produtivo. O estímulo permanente dos supervisores de produção é imprescindível à realização de melhorias pelos operadores de linha.

2.5 - O suprimento Just-In-Time e o Kanban Externo (Kanban de Fornecedores)

A cadeia de suprimentos, em toda a sua extensão e complexidade, requer a colaboração mais próxima entre clientes, fabricante e fornecedores. A evolução dos

relacionamentos está na direção das chamadas “parcerias”. Os fabricantes devem encarar os fornecedores como parte integrante dos negócios da empresa.

KANTER (1996) cita algumas características de fornecedores adaptados ao JIT:

- (1) O fornecimento de produtos e serviços de modo a aumentar a satisfação do fabricante.
- (2) A conversão dos fornecedores em parceiros especialistas nas atividades desenvolvidas pelo fabricante, contribuindo em equipes conjuntas trabalho.
- (3) A forte atuação dos fornecedores em questões intrínsecas aos negócios do fabricante, buscando satisfazer aos mais altos padrões mundiais de atendimento.

O *Just-In-Time* presume que a qualidade nos produtos é uma função da otimização de processos internos e da excelência nos relacionamentos com fornecedores, funcionários e clientes finais. As alianças entre fabricantes e fornecedores concretizam o conceito de vantagem colaborativa, baseado na cooperação ativa entre as empresas e na compatibilidade de negócios e metas, na confiança e na excelente comunicação.

O suprimento externo *Just-In-Time* se apóia na redução de estoques internos de materiais e na melhoria de produtividade das atividades correlatas. A filosofia JIT controla rigidamente o transporte e os níveis dos estoques, através da qualidade e quantidade da informação disponível no sistema fabricante-fornecedor, conforme aponta BALLOU (1993).

LUBBEN (1989) expõe que a meta do JIT em relação ao suprimento de materiais é o estabelecimento de contratos de longo prazo com os fornecedores externos. Este procedimento é importante para a segurança das relações comerciais e para o atendimento dos compromissos de fornecimento. O *Just-In-Time* requer que o fabricante tenha poucos fornecedores com altos níveis de qualidade. Assim, fabricantes e fornecedores devem utilizar o mesmo sistema de qualidade e tecnologia e compreender as necessidades dos clientes.

Os elementos mais importantes do suprimento de materiais na manufatura *Just-In-Time* são o fornecimento de lotes reduzidos, a confiabilidade de suprimento (recebimentos freqüentes e confiáveis), os pequenos *leadtimes* de ressuprimento e os altos níveis de qualidade dos materiais. As metas dos fornecedores, são a qualidade assegurada dos materiais e os suprimentos confiáveis e periódicos.

O desenvolvimento de fornecedores é um processo importante para a obtenção de níveis desejados de qualidade dos materiais e para a garantia da confiabilidade das entregas. As razões principais para a redução do número de fornecedores são o estabelecimento de compromissos de longo prazo formalizados através de contratos específicos de suprimento e a limitação de esforços no desenvolvimento de fornecedores.

A manutenção de poucos fornecedores é arriscada mas necessária, pois contribui para a redução dos custos associados à cotação de materiais, à emissão de pedidos e à inspeção de recebimento. Os fornecedores devem possuir alta qualidade no material fornecido, sendo esta uma condição essencial ao suprimento JIT. A qualidade assegurada deve ser encarada do ponto de vista de conformidade às especificações de projeto e utilização do material pelo cliente. A condição de suprimento de fonte única está praticamente descartada dentro do contexto *Just-In-Time*, devido ao risco de vulnerabilidades do sistema de produção e fornecimento e à suscetibilidade do fornecedor às flutuações da demanda final.

A adoção de poucos fornecedores facilita a redução gradual dos custos de aquisição dos materiais. Há uma diminuição imediata dos custos de negociação de pedidos, pois a qualidade assegurada e a confiabilidade nas entregas dos materiais eliminam os custos de inspeção e contagem do material recebido e a necessidade de acompanhamento (*follow-up* dos pedidos dos fornecedores). Os custos de movimentação podem ser reduzidos com a entrega direta do material dentro das instalações do fabricante.

A redução dos custos de aquisição permite que os lotes de compra sejam menores e que o suprimento seja feito de maneira mais freqüente, configurando-se no mesmo efeito que a redução dos custos de *setup* tem sobre o dimensionamento dos lotes internos de produção.

O fluxo contínuo dos materiais no fabricante também pode ser estendido aos fornecedores, que passam a ser um “apêndice da linha do fabricante”, obtendo as mesmas vantagens da otimização dos estoques, da qualidade e dos processos de fabricação.

Normalmente, a contrapartida do fabricante em relação à redução de custos e à cooperação técnica é a adoção de uma política de preços decrescentes ao longo dos anos de vigência do contrato, com o compartilhamento das vantagens de reduções dos custos pelo fabricante e pelos fornecedores.

A flexibilidade no desenvolvimento de novos produtos e processos é dependente do alto nível de relacionamento do fabricante com os fornecedores de materiais, imprescindível à integração das funções de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Manufatura. O compartilhamento das informações de projeto permite aos fornecedores a efetiva participação no desenvolvimento de produtos e no aperfeiçoamento de processos.

A qualidade dos materiais adquiridos define o sucesso ou o fracasso do processo de produção. O *Just-In-Time* pressupõe fontes altamente confiáveis para o suprimento dos materiais comprados, sempre visando incrementos dos níveis de qualidade e propiciando eficientes e eficazes reduções dos custos de aquisição.

As especificações de projeto transmitidas aos fornecedores devem ser referentes a características de desempenho esperadas e não somente referentes a especificações detalhadas e às tolerâncias rígidas, ao contrário do que é o hábito tradicional. Assim, o fornecedor poderá estudar a forma de produção mais econômica, contribuindo para a redução dos custos dos materiais adquiridos pelo fabricante.

O suprimento *Just-In-Time* estimula a gestão total da cadeia de suprimentos, do fornecedor de matéria-prima ao consumidor final, enfatizando a crescente cooperação e integração. Os programas conjuntos de suprimento monitoram e aprimoram os níveis de qualidade dos materiais fornecidos, avaliando permanentemente a capacitação do fornecedor em termos de equipamentos, sistemas de garantia da qualidade, procedimentos de trabalho e políticas de treinamentos dos funcionários. A realização de auditorias e o intercâmbio de profissionais são fundamentais ao acompanhamento do desempenho de fornecedores e ao aprimoramento técnico e comercial.

O compartilhamento de informações é imprescindível para que os fornecedores façam o planejamento de sua produção com base nos níveis de demanda do fabricante. A antecedência necessária ao conhecimento dos planos de produção do fabricante permite ao fornecedor planejar a capacidade requerida ao atendimento das necessidades, aumentando a eficiência dos seus processos produtivos e da logística de suprimento dos materiais.

O suprimento *Just-In-Time* é extremamente dependente da localização dos fornecedores. As grandes distâncias entre fornecedores e fabricantes tendem a elevar os custos de transporte, exigindo a transferência de lotes de compra mais volumosos. O estudo

da logística de suprimento e distribuição pode trazer grandes economias de transporte dos materiais, possibilitando as entregas mais freqüentes de pequenos lotes. Preferencialmente, o controle do transporte deve permanecer sob a responsabilidade do fabricante, que deverá coordenar as entregas dos diferentes fornecedores, aglutinando-os em determinada região geográfica, com os propósitos da utilização mais eficiente do meio de transporte e da redução dos custos envolvidos na logística de suprimento dos materiais.

O desenvolvimento de boas relações com os fornecedores é tão importante quanto o desenvolvimento de laços fortes com os departamentos internos. O fomento às relações comerciais fortes, que permitam participação conjunta, é importante para a manutenção de todas as vantagens do suprimento *Just-In-Time* de materiais. A estabilidade da estrutura de fornecimento de materiais, que abrange a integração entre fabricante e fornecedores, é decisiva para a formação de sólidas parcerias bem-sucedidas.

De acordo com HARMON (1994), é de máxima importância a colaboração do fabricante com seus fornecedores para o aprimoramento da capacidade técnica e produtiva, buscando o desempenho *Just-In-Time* nas entregas de materiais. A melhoria dos processos dos fornecedores causa uma redução significativa dos estoques de materiais. A eliminação das barreiras à parceria entre fabricante e fornecedores envolve a superação de relacionamentos antagônicos e sua substituição por permanentes vínculos de uma relação mutuamente rentável.

Os pressupostos do suprimento *Just-In-Time* de materiais são:

- (1) A redução dos tempos de resposta dos fornecedores em relação às solicitações de materiais feitas pelo fabricante.
- (2) O aumento constante dos níveis de qualidade dos materiais fornecidos.
- (3) O compartilhamento com os fornecedores de informações precisas acerca das projeções de curto e médio prazos das necessidades de materiais.
- (4) O uso de embalagens padronizadas retornáveis e devidamente identificadas.
- (5) A otimização dos processos de transferência de informações, expedição de materiais no fornecedor, recebimento, movimentação, armazenagem e disponibilização dos materiais no fabricante. Há a forte tendência de utilização de sistemas integrados de identificação de embalagens por códigos de barras, leitura óptica através de *scanners* para a separação de pedidos, conferência e pagamento dos materiais comprados.

- (6) O abastecimento de materiais diretamente no posto de trabalho ou na linha de produção, contribuindo à redução dos custos de recebimento, movimentação e armazenagem.
- (7) A utilização de equipes de funcionários multifuncionais em almoxarifados e depósitos, melhorando a eficiência das operações rotineiras.
- (8) A diminuição dos tempos de espera para a utilização dos materiais, devido à otimização de restrições em docas recebimento, à introdução de melhores equipamentos e práticas de trabalho, propiciando a eliminação de inspeção e contagem dos materiais.

A filosofia *Just-In-Time* controla rigidamente o transporte e os estoques dos materiais, através das informações trocadas entre fabricante e fornecedores. O compartilhamento das informações comerciais é imprescindível para que os fornecedores façam o planejamento de sua produção com base no nível de demanda dos produtos finais fabricados pelo fabricante. A antecedência necessária ao conhecimento do programa de produção do fabricante permite ao fornecedor estipular a capacidade requerida para o atendimento das necessidades, aumentando a flexibilidade de seus processos produtivos e a eficiência do suprimento dos materiais.

A redução dos estoques de materiais, que representam significativos desperdícios de capital para o fabricante e os fornecedores, é o grande benefício alcançado pelo suprimento JIT. A redução dos estoques da cadeia de suprimentos está atrelada a três fatores:

- (1) A contínua redução do tempo de escoamento em todo o fluxo de materiais, permitindo uma reposição mais rápida à medida que forem sendo consumidos.
- (2) A eliminação dos custos de *setup* e pedido dos materiais, propiciando lotes de compra bem menores, contribuindo para a diminuição dos estoques resultantes.
- (3) A melhoria contínua da logística através do deslocamento de cargas menores e entregas mais frequentes, otimizando os estoques e os níveis de atendimento.

O comprometimento, a confiança e a comunicação são pressupostos ao pleno atendimento das expectativas do fabricante e dos fornecedores.

De acordo com LUBBEN (1989), o comprometimento e a confiança são determinantes para a eficiência do suprimento *Just-In-Time* e estão diretamente vinculados à redução das estruturas de proteção do fabricante, ou seja, dos custosos mecanismos de garantia da qualidade dos materiais que irão ser utilizados. Dentre estes mecanismos estão as inspeções de recebimento, os estoques de segurança e o *follow-up* dos materiais.

A confiança na relação entre fabricante e fornecedores pressupõe o envolvimento das pessoas direta e indiretamente responsáveis pelo suprimento dos materiais. O fabricante e o fornecedor devem sustentar os acordos e melhorar continuamente as relações comerciais. Os contratos de longo prazo garantem a integração dos fornecedores aos processos produtivos do fabricante.

A comunicação entre fabricante e fornecedor é um ponto crítico no funcionamento do suprimento *Just-In-Time*. O enfoque central é a rápida resposta às variações da demanda do material no fabricante e a eficiente resolução conjunta de problemas. Os fornecedores necessitam estar constantemente informados acerca das decisões comerciais tomadas pelo fabricante, que seguramente interferem na capacidade de resposta e planejamento do fornecedor em relação às necessidades de produção dos materiais, geradas a partir de mudanças na demanda dos produtos finais.

As informações repassadas aos fornecedores compreendem as previsões de demanda de longo prazo e as necessidades de materiais no curto prazo. As informações das previsões de demanda de longo prazo auxiliam os fornecedores a planejar os recursos de equipamento e mão-de-obra necessários ao atendimento do fabricante e a manter a saúde financeira da empresa. As informações acerca das necessidades periódicas de materiais, em base diária ou semanal, permitem ao fornecedor a sincronização do nível de produção à necessidade do fabricante, melhorando o nível de atendimento e evitando a formação de grandes inventários.

LUBBEN (1989) também comenta que a linearidade da produção e a habilidade para alterações são parâmetros de desempenho do suprimento *Just-In-Time* relativos ao fornecedor. A otimização destes parâmetros garantem níveis reduzidos de estoques no fornecedor e contribuem para a redução dos custos de fabricação dos materiais.

A linearidade da produção no fornecedor está associada ao nivelamento do plano de fabricação do fabricante, acompanhando as necessidades de materiais e reduzindo o ciclo de produção. O ciclo de produção no fornecedor compreende o intervalo entre o tempo requerido para o início da fabricação do material e a fabricação propriamente dita. A redução do ciclo de produção é responsabilidade do fornecedor e consiste no isolamento dos gargalos das operações, no balanceamento da produção e na redução dos tempos de preparação. O

nivelamento da carga de trabalho do fornecedor é favorecido através do aumento da frequência das entregas de materiais no fabricante.

A habilidade para alterações está relacionada à flexibilidade que o fornecedor detém para executar as modificações que, ocasionalmente, possam surgir nos planos de produção do fabricante. A resposta às alterações na demanda dos materiais está vinculada ao tempo que o fornecedor dispõe para fazer os ajustes nos seus níveis de produção. O aumento da flexibilidade do fornecedor é baseado em um eficiente sistema de informações, garantindo a redução do tempo de resposta às mudanças nas requisições de materiais.

O suprimento *Just-In-Time* pode ocasionar problemas internos relacionados ao recebimento freqüente dos materiais, que podem congestionar os pontos de recebimento e causar transtornos na movimentação dos materiais para a linha de produção. O procedimento para o melhoramento das entregas de materiais por fornecedores próximos é baseado na otimização do fluxo dos materiais que são entregues diariamente no fabricante.

O fornecedor deve embalar os materiais em *containers* retornáveis, que são retirados regularmente de sua doca de expedição em horários predeterminados. A sistemática transporte deve prever a coleta dos materiais em diversos fornecedores, a partir do roteamento do veículo utilizado. No final do trajeto, o veículo deve retornar à empresa fabricante, onde os materiais coletados são transferidos diretamente aos estágios produtivos.

GOMES (1998) comenta a solução adotada pela General Motors do Brasil para a redução dos custos de transporte relacionados às entregas periódicas e para a otimização das instalações e dos processos de recebimento e transferência interna dos materiais. Este modelo de suprimento *Just-In-Time*, denominado *Milk Run*, consiste na busca direta dos materiais junto aos fornecedores, em horários e dias específicos, previamente programados. É inspirado na prática comum dos grandes laticínios, que recolhem diariamente, nas pequenas propriedades, as embalagens de leite ordenhado para o processamento.

O *Milk Run* tende a ser mais confiável em relação à questão da segurança do suprimento. Em contrapartida, o fornecedor pode deixar de ter um envolvimento direto na resolução dos problemas que eventualmente possam ocorrer na manufatura do fabricante.

A Volkswagen do Brasil também utiliza um sistema específico de suprimento *Just-In-Time*, denominado por Consórcio Modular. Neste sistema, o fornecedor possui uma instalação própria nos processos produtivos do fabricante, responsabilizando-se diretamente pela agregação dos materiais aos produtos acabados. Neste caso, as vantagens são a alta segurança no abastecimento e o envolvimento do fornecedor.

A viabilização do suprimento *Just-In-Time* é possível através do *Kanban* Externo, que funciona de maneira análoga ao *Kanban* Interno. O fabricante deve ter a preocupação de controlar a frequência de entrega, o nível da qualidade e os inventários dos materiais no fornecedor. A meta do fabricante é manter os processos de fabricação dos fornecedores sob o regime *Just-In-Time*, em perfeita sincronização com suas necessidades de materiais.

O plano de produção mensal do fabricante deve ser comunicado ao fornecedor na primeira quinzena do mês precedente, ou seja, com no mínimo 15 dias de antecedência. A partir das informações contidas neste plano, o fornecedor deve executar o planejamento dos ciclos de suprimento dos materiais.

A programação diária dos materiais a serem enviados ao fabricante pode ser feita através dos *kanbans* de fornecedor ou da planilha seqüencial do programa. Estas duas formas de informação das necessidades de materiais podem ser aplicadas em alternância, dependendo da conveniência do fabricante. MONDEN (1984) comenta que há dois métodos de requisição de materiais atrelados ao *Kanban* Externo. O primeiro, denominado de sistema de retirada seqüencial, está associado ao seqüenciamento do programa de produção repassado ao fornecedor. O segundo, designado de sistema de reabastecimento posterior, é baseado na utilização dos *kanbans* de fornecedores tradicionais ou dos *kanbans* eletrônicos.

Horários de entrega: 8:00/11:00/15:00/ 21:00/24:00/4:00 h	Local de estoque para entrega: 3 S 8-3 (213)	Cliente: Tsutsumi (Toyota)
Fornecedor: Sumitomo Denko	N. do item: 8215-14011-00 Abreviação do item: 389 Descrição: Chicote porta traseira Modelo do veículo: BJ-1	Local descarga: Montagem 36
Estoque do fornecedor: 04 Ciclo de entrega: 1-6-2	Tipo de embalagem: S Capacidade da embalagem: 10	

FIGURA 12 - O *kanban* de fornecedor. Fonte: MONDEN (1984).

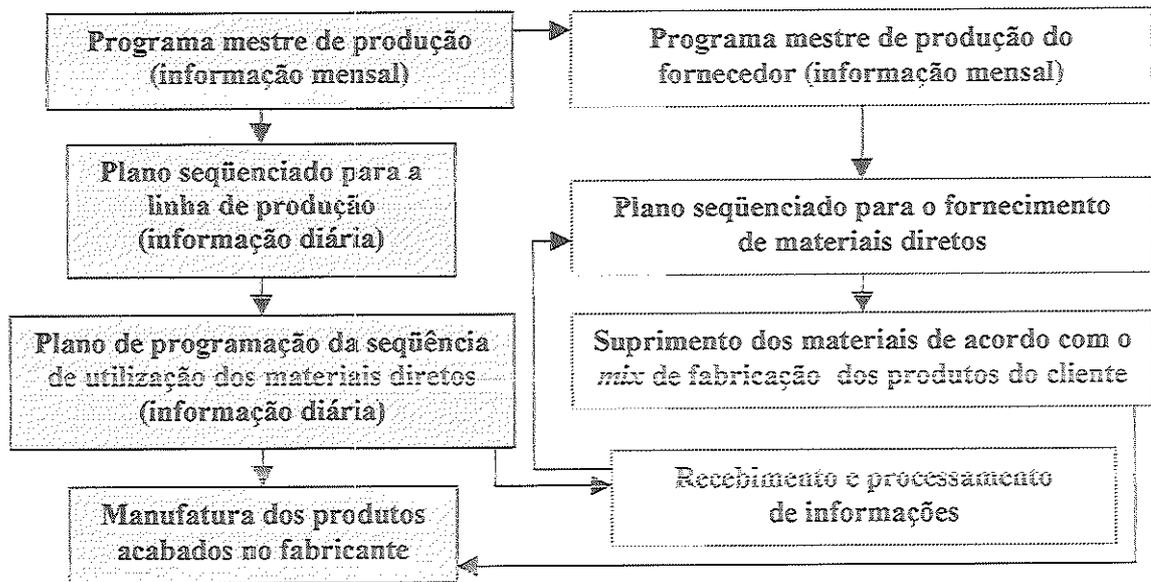
O *kanban* de fornecedor é similar ao *kanban* de requisição usado no *Kanban* Interno, sendo utilizado somente com fornecedores externos. É o meio de informação para o suprimento de materiais a um dado estágio produtivo do fabricante. O *kanban* de fornecedor possui instruções para a empresa subcontratada executar o suprimento dos itens necessários. Como os custos de transporte geralmente estão inclusos nos custos unitários dos itens, o fornecedor é geralmente o responsável pela entrega. Todavia, algumas empresas, por razões de segurança no suprimento, podem retirar os itens diretamente nas empresas subcontratadas.

Com relação ao *kanban* de fornecedor exemplificado figura 12, o número 36 refere-se à estação de recebimento na fábrica. O chicote da porta traseira entregue na estação 36 será transportado ao ponto de estoque 3S 8-3 (213). O número abreviado deste item é 389. Os horários para entregas têm que ser explicitamente descritos. Ademais, o ciclo de entrega 1-6-2 significa que este item tem que ser entregue seis vezes por dia. O item necessita ser transportado, no mais tardar, duas vezes o tempo de entrega após o *kanban* ter sido entregue ao fornecedor.

O sistema de retirada seqüencial (*Juwja Biki*) possibilita a requisição de materiais conforme o seqüenciamento de fabricação dos produtos finais ou *mix* de produção. O fabricante deve transmitir ao fornecedor o programa seqüenciado de produção, de acordo com as necessidades de materiais na linha de produção dos produtos acabados.

O fornecedor executa as entregas subseqüentes dos materiais a partir das informações contidas no programa seqüencial diário. O suprimento é feito de maneira criteriosa, de acordo com parâmetros precisos de entrega, como horários específicos, quantidades corretas e níveis adequados de qualidade.

O *Kanban* Externo *Juwja Biki* é muito dependente do sincronismo das operações externas e internas, como a expedição no fornecedor, o transporte, o recebimento e a rápida disponibilização dos materiais para as linhas de produção. A ausência de estoques internos de materiais, força o fabricante a monitorar periodicamente os níveis de atendimento e qualidade dos materiais, através do acompanhamento e do melhoramento continuado dos parâmetros de suprimento.



Caixa de texto pontilhada = planos e atividades referentes ao fornecedor.

Caixa de texto com linhas contínuas = planos e atividades referentes ao fabricante.

FIGURA 13 - A sistemática do *Kanban Externo Juwja Biki*. Fonte: MONDEN (1984).

O sistema de reabastecimento posterior (*Ato Hoju*) é o método que emprega os *kanbans* de fornecedor emitidos pelo fabricante para o suprimento dos materiais, de acordo com a demanda observada nos produtos acabados.

MONDEN (1984) comenta o funcionamento do *Kanban Externo Ato Hoju* da Toyota, onde a restrição é o longo tempo de transporte dos materiais, agravado pela distância entre o fabricante e o fornecedor. O fluxo do *kanban* de fornecedor consiste de duas etapas:

- (1) No início do dia de trabalho (8:00 h, data 2), um caminhão da Toyota transporta os *containers* vazios e os respectivos *kanbans* de fornecedor, relativos ao consumo do dia de trabalho anterior (22:00 h, data 1). A produção do material é iniciada somente no momento da entrega destes *kanbans* (8:00 h, data 2).
- (2) No fornecedor, os *containers* de material, relativos aos *kanbans* de fornecedor entregues às 22:00 h (data 1), são transportados por outro caminhão (já previamente carregado) até a linha de produção da Toyota. Os *kanbans* de fornecedor entregues ao depósito do fornecedor às 8:00 h (data 2) não devem corresponder necessariamente ao *containers* que retornam à Toyota às 8:00 h (data 2).

A operacionalização deste sistema, do ponto de vista do fornecedor, é feita através da utilização de arquivos para os *kanbans* de fornecedor emitidos pelo fabricante e, que no fornecedor, são convertidos em *kanbans* de produção. Por exemplo, no arquivo das 8:00 h estão os *kanbans* que irão orientar a fabricação de material no turno diurno. A produção, neste caso, deve ser completada no máximo às 22:00 h, quando são colocados no caminhão os *containers* para transporte à Toyota. Seguindo o raciocínio, no arquivo das 22:00 h estão os *kanbans* que irão orientar a fabricação de material no turno noturno. Neste caso, a produção deve ser finalizada, no mais tardar, às 8:00 h do dia subsequente.

Analisando-se este exemplo, são utilizados três caminhões para o transporte dos materiais em *Kanban Ato Hoju*. Um caminhão está sendo disponibilizado para a entrega de *containers* vazios e respectivos *kanbans* de fornecedor (8:00 h, data 2). No fornecedor, há um outro caminhão carregado com os *containers* de materiais (que foram produzidos até às 8:00 h da data 2) e os respectivos *kanbans* de fornecedor entregues às 22:00 h (data 1). Na Toyota, há um outro caminhão descarregado, relativo aos materiais entregues às 22:00 h (data 1) e cuja necessidade foi disparada às 8:00 h (data 1) com a entrega dos *kanbans* de fornecedor. Somente três pessoas são necessárias: o motorista do caminhão, o carregador de materiais no fornecedor e o descarregador de materiais da Toyota.

As vantagens deste sistema de transporte, utilizado pela Toyota, são:

- (1) A redução do tempo total de transporte entre o fabricante e o fornecedor, pois há a eliminação do tempo inativo do motorista.
- (2) Não há um aumento significativo dos custos de produção. Neste caso, existe a triplicação do custo de depreciação por causa da utilização de três veículos, contribuindo para a amortização do investimento. Há a otimização da mão-de-obra com o envolvimento de apenas três pessoas, sendo que apenas duas são funcionários da Toyota. A viabilidade deste sistema está atrelada ao fato de ocorrer uma redução no tempo total de transporte, incluindo carregamento, percurso e descarregamento.
- (3) Apesar do sistema requerer o suprimento com frequências menores, a redução do inventário dentro da Toyota é bem maior que o aumento nos custos de transporte. O custo de transporte pode ser ainda mais reduzido através do envolvimento de vários fornecedores, da definição de uma região que aglutine vários fornecedores e do estudo logístico mais detalhado do ponto de vista de roteamento dos veículos.

A interação eletrônica com os fornecedores via Intercâmbio Eletrônico de Dados (*Electronic Data Interface/EDI*) se configura numa tendência atual do *Kanban Externo Ato Hoju*. Tal prática é baseada na utilização de “*kanbans* eletrônicos” entre fabricantes e fornecedores de materiais. FLEURY & FLEURY (1995) citam o exemplo fábrica da Toyota de Kyushu, inaugurada em dezembro de 1992. Nesta planta, os “*kanbans* eletrônicos” são identificados por leitura óptica e transmitidos por telecomunicação, acionando a produção nas firmas fornecedoras que executam as entregas *Just-In-Time* num raio máximo de 40 km.

A transferência das informações da demanda projetada aos fornecedores (relativa à programação e ao seqüenciamento da produção) e das necessidades periódicas de materiais (cronogramas de suprimentos) via Intercâmbio Eletrônico de Dados (EDI) se configura no chamado *Kanban Eletrônico*, uma evolução do ponto de vista tecnológico do tradicional *Kanban Externo*, explicado mais adiante. A substituição dos pedidos de materiais através do uso de um sistema integrado de informações entre o fabricante e o fornecedor permite o *follow-up* dos materiais em tempo real com os últimos dados de níveis de estoques e de demanda prevista e real dos materiais.

De acordo com HARMON (1994), os pedidos de compras dos materiais de demanda repetitiva tendem a ser executados pelo *Kanban Eletrônico*, através de previsões de demanda mais precisas e programações escalonadas de entrega. Assim, os fornecedores farão o planejamento de suas operações com base na disponibilidade de informações mais atualizadas e exatas. O sistema de informações *on-line* e a transferência eletrônica e automática dos pedidos causam uma significativa redução da mão-de-obra indireta nas atividades de compras, processamento de pedidos e contabilidade dos custos.

A quantidade total dos materiais a serem consumidos é predeterminada pelo fabricante e informada ao fornecedor através do plano de produção mensal, baseado na demanda prevista para o período e no funcionamento do *Kanban Externo*. MONDEN (1984) comenta que as divergências do plano de produção mensal não devem ser superiores a 20% da quantidade inicialmente programada para não causar um descontrole nos processos do fornecedor e nos níveis dos estoques internos e externos.

O *Kanban Externo Ato Hoju* de dois cartões é baseado no *kanban* de fornecedor e no *kanban* de produção, utilizados, respectivamente, para o suprimento e para a produção dos materiais no fornecedor. No fabricante, assim que o estágio “consumidor” iniciar o

processamento do material, o *container* com o *kanban* de fornecedor afixado é retirado do ponto de estoque. O *kanban* de fornecedor é então colocado no quadro de cartões.

Quando o estágio “consumidor” finalizar o processamento do material, o *container* vazio é colocado em uma área de espera, onde permanece até que o fornecedor faça a próxima entrega de material. No próximo suprimento, o fornecedor coletará os *containers* vazios e os *kanbans* de fornecedor do quadro de cartões.

No ponto de armazenagem de materiais da empresa fornecedora, os *kanbans* de fornecedor são colocados nos *containers* com material. Neste momento, os *kanbans* de produção que estavam afixados nestes *containers* são levados até o quadro de cartões que se encontra na linha de produção, iniciando o processamento do material para a reposição. Ao término do processamento, os *kanbans* de produção são afixados nos *containers* e estes são levados até o ponto de armazenagem para serem remetidos ao fabricante no próximo suprimento de material. O ciclo é completado assim que o fabricante fizer uma nova solicitação de material via *kanbans* de fornecedor.

No sistema de dois cartões a rotação dos *kanbans* é a mesma no fabricante e no fornecedor, onde o número de *kanbans* de fornecedor emitidos corresponde ao número de *kanbans* de produção que o fornecedor irá utilizar no seu processo. O *kanban* de produção é de uso exclusivo do fornecedor para a produção subsequente dos materiais fornecidos ao fabricante. O *kanban* de fornecedor é utilizado tanto no fabricante como no fornecedor e é responsável pela autorização do suprimento dos materiais.

No *Kanban Externo Ato Hoju*, o *kanban* de fornecedor é sempre colocado em *stand-by* até o próximo abastecimento de material. Por causa deste tempo de espera (*leadtime* de suprimento), o fabricante e o fornecedor obrigatoriamente devem manter um estoque de segurança do material para que haja confiabilidade no suprimento.

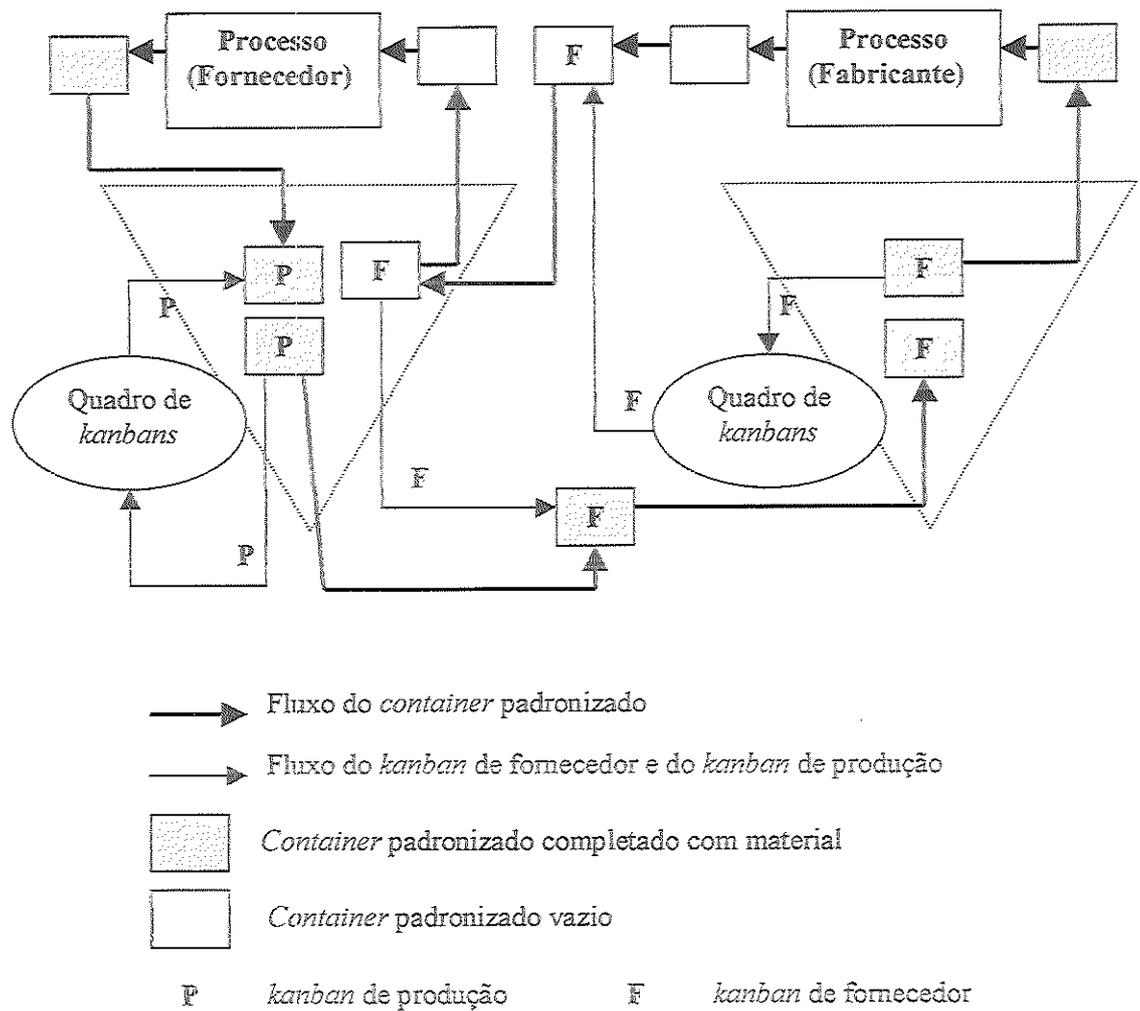


FIGURA 14 - O funcionamento do *Kanban Externo Ato Hoju* de dois cartões.

O *Kanban Externo Ato Hoju* de cartão único somente utiliza o *kanban* de fornecedor para o suprimento e para disparar a produção dos materiais no fornecedor. O seu funcionamento é semelhante ao *Kanban Externo* de dois cartões, já explicado anteriormente.

2.5.1 - O dimensionamento do *Kanban Externo*

A metodologia adotada para o dimensionamento do *Kanban Externo* está apoiada nos trabalhos de MONDEN (1984) e MOURA (1996). O funcionamento do *Kanban Externo* é baseado no sistema de requisição de ciclo constante e com quantidade não-constante.

O cálculo do número de cartões no *Kanban Externo Ato Hoju* de cartão único está fundamentado no conceito de produção nivelada e em um *mix* definido de produtos.

A eq.(15) calcula o ciclo do pedido do material.

$$Cp_f = \lceil [Tt_f / n_e] \rceil \quad (15)$$

Onde:

- Cp_f é o ciclo do pedido do material ao fornecedor.
- Tt_f é o tempo de transporte do material em dias.
- n_e é o número de entregas diárias do material.

O ciclo do pedido ao fornecedor (Cp_f) é o intervalo de tempo em dias compreendido entre duas solicitações consecutivas de material. A notação $\lceil [] \rceil$ significa que o resultado da equação deve ser um número inteiro arredondado em função do período de um dia. Por exemplo, se o resultado da equação for 0,3 dia, o valor de Cp_f será igual a 1,0 dia.

A eq.(16) calcula o tempo gasto pelo fornecedor para completar a produção do material solicitado pelo fabricante.

$$Tp_f = Cp_f \cdot I_i \quad (16)$$

Onde:

- Tp_f é o tempo gasto pelo fornecedor na fabricação do material solicitado.
- Cp_f é o ciclo do pedido do material ao fornecedor.
- I_i é o intervalo entre duas entregas consecutivas do material.

A eq.(17) calcula o número total de *kanbans* de fornecedor necessários à empresa fornecedora para efetuar as entregas diárias de material.

$$n_f = (D_d / A) \cdot \{ \lceil [Tt_f] \rceil \cdot (1 + I_i / n_e) + a \} \quad (17)$$

Onde:

- n_f é o número de *kanbans* de fornecedor emitidos pelo fabricante.
- D_d é a demanda diária do material.
- A é a capacidade do *container* padronizado.
- Tt_f é o tempo de transporte do material em dias.
- I_i é o intervalo entre dois transportes consecutivos do material.
- n_e é o número de entregas diárias do material.
- a é o coeficiente de segurança (relacionado ao estoque de segurança).

As razões para se adotar um coeficiente de segurança para a eq.(17) são:

- (1) A provável variação da quantidade requisitada em cada pedido de material.
- (2) A possível quebra de equipamentos e ferramentas no fornecedor.
- (3) A probabilidade de ocorrência de imprevistos no transporte do material até o fabricante.
- (4) A possível discrepância entre os *kanbans* entregues pelo fabricante e a quantidade de material suprido pelo fornecedor.
- (5) A variabilidade da demanda do material no fabricante, ou seja, a demanda diária pode sofrer um desvio em relação à média planejada para o período.

Exemplo 1: Uma situação de suprimento de um material e o cálculo do número total de *kanbans* de fornecedor é mostrado como se segue.

$$D_d = 100 \text{ unidades/dia}$$

$$A = 5 \text{ unidades/container padronizado}$$

$$T_{tr} = 1,0 \text{ dia}$$

$$I_f = 2 \text{ dias}$$

$$n_s = 6 \text{ entregas/dia}$$

$$a = 0,2$$

Substituindo os dados na eq.(17), tem-se:

$$n_f = (100 / A) \cdot \{1 \cdot (1 + 2 / 6) + 0,2\} = 14 \text{ kanbans de fornecedor}$$

No *Kanban Externo Ato Hoju* de cartão único, o número de *kanbans* do fornecedor também pode ser calculado através da eq.(18).

$$n_f = D \cdot (T_p + T_e) \cdot (1 + a) / A \quad (18)$$

Onde:

- n_f é o número de *kanbans* de fornecedor emitidos pelo fabricante.
- D é a demanda diária do material no estágio subsequente (fabricante).
- T_p é o tempo de processamento do material, definido como o tempo necessário para que um *kanban* de fornecedor complete o ciclo no estágio produtivo da empresa fornecedora. T_p é o tempo em porcentagens de um dia para o processamento de um *container* de itens em um estágio produtivo do fornecedor.
- T_e é o tempo de espera do material, definido como o tempo necessário para que um *kanban* de fornecedor complete o ciclo entre o estágio produtivo precedente (fornecedor) e o estágio produtivo subsequente (fabricante). T_e é o tempo em porcentagens de um dia para a preparação de um *container* de itens em um estágio produtivo do fornecedor.

- a é o fator de segurança em função da eficiência do centro de trabalho.
- A é a capacidade do *container* padronizado.

Exemplo 2: Em uma empresa a demanda de dado item é de 1.200 unidades/dia. O processo prevê a entrada de 20 itens por vez no estágio produtivo consumidor. Portanto, é aconselhável um número múltiplo de 20 para a quantidade nos *containers* padronizados. A ineficiência do processo produtivo do fornecedor e da logística de suprimento está estimada em 10%. O número de *kanbans* de fornecedor é calculado como se segue.

$$D = 1.200 \text{ itens/dia}$$

$$A = 40 \text{ itens/container}$$

$$a = 0,1$$

O número médio de *containers* utilizados (N_c) é obtido através do quociente D/A . Portanto, $N_c = 1.200/40 = 30$ *containers*/dia.

A lógica de cálculo do tempo de espera (T_e): se for feita apenas uma entrega por dia, apenas 30 *containers* serão enviados ao fabricante. Neste caso, serão usados, em média, 30 *kanbans* de fornecedor em cada entrega. No fabricante, outros 30 *kanbans* de fornecedor deverão estar em *stand-by* para retornarem ao fornecedor. Portanto, o número necessário de *kanbans* de fornecedor é 60. São necessários 2 dias para um *kanban* de fornecedor completar de o circuito fabricante-fornecedor (o *leadtime* total de um *kanban* de fornecedor é de 2 dias, contabilizados a partir do disparo da necessidade de um *container* no fabricante até a sua posterior entrega pelo fornecedor). Portanto: $T_e = 2$ dias, ou seja, o tempo de espera relativo ao ciclo completo de um *kanban* de fornecedor é de 2 dias.

A lógica de cálculo do tempo de processamento (T_p): a produção dos itens é feita pelo fornecedor externo. Do ponto de vista do fabricante, $T_p = 0$, ou seja, o tempo de processamento do material é igual a zero.

A lógica de cálculo do fator de segurança (a) em função da eficiência e confiabilidade dos processos de produção e suprimento do fornecedor: supondo que a entrega possa atrasar até 1 hora. O estágio produtivo do fabricante poderia consumir até 120 unidades/hora, representando um consumo aproximado de 3 *containers*/hora (considerando um dia útil de trabalho de 10 horas). Portanto, é necessário o acréscimo de mais 6 *kanbans* como estoque de segurança e, conseqüentemente, o fator de segurança é de 10% ($a = 0,1$).

Substituindo os dados na eq.(18), tem-se:

$$n_f = 1200 \cdot (2 + 0) \cdot (1 + 0,1) / 40 = 66 \text{ kanbans de fornecedor}$$

No *Kanban Externo Ato Hoju* de dois cartões baseado sistema de requisição de ciclo constante, o cálculo do número de *kanbans* de produção e de *kanbans* de fornecedor está baseado na alternância dos cartões e no conceito de programação nivelada.

O cálculo do número de *kanbans* de produção necessários à fabricação de material no fornecedor é expresso pelas equações mostradas a seguir.

$$n_p = P \cdot L_p / A \quad (19)$$

$$t_{oz} = 1 / c_e \quad (20)$$

$$L_p = t_{oz} \cdot I_t \quad (21)$$

Onde:

- n_p é o número total de *kanbans* de produção utilizados pelo fornecedor.
- P é o nível de produção diária no fornecedor, dependente da demanda do fabricante.
- L_p é o *leadtime* do processamento do material no fornecedor.
- A é a capacidade do *container* padronizado.
- t_{oz} é o tempo do ciclo de entrega do material.
- c_e é o ciclo de entrega do material.
- I_t é o intervalo de transporte do material.

O ciclo de entrega representa o número de suprimentos diários, sendo fundamental na determinação do *leadtime* de processamento do material, acrescentando-se o tempo de processamento propriamente dito e o tempo de entrega (inclusive o carregamento e o descarregamento dos *containers*). O ciclo de entrega compreende o intervalo entre o transporte do material anteriormente solicitado pelo fabricante e o momento de chegada de um novo *kanban* de fornecedor referente à próxima entrega.

A eq.(22) calcula o número de *kanbans* de fornecedor emitidos pelo fabricante.

$$n_f = D \cdot [t_{cp} \cdot (1 + I_t)] / A \quad (22)$$

Onde:

- n_f é o número total de *kanbans* de fornecedor emitidos pelo fabricante.
- D é o nível de demanda diária do material no fabricante.
- t_{cp} é o tempo de ciclo do pedido do material.
- I_t é o *leadtime* de transporte do material do fornecedor até o fabricante.

- A é a capacidade do *container* padronizado.

Exemplo 3: Os dados para o suprimento de um dado material e os cálculos do número de *kanbans* de produção e do número de *kanbans* de fornecedor são mostrados como se segue.

$$c_e = 4 \text{ entregas/dia}$$

$$P = 400 \text{ unidades/dia}$$

$$A = 50 \text{ unidades/container}$$

A lógica de cálculo do número de *kanbans* de produção: o *leadtime* de processamento do material (L_p) é obtido através da eq.(21). O valor de I_1 compreende dois ciclos distintos: o ciclo do pedido e o ciclo de entrega do material (a soma dos dois ciclos é o próprio ciclo do *kanban* de fornecedor). Substituindo os valores na eq.(20), na eq.(21) e na eq.(19), respectivamente, tem-se:

$$t_{ce} = 1/4 = 0,25 \text{ dia}$$

$L_p = 0,25 \cdot 2 = 0,5 \text{ dia}$ (é necessário 0,5 dia para que um *container* padronizado do material esteja disponível para a utilização no fabricante).

$$n_p = 400 \cdot 0,5/50 = 4 \text{ kanbans de produção}$$

A lógica do cálculo do número de *kanbans* de fornecedor: o tempo de pedido do material é igual ao tempo do ciclo de entrega do material, pois t_{ce} e t_{cp} são os próprios *leadtimes* de suprimento do material e, portanto, são equivalentes. Substituindo os valores na eq.(22), tem-se:

$$n_f = 400 \cdot [0,25 \cdot (1 + 2)] / 50 = 6 \text{ kanbans de fornecedor}$$

O resultado dos cálculos é a necessidade diária de seis *kanbans* de fornecedor e quatro *kanbans* de produção. A quantidade de material entregue diariamente é de 400 unidades, fracionadas em quatro entregas diárias. Conseqüentemente, a quantidade média de material em cada entrega é de 100 unidades ou de 2 *containers* de material (a capacidade do *container* é de 50 unidades). Dois *kanbans* de fornecedor são utilizados em cada entrega e, portanto, a cada dia são necessários três conjuntos de dois *kanbans* de fornecedor, que se alternam em um conjunto de dois *kanbans* em cada entrega.

Em contrapartida, dois *kanbans* de produção são necessários para disparar a produção no fornecedor. Portanto, dois conjuntos de dois *kanbans* de produção são utilizados

diariamente para a fabricação do material que é entregue de acordo com a demanda diária registrada no fabricante.

Nas equações de cálculo dos números necessários de *kanbans* de produção e de *kanbans* de fornecedor não foi considerado o estoque “amortecedor” como fator de segurança para os possíveis desvios das variáveis e dos processos envolvidos. A inclusão do fator de segurança vai depender dos critérios de decisão adotados, da confiabilidade dos processos e da eficiência do suprimento dos materiais. Em geral, este fator é inicialmente estimado em 20 a 30%, devendo ser alterado em função do aprimoramento dos processos produtivos e logística.

2.6 - O Controle Total da Qualidade (TQC)

O Controle Total da Qualidade (*Total Quality Control/TQC*) ou Qualidade por Toda a Empresa (*Company Wide Quality Control/CWQC*) é um dos principais subsistemas do *Just-In-Time*, representando uma abrangente forma de comportamento e organização industrial. O TQC representa a transformação e a evolução do tradicional Controle da Qualidade, que envolvia apenas os processos na questão da qualidade dos produtos. A Qualidade Total representa a integração de diversas funções da organização industrial, como as áreas de Engenharia do Produto, Vendas/*Marketing*, Manufatura e Materiais.

O TQC nasce da ênfase constante em se assegurar a qualidade de todos dos processos internos e externos. VASQUES (1997) o define como uma filosofia gerencial que começa com o comprometimento da alta direção da organização, envolvendo todos os componentes da mesma e que utiliza o conhecimento dos processos de trabalho, bem como o seu aprimoramento contínuo, visando atender sempre da melhor forma as exigências dos clientes, observando sempre a ação da concorrência. É um conceito que deve ser preconizado em toda a organização e que dá suporte a toda a cadeia de negócios da empresa que adota o *Just-In-Time* como filosofia de manufatura.

Segundo SANTOS (1994), o TQC é baseado na premissa de que todas as atividades-fins ou atividades-meios devem ser realizadas através da busca da maior qualidade possível, distribuindo e compartilhando a responsabilidade pela qualidade dos

produtos e serviços pela organização. A Qualidade Total, definida para um produto, inclui o desenvolvimento, o projeto, a manufatura, a entrega e a prestação de serviços pós-venda.

O *Just-In-Time* busca permanentemente a excelente qualidade dos produtos, provocando a eliminação das atividades de retrabalho e das devoluções de clientes. Enfim, as atividades que agregam valor ao produto devem ter sua efetividade maximizada para a geração da qualidade e para a redução dos custos de produção, sendo que o TQC representa uma estratégia competitiva importante na busca e na manutenção de mercados. A produção em pequenos lotes procura aumentar os níveis de qualidade dos componentes, das submontagens e, conseqüentemente, dos produtos acabados. A detecção de itens não-conformes durante a manufatura é facilitada pela redução dos estoques em processo, sendo que o estágio produtivo subsequente consegue atuar de forma bastante rápida na resolução de eventuais problemas referentes à qualidade no estágio precedente.

SACOMANO (1990), em relação à estratégia de desenvolvimento dos produtos iniciada em *Vendas/Marketing*, cita dois aspectos da Qualidade Total dentro do JIT:

- (1) O mercado condiciona as empresas a reverem permanentemente as estratégias de qualidade, obrigando-as a evoluírem consideravelmente neste ponto. A administração da qualidade está relacionada com a competitividade em relação à demanda dos produtos.
- (2) A área de *Vendas/Marketing* tem importância fundamental no processo como um todo, ficando na contingência de captar necessidades e tendências do mercado e apresentar, de forma antecipada, as características dos produtos requeridas pelo mercado.

De acordo com HAY (1992), aproximadamente 70 % do valor de um produto final é composto pelos materiais e pelos componentes adquiridos de fornecedores externos. Assim, para que a empresa possa fabricar um produto de alta qualidade, é necessário que esta mesma qualidade esteja presente nos itens adquiridos de fornecedores. Para a área de Materiais (Compras), o TQC aplicado no fornecedor passa a ser um aspecto de indiscutível importância ao suprimento dos materiais, assegurando a Qualidade Total dos processos de manufatura.

FLEURY & FLEURY (1995) comentam que a Qualidade Total requer que as atividades sempre obedeçam ao ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Action*) para que possam ser constantemente aprimoradas pelo *Kaizen*, discutido a posteriori. A estrutura do TQC inclui instrumentos *top-down* (desdobramento de políticas e auditorias), instrumentos de ação

lateral (gestão multifuncional e administração da rotina) e instrumentos *bottom-up*, como os Círculos de Controle da Qualidade (CCQ's) e as Atividades em Pequenos Grupos (APG's).

A manufatura JIT não utiliza um departamento de qualidade específico para verificar a qualidade dos itens manufaturados. A inspeção não agrega valor aos produtos e, portanto, deve ser eliminada. Assim, cada operário controla a qualidade dos itens em seu posto de trabalho, através de técnicas e princípios do Controle Estatístico de Processo (CEP). Por exemplo, o operador deve verificar periodicamente os aspectos dimensionais e visuais dos itens que está fabricando. Se alguma anormalidade for detectada, a causa é investigada e o equipamento pode ser novamente preparado ou ajustado. Este procedimento possibilita que o operador exerça o autocontrole do seu trabalho, privilegiando a fabricação com qualidade.

Para o *Just-In-Time*, a qualidade é um ganho gerado pela aplicação do TQC, sendo que o objetivo maior é a obtenção da "qualidade na fonte", que se configura em um meio de atendimento das exigências de mercado, propiciando a racionalização da produção e o aumento da lucratividade dos produtos. Desta forma, a alta qualidade de conformação é um mecanismo bastante eficiente para a redução dos custos de produção, pois, quanto maior a qualidade, uma quantidade maior de produtos é fabricada conforme as especificações, o que se traduz em menores desperdícios e retrabalho.

O TQC possibilita a manutenção do fluxo contínuo da manufatura, evitando a interrupção constante das linhas de produção e montagem, devido à existência de itens não-conformes. Os estoques entre os postos de trabalho não permitem a rápida visualização dos problemas de qualidade dos itens produzidos e confiabilidade de equipamentos.

A gestão da qualidade, portanto, deve contemplar mudanças no ambiente interno em relação aos processos, de modo a viabilizar a "produção sem defeitos". No âmbito externo, o fabricante deve interpretar o papel dos fornecedores como o estágio inicial de seus processos, integrando-os à cadeia produtiva e reconhecê-los como se fossem um posto de trabalho anterior à linha onde os itens serão inicialmente processados.

O principal preceito da Qualidade Total é a atribuição da responsabilidade pela qualidade à produção, garantindo que os produtos sejam fabricados dentro dos padrões e não apenas inspecioná-los após a sua produção. As funções do departamento de qualidade são:

- (1) Ministrando treinamento aos funcionários para a obtenção da "qualidade na fonte".

- (2) Conduzir auditorias aleatórias de qualidade nas áreas internas e nos fornecedores.
- (3) Prestar “consultoria” aos funcionários em relação aos problemas de qualidade.
- (4) Supervisionar os testes finais dos produtos acabados.
- (5) Auxiliar a difusão e a implementação dos conceitos de TQC.

HALL (1988), com referência à implantação do TQC, estipula sete princípios:

- (1) O início pelo consumidor, onde a qualidade é usada para a satisfação dos clientes finais.
- (2) A avaliação e a formalização da qualidade, de modo a adquirir conhecimento em relação aos problemas e a executar o aprimoramento dos sistemas produtivos.
- (3) A análise da qualidade, onde a qualidade é encarada como um benefício à organização, interferindo para que a qualidade dos produtos seja alcançada de forma natural.
- (4) O estabelecimento de metas e objetivos, onde está pressuposto o melhoramento contínuo dos níveis de qualidade, requerendo capacitação e treinamento constantes.
- (5) A responsabilidade na fonte, que privilegia a obtenção de qualidade em cada estágio produtivo, mantendo o espírito de Qualidade Total em produtos e processos.
- (6) A padronização, que é considerada como um ponto vital ao aperfeiçoamento da qualidade, reduzindo os desperdícios e a variabilidade de especificações nos processos.
- (7) A busca pelas operações à prova de falhas, centrada na premissa de que os erros devem ser imediatamente detectados e corrigidos para aperfeiçoar a qualidade.

A meta do TQC é atingir a perfeição através do aprimoramento contínuo (*Kaizen*). No *Just-In-Time*, quanto mais elevado o nível de qualidade, dentro do conceito de qualidade obtida na fonte, menores os dispêndios relativos ao controle da mesma. O procedimento típico é a inspeção do primeiro e do último item, garantindo a qualidade de conformação de todo o lote de produção. Os aspectos mais importantes do *Just-In-Time/TQC* são:

- (1) A disciplina da qualidade, que objetiva o enquadramento das atitudes dos funcionários em relação às metas da qualidade.
- (2) A paralisação das linhas, configurando a prioridade máxima para a qualidade. Em segundo plano está a quantidade produzida. Os postos de trabalho devem reduzir sua velocidade, ou mesmo parar, de modo que os problemas de qualidade sejam solucionados.
- (3) A inspeção total (“inspeção 100 %”), privilegiando o esforço para inspecionar os itens produzidos, utilizando os próprios operários responsáveis pela produção. Os erros são fontes de informações para o aprimoramento contínuo. A meta é “zero defeitos”.

- (4) Os lotes de fabricação reduzidos, permitindo que o fluxo de itens no processo produtivo seja mais rápido, facilitando a identificação de eventuais problemas de qualidade. Os pequenos lotes não privilegiam a formação excessiva de estoques, que tendem a esconder os problemas de qualidade.
- (5) A organização e a limpeza da fábrica, que são requisitos fundamentais à obtenção do conceito de qualidade na fonte
- (6) O excesso de capacidade produtiva, contribuindo aos princípios da redução da velocidade e da paralisação das linhas de fabricação e montagem. A execução de atividades baseadas na existência de capacidade excedente, permite que o ritmo de trabalho seja mais suave, favorecendo o aumento dos níveis de qualidade.
- (7) A verificação periódica dos recursos produtivos, que permite o aumento dos níveis de qualidade através dos incrementos de confiabilidade e capacidade. Este aspecto está ligado às atividades de manutenção preventiva dos equipamentos.

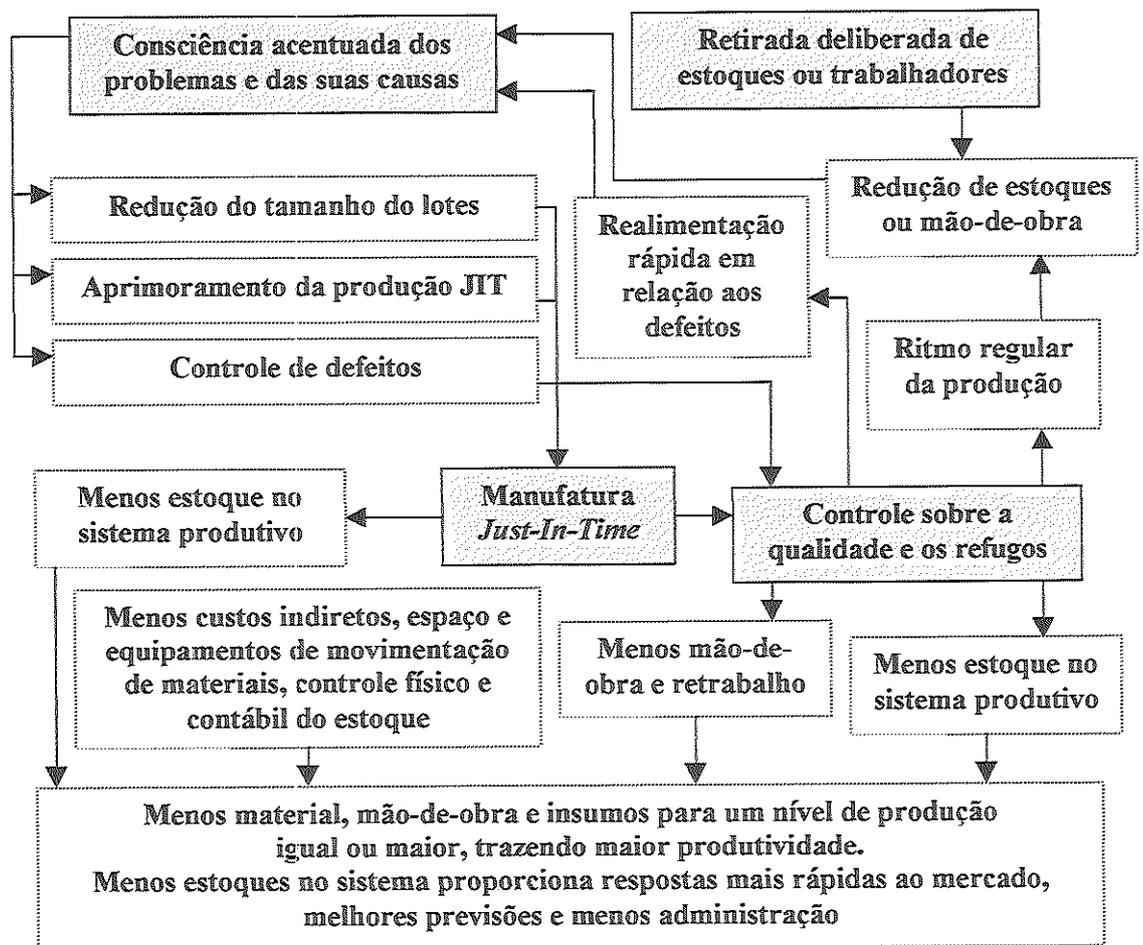


FIGURA 15 - A relação entre o *Just-In-Time* e o TQC. Fonte: SCHONBERGER (1987).

SCHONBERGER (1987) comenta a existência de uma profunda sinergia entre a filosofia de manufatura *Just-In-Time* e o Controle Total da Qualidade. A qualidade dos produtos está relacionada com a forma como os empregados são envolvidos, estimulados e capacitados para se empenhar na resolução definitiva dos problemas que ocorrem nos processos de manufatura.

A atuação dos CCQ's configura-se em um método de intensificação do conhecimento dos funcionários no trabalho e de aumento dos níveis de qualidade dos processos. YOSHIMOTO (1992) comenta que o objetivo dos CCQ's é motivar os trabalhadores a formarem pequenos grupos voluntários para o estudo do aprimoramento da qualidade e da produtividade na empresa. As reuniões periódicas são realizadas tanto no horário de expediente como em horários alternativos. O princípio que norteia os CCQ's é a ligação estreita entre qualidade e produtividade, onde o atingimento da Qualidade Total aumenta automaticamente os índices de produtividade.

Os CCQ's são poderosos instrumentos de motivação e integração da força de trabalho e devem ser implementados quando toda a organização já tiver absorvido os conceitos de "qualidade na fonte" e de eliminação de desperdícios.

As atividades em pequenos grupos (APG's) representam as equipes compostas por quatro a dez pessoas do piso de fábrica que se reúnem periodicamente com o propósito de diagnóstico e resolução dos problemas de manufatura, através da criação e da implantação de soluções. FLEURY & FLEURY (1995) comentam que o desenvolvimento e a utilização de conhecimentos são fortemente objetivados e associados à estratégia competitiva da empresa através da organização de APG's em todos os departamentos.

O TQC, bem como outros instrumentos do *Just-In-Time*, exige a implantação prévia de uma cultura organizacional adequada, apoiada no coletivismo e no respeito às pessoas. O aprimoramento da qualidade e da produtividade requer projetos sistêmicos de longo prazo, dependentes da presença de "facilitadores da qualidade", que são pessoas dentro do conjunto da força de trabalho responsáveis pela disseminação dos instrumentos e dos princípios da cultura de Qualidade Total.

2.7 - A otimização dos processos de manufatura

A otimização dos processos produtivos visa o aumento da flexibilidade de resposta do sistema de manufatura às necessidades do mercado consumidor. Esta flexibilidade é resultado da rápida adaptação às oscilações moderadas na demanda de curto prazo. Neste ponto, é importante a redução dos *leadtimes* de produção e espera, para que o sistema produtivo possa responder mais eficientemente aos pedidos de produtos.

A redução dos *leadtimes* de produção está apoiada na otimização do projeto dos produtos e dos processos, melhorando a fluidez das ordens de fabricação e montagem. O enfoque sistêmico do *Just-In-Time* deve ser mantido nos projetos dos produtos e nos processos de manufatura, de modo a minimizar o *leadtimes* de obtenção dos itens para a operação mais flexível em relação às expectativas dos clientes, transformando-se em diferencial competitivo em relação aos seus concorrentes.

De acordo com CORRÊA & GIANESI (1993), apenas em uma pequena fração do *leadtime* de produção estão sendo realizadas atividades que agregam valor aos produtos. Para facilitar a análise das estratégias de otimização dos processos, será feita a decomposição do *leadtime* de produção em cinco elementos principais, mostrados pela figura 16.

A análise e a otimização individual de cada componente permitem a maximização de todas as atividades agregadoras de valor que compõem o *leadtime* de produção.

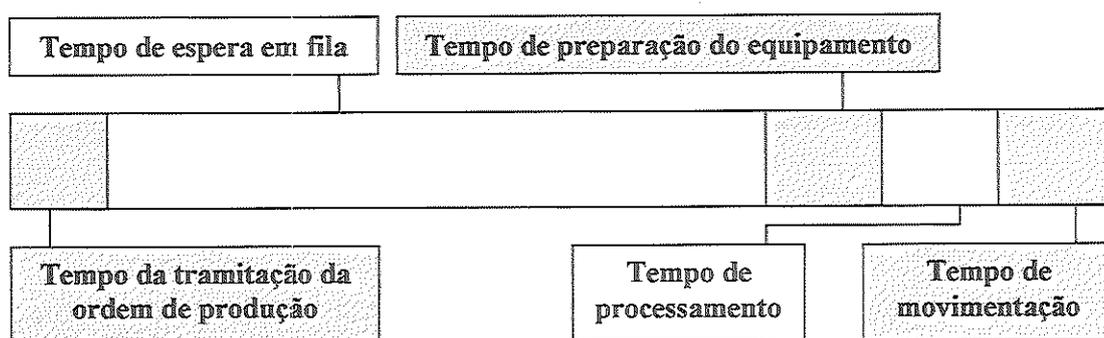


FIGURA 16 - Os principais componentes associados ao *leadtime* de produção.

O tempo de tramitação da ordem de produção é resultado da burocratização das ordens de fabricação e montagem. Os sistemas de emissão de ordens mais centralizados tendem a aumentar o tempo decorrente para o início das atividades produtivas. A utilização

de sistemas descentralizados de liberação de ordens ao nível da fábrica baseados no *Kanban*, é extremamente útil do ponto de vista da facilitação da comunicação e dos *feedbacks* relacionados às informações da produção. O *Kanban* praticamente elimina o tempo de tramitação das ordens, assegurando maior agilidade ao sistema de manufatura.

Em sistemas tradicionais de manufatura *job shop*, o tempo de espera em fila responde por mais de 80% do *leadtime* de produção, configurando-se como o elemento mais importante a ser minimizado pelo *Just-In-Time*, sendo resultado da somatória dos tempos de preparação do equipamento e processamento de cada uma das ordens executadas anteriormente em relação à ordem em questão. As maneiras para se otimizar o tempo de fila são a redução dos lotes de fabricação de todas as ordens, a redução do tempo de preparação dos equipamentos, o balanceamento das cargas de trabalho dos estágios produtivos e a sincronização das linhas de produção. O *Kanban* pode melhorar os canais de informações e evitar a excessiva formação de estoques intermediários.

O tempo de processamento, que segundo a filosofia JIT, é o único componente do *leadtime* de produção que tem sua duração justificada por agregar valor ao produto. O enfoque para sua redução é a utilização criteriosa do tempo necessário à fabricação e montagem dos itens, de modo a se produzir com excelente qualidade de conformação, prevalecendo a ausência de defeitos.

A redução do tempo de movimentação está atrelada à utilização do *layout* celular, que propicia a otimização das distâncias de transporte dos materiais ao longo dos processos produtivos. Os pequenos lotes de produção facilitam as atividades de movimentação. No *Just-In-Time*, o lote de movimentação é sempre reduzido e eventualmente menor que o lote de processamento em dado momento. O lote de transferência é sempre uma fração do lote de produção, beneficiando o funcionamento do *Kanban*.

SACOMANO (1990) comenta alguns elementos da produção *Just-In-Time* que se relacionam com o atingimento dos objetivos de melhoramento contínuo:

- (1) “Fazer a coisa certa da primeira vez”, que corresponde à eliminação de defeitos nos processos de fabricação e montagem, sendo considerado o conceito básico da qualidade.
- (2) A redução do tempo de preparação, através da troca rápida de ferramentas, melhorando a flexibilidade de resposta dos equipamentos.

- (3) A uniformização da carga da fábrica, que estipula o balanceamento de equipamentos e postos de trabalho, atuando também como um mecanismo de controle da produção.
- (4) A determinação do tamanho do lote de produção, que está ligada à melhoria do fluxo dos materiais, contribuindo à otimização dos parâmetros de desempenho dos processos.
- (5) A versatilidade da capacidade produtiva, que diz respeito à utilização de operários polivalentes com a competência de trabalhar em diversos equipamentos.
- (6) O controle através da visibilidade, que está relacionado ao pressuposto de que os processos podem ser controlados através de mecanismos visuais, como o *Kanban*.
- (7) A manutenção preventiva, que representa uma condição anterior à eliminação dos defeitos, exigindo operações com alta conformidade em relação aos projetos originais, equipamentos ajustados e confiáveis e controle da capacidade dos processos.
- (8) A conveniência de uso, relacionada à revisão permanente do projeto de tal maneira que seja continuamente adequado aos processos de manufatura.
- (9) A compactação do *layout*, que facilita a disposição de equipamentos e postos de trabalho em relação à atuação do operário multifuncional e à mínima movimentação de materiais.
- (10) A rede de fornecedores, baseado no conceito de que as empresas subcontratadas representam uma ampliação da fábrica e devem ser encaradas como co-produtoras.
- (11) O envolvimento dos operários, que ocorre basicamente através dos CCQ's e dos APG's.
- (12) A manufatura celular, que propicia a viabilização da produção em pequenos lotes, que são mais adequados ao *Just-In-Time*.
- (13) O *Kanban*, que representa o sistema operacional para se proceder a reposição dos materiais através de sinais visuais para todos os estágios produtivos.

A otimização das atividades ligadas à manufatura diz respeito à execução de atividades correlatas à filosofia de aprimoramento contínuo (*Kaizen*).

2.7.1 - A redução do tempo de preparação dos equipamentos

A redução do tempo de preparação dos equipamentos, através do conceito de troca rápida de ferramentas, é vital para a flexibilidade dos recursos produtivos e está apoiada pela fabricação em pequenos lotes, com otimização dos tempos de processamento. O conceito de lote econômico de produção é amplamente questionado pela filosofia JIT por não levar em conta o custo da qualidade dos itens, sendo que estes podem representar custos bem maiores do que os relacionados com a armazenagem e o investimento de capital para a obtenção.

A minimização do custo de obtenção se dá através da redução do tempo necessário à preparação dos equipamentos quando da troca do produto a ser produzido. Pode-se definir o tempo de *setup* como o tempo decorrido na troca do processo de produção de um lote até a produção do primeiro item de acordo com a qualidade de conformação do próximo lote. De acordo com MONDEN (1984), os pontos a serem observados são:

- (1) Enfocar a redução do tempo de preparação de acordo com as mesmas técnicas de engenharia industrial e aprimoramento aplicadas ao projeto do trabalho. A documentação de como o *setup* é feito atualmente, a eliminação de passos e a redução de tempo dos passos remanescentes visam a otimização das atividades de preparação.
- (2) Separar criteriosamente o *setup* interno do *setup* externo, pois apenas o primeiro se refere as atividades que requeiram que o equipamento esteja totalmente parado para que as mesmas sejam realizadas.
- (3) Converter, na medida do possível, o *setup* interno em externo. Esta é a providência prática mais importante na tentativa de reduzir o tempo de preparação a um período de apenas um dígito em minutos (*single-minute setup*). Para isto, deve-se ter todo o material pronto e próximo ao equipamento antes que a preparação seja iniciada.
- (4) Preparar o *setup* de forma cuidadosa e bem antes do momento em que será necessário.
- (5) Modificar o equipamento para permitir uma preparação fácil e uma pequena necessidade de ajustes. Os itens relevantes são o projeto de conexões do tipo macho-fêmea com engate rápido e a utilização de código de cores para identificação de peças e posições. Os ajustes representam a maior parcela da preparação e devem ser reduzidos ao máximo.
- (6) Desenvolver métodos de maneira a possibilitar que somente uma pessoa execute a maior parte do *setup*. Significa projetar dispositivos especiais para a armazenagem de ferramentas e dispositivos de fixação na mesma altura do ponto em que serão utilizados no equipamento, além de usar mesas com roletes para o manuseio de partes pesadas, permitindo um mínimo de esforço de movimentação.
- (7) Definir a utilização do equipamento após o mesmo ser preparado. Não destinar ao equipamento mais atividades do que as necessárias. Significa programar para um equipamento a fabricação de itens que utilizem a mesma preparação ou exijam preparação simples na troca de um produto para outro.
- (8) Praticar o processo de preparação do equipamento. A prática é tão importante para a redução do tempo de *setup* quanto o treinamento é para a otimização dos *leadtimes* das operações ligadas à manufatura.

De acordo com SLACK et al. (1997), os tempos de *setup* podem ser reduzidos através de três pontos básicos: a eliminação do tempo necessário à busca de ferramentas, a preparação prévia de tarefas que retardam as trocas de ferramental e a constante prática das rotinas de *setup*. A conversão do trabalho que era anteriormente executado enquanto o equipamento estava parado (denominado de *setup* interno) para ser executado enquanto o equipamento está em funcionamento (denominado de *setup* externo), possibilita a efetiva minimização dos tempos de preparação.

Os passos para a transformação do *setup* interno em externo são:

- (1) A utilização de ferramentas pré-montadas, de tal forma que uma unidade completa seja fixada ao equipamento, ao invés da montagem de vários itens enquanto o equipamento está parado. Preferivelmente, todos os ajustes devem ser executados externamente, assegurando que o *setup* interno seja apenas uma operação similar à montagem.
- (2) A montagem de ferramentas e matrizes em um dispositivo-padrão, permitindo que o *setup* interno consista em uma operação de montagem simples e padronizada.
- (3) A facilitação da carga e descarga de ferramentas e matrizes, que pode ser melhorada através do uso de dispositivos de movimentação de materiais, como esteiras de roletes e mesas com superfície constituída por esferas.

ESCRIVÃO FILHO (1987) cita como princípios da troca rápida de ferramentas:

- (1) A separação da preparação de ferramentas em componentes internos e externos. A preparação interna diz respeito às atividades que inevitavelmente requerem que o equipamento esteja parado. A preparação externa é referente às atividades que podem ser executadas enquanto o equipamento está em operação.
- (2) A transferência, na medida do possível, das atividades de preparação interna para a preparação externa, configurando-se no conceito mais importante relativo à otimização do tempo de troca de ferramentas.
- (3) A eliminação do processo de ajuste, que consome aproximadamente 50 a 70% do tempo total de preparação interna. A padronização da altura da ferramenta, a utilização de interruptores-limitadores de curso de ferramenta e o uso de carro-mesa para a remoção da ferramenta contribuem à redução do tempo das atividades de ajustes e regulagens.
- (4) A abolição, por si mesma, da etapa de troca de ferramentas através, por exemplo, do uso do mesmo item para vários produtos e a produção simultânea de vários itens.

A aplicação dos princípios de *setup* rápido requer ações rigorosas de âmbito operacional, para que se possa atingir reduções significativas de tempo de preparação. Dentre estas ações encontram-se:

- (1) O exame e a documentação de toda a atividade de preparação a ser executada.
- (2) A documentação das etapas de preparação interna e externa.
- (3) A padronização das partes necessárias à preparação do equipamento.
- (4) A redução do tempo de parada do equipamento através do uso de ferramentas de ajuste rápido, ferramentas suplementares e sistemas mecânicos de preparação.
- (5) A prática e o aprimoramento permanente dos procedimentos de preparação.

CLAUNCH (1996) comenta que a redução do tempo de *setup* propicia à empresa a alavancagem da excelência da manufatura, com ganhos relativos de produtividade e qualidade em produtos e processos. A redução do tempo de preparação configura-se em uma das mais importantes atividades de aprimoramento contínuo (*Kaizen*), possibilitando o trabalho em grupo e o fluxo contínuo dos produtos pelo sistema de manufatura.

A redução dos tempos de preparação dos equipamentos é um dos principais preceitos do *Just-In-Time*, assegurando a manufatura com elevados níveis de qualidade de conformação e flexibilidade de resposta à demanda final.

2.7.2 - A Manutenção Produtiva Total (TPM)

A Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance/TPM*) está ligada ao conceito de dependência do *Just-In-Time* em relação às atitudes da mão-de-obra, na medida em que a manutenção preventiva simples e executada pelos próprios operários garante, em grande parte, a confiabilidade dos equipamentos, contribuindo para a diminuição de quebras e interrupções de produção. A TPM aproveita o conhecimento dos operários no uso dos equipamentos para as atividades de manutenção, aumentando suas responsabilidades pela confiabilidade das instalações.

A TPM visa atender a meta de “quebra zero”, contribuindo para a manutenção de um fluxo contínuo durante a manufatura dos produtos. Apesar do enfoque no *hardware*, envolve grandes mudanças culturais no ambiente fabril, pois possui dois aspectos principais:

- (1) O melhoramento físico, que diz respeito ao aperfeiçoamento de máquinas e dispositivos já existentes e aos projetos otimizantes de novos equipamentos.
- (2) O melhoramento comportamental, relacionado à “mudança de atitudes” por parte dos operadores (adquirindo a capacidade de conservação dos equipamentos), da manutenção corporativa (apoiando as atividades de manutenção preventiva e corretiva) e da Engenharia Industrial (projetando equipamentos que requeiram baixa manutenção).

A Manutenção Produtiva Total pode ser definida como a manutenção realizada nos equipamentos e instalações fabris pelos próprios operadores através de atividades em pequenos grupos, visando obter elevada confiabilidade e eficiência econômica no projeto de fábricas. A TPM pode ser considerada uma evolução natural da manutenção corretiva para a manutenção preventiva, onde são adotados princípios de trabalho em equipe e *empowerment*, além da abordagem multidisciplinar de melhoramento contínuo usada para prevenção de falhas, relacionada ao conceito de *Kaizen*, discutido posteriormente neste trabalho.

Os objetivos da TPM são a obtenção da confiabilidade, da disponibilidade para as operações e da manutenibilidade dos equipamentos (facilidade e simplicidade de execução das atividades de manutenção). A meta de “quebra zero” é atingida pela observação de cinco requisitos:

- (1) A rigorosa definição das condições operacionais de equipamentos e dispositivos.
- (2) O elevado grau de respeito às condições operacionais.
- (3) A mudança e o aperfeiçoamento dos equipamentos e do ambiente fabril.
- (4) A eliminação das deficiências de projeto e equipamentos e dispositivos.
- (5) O aumento da capacitação técnica dos operadores.

De acordo com SLACK et al. (1997), a TPM visa o estabelecimento de práticas excelentes de manutenção na manufatura, através da perseguição de cinco metas principais:

- (1) A melhoria da eficácia dos equipamentos. A perda de eficácia está apoiada em outros três tipos de perdas, que precisam ser prontamente identificadas para a melhoria da eficácia dos equipamentos. Estes três tipos de perdas são classificadas em perdas por tempo parado (parada de equipamentos e *setup*), perdas de velocidade (ociosidade e pequenas paradas) e perdas por defeitos (problemas de qualidade e retrabalho).
- (2) A realização da manutenção autônoma. Pressupõe a responsabilidade dos operadores pela manutenção dos equipamentos. A evolução da responsabilidade pela manutenção autônoma de equipamentos e instalações está fundamentada nos níveis de consertos

(caráter corretivo e reação a problemas), prevenção (previsão de problemas e realização prévia de ações preventivas) e melhoria (predição do futuro para antecipação de problemas e proposição de melhorias para a prevenção de recorrências).

- (3) O planejamento da manutenção. O objetivo é a abordagem totalmente voltada às atividades de manutenção, incluindo o nível de manutenção preventiva necessário para cada item do equipamento, os padrões para a realização da manutenção preditiva (monitoramento contínuo de subsistemas) e as respectivas responsabilidades da mão-de-obra direta e do *staff* de manutenção.
- (4) O desenvolvimento de habilidades de manutenção relevantes. A ênfase é o treinamento contínuo para o pessoal de cunho operacional.
- (5) A obtenção da gestão dos equipamentos. O pressuposto é evitar totalmente a manutenção através da “prevenção da manutenção”, que abrange o entendimento das causas das falhas e o projeto voltado à manutenibilidade e à instalação.

A TPM é um dos subsistemas mais importantes do *Just-In-Time*, pois possibilita a manufatura em fluxo contínuo com elevados níveis de qualidade. Além disto, propicia também o enfoque de melhoramento contínuo (*Kaizen*) das instalações fabris, alavancando o comprometimento e a participação da força de trabalho.

2.7.3 - A filosofia de melhoramento contínuo (*Kaizen*)

O melhoramento contínuo (*Kaizen*) é uma abordagem de aprimoramento do desempenho de uma organização que presume várias etapas de melhoramento incremental, considerado como um processo contínuo e interminável. O *Kaizen* visa o aprimoramento através da conscientização, da identificação e da resolução de problemas.

Esta filosofia envolve a utilização de várias técnicas na resolução dos problemas, sendo que o melhoramento deve ser progressivo e incremental, atingindo níveis contínuos de aprimoramento em relação às soluções adotadas. Na consolidação de um novo nível, a melhoria obtida deve ser padronizada e efetivamente mantida.

Para IMAI (1992), a abordagem do *Kaizen* é baseada em dois componentes:

- (1) A manutenção, que compreende as atividades para manter os atuais padrões tecnológicos, administrativos e operacionais através de treinamento e disciplina.

- (2) O melhoramento, que se refere às atividades realizadas para aprimorar todos os padrões atuais de desempenho da organização, estabelecendo gradualmente padrões mais altos.

O melhoramento no ambiente industrial pode ser dividido em *Kaizen* e inovação. O *Kaizen* significa pequenos melhoramentos feitos no *status quo*, como resultado dos esforços contínuos. A inovação (melhoramento revolucionário) envolve uma modificação ambiental drástica, como resultado de um grande investimento em tecnologia ou equipamento.

Quando é introduzida uma inovação em um processo administrativo ou produtivo, o novo nível de desempenho ficará mais consolidado e, eventualmente, sofrerá um decréscimo menor, se o novo padrão for constantemente desafiado e aperfeiçoado. Portanto, se uma inovação é realizada, esta deve vir acompanhada por uma série de esforços de *Kaizen* para a sua manutenção e melhoramento.

O *Kaizen* está relacionado intimamente à função Qualidade e, por consequência, ao TQC. As principais abordagens usadas na resolução de problemas através de *Kaizen* são o Controle Estatístico de Processo (CEP), os CCQ's e o Ciclo PDCA (Ciclo de Deming). O Ciclo de Deming enfatiza a interação entre Pesquisa, Projeto, Produção e Vendas para o alcance da excelência em qualidade, visando a satisfação dos clientes.

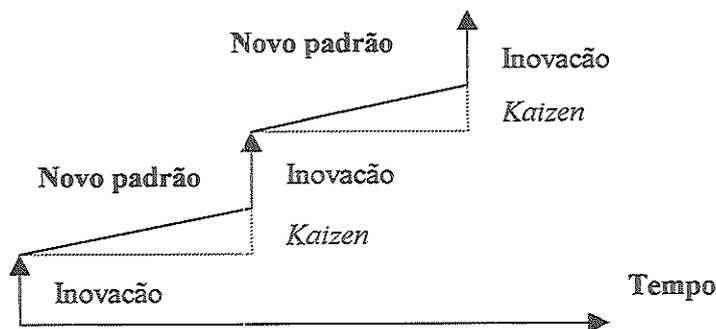


FIGURA 17 - O modelo de inovação e o *Kaizen*.

O Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) pode ser considerado como a base do melhoramento contínuo, pois o *Kaizen* implica em um processo de questionamento repetitivo a respeito dos trabalhos detalhados de operações ou atividades que compõem determinado processo. Configura-se em uma seqüência de atividades que são percorridas de maneira cíclica para o melhoramento de outras atividades.

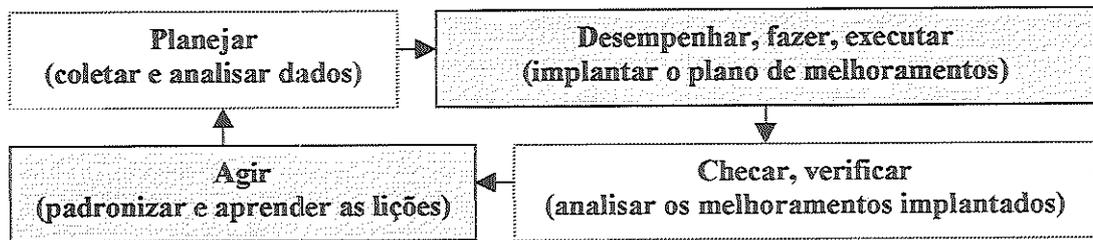


FIGURA 18 - O Ciclo PDCA.

De acordo com CAMPOS (1992), o Ciclo PDCA pode também ser utilizado para a manutenção de um certo nível de desempenho atingido. Neste caso é designado de Ciclo SDCA (*Standard, Do, Check, Action*). O trabalho executado através do Ciclo SDCA consta essencialmente do cumprimento de procedimentos já definidos e padronizados, como o nível de qualidade-padrão, o custo-padrão, a quantidade-padrão etc.

O meio para se obter o melhoramento contínuo dos processos produtivos e administrativos é a combinação do Ciclo PDCA para a melhoria e do Ciclo SDCA para a manutenção. A melhoria de um processo é o aperfeiçoamento gradual dos seus padrões de desempenho. Cada melhoria corresponde a um novo nível de desempenho (nível de controle), que necessita ser temporariamente mantido, para então ser aperfeiçoado novamente. A manutenção do nível de desempenho obtido é feita através da aplicação sistemática do Ciclo SDCA, que envolve a definição de procedimentos padronizados necessários à manutenção dos resultados obtidos no processo.

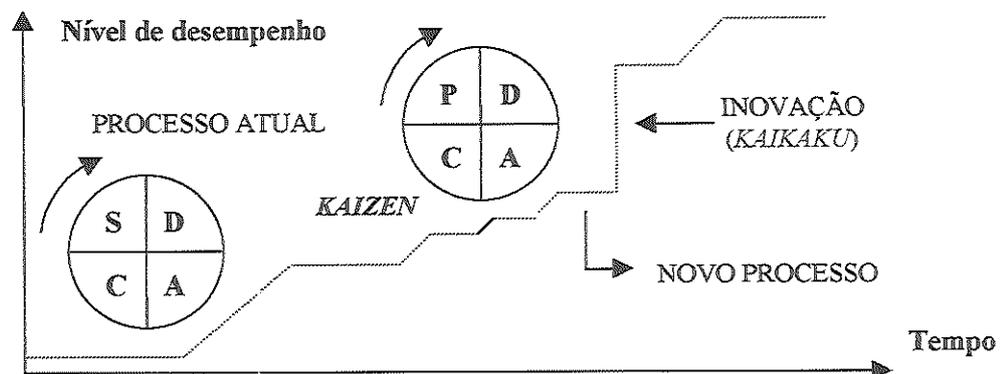


FIGURA 19 - O Ciclo PDCA e o Ciclo SDCA. Fonte: CAMPOS (1992).

O Ciclo PDCA é iniciado no estágio P (Planejar), que envolve o exame do atual método ou área onde está sendo observado um problema ou uma necessidade de melhoria. O estágio P envolve a coleta e a análise dos dados, de modo a formular um plano de ação para o melhoramento do desempenho da função ou da atividade inicial. Uma vez que o plano de melhoramento tenha sido acordado, o próximo estágio é o D (Desempenhar), onde será implementado o plano de ação definido no estágio P. Ainda, dentro do estágio D, pode ser usado novamente o Ciclo PDCA para se resolver possíveis problemas de implementação.

Na seqüência, o estágio C (Checar) faz a avaliação da nova solução implementada para a verificação dos resultados e dos melhoramentos nos índices de desempenho anteriores. Finalmente, o estágio A (Agir) consolida e padroniza a mudança implementada desde que seja bem-sucedida e formaliza as “lições” aprendidas, de modo a garantir que o Ciclo PDCA seja eventualmente iniciado em um nível de desempenho mais elevado que o anterior. Em uma filosofia de melhoramento contínuo, o Ciclo PDCA nunca pára ou termina, tornando a melhoria inicial implementada como ponto de partida para outras melhorias, de maneira que a função ou processo seja continuamente aprimorado.

No Ciclo PDCA, quando uma solução proposta é colocada em prática, a etapa seguinte é a verificação de sua efetividade. Se for descoberto que a solução é um melhoramento, então esta é adotada como novo padrão de desempenho para o processo ou a operação. Frequentemente, este novo padrão é distribuído horizontalmente para outras áreas e departamentos da organização. A figura 20 mostra o Ciclo PDCA desmembrado, também chamado de Ciclo de Resolução de Problemas.

O *Kaizen* exige a necessidade de padrões precisos e determinados para as atividades produtivas e administrativas. A padronização é um dos pontos mais importantes do *Just-In-Time* e do TQC e, antes da introdução do *Kaizen*, a empresa deve compreender e mensurar todos os padrões de desempenho. A estratégia de melhoramento contínuo representa um desafio permanente aos padrões de desempenho existentes. Os padrões existem para serem substituídos por padrões melhores. Uma vez que um novo padrão tenha sido estabelecido, a administração deve se certificar que todos os funcionários o estão seguindo rigorosamente.

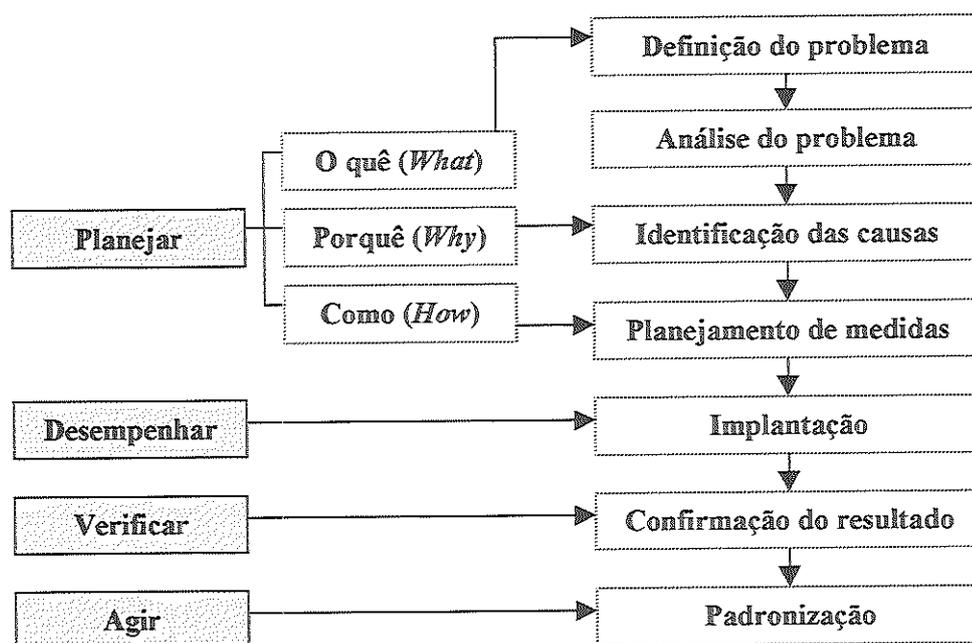


FIGURA 20 - O Ciclo de Resolução de Problemas. Fonte: IMAI (1992).

De acordo com IMAI (1992), o meio mais fácil para o atingimento do *Kaizen* é o *Just-In-Time* e o TQC, auxiliando a organização a enfrentar quaisquer mudanças ambientais sérias ou outros problemas externos, a conquistar a confiança do consumidor e a aumentar os lucros, através de atividades de melhoramento. O *Kaizen*, considerado uma continuação natural do conceito de incorporação da qualidade nas pessoas, é dependente dos esforços de treinamento conferidos à administração e à mão-de-obra direta.

A incorporação dos conceitos de qualidade ao cotidiano das pessoas através de práticas de treinamento para a utilização das técnicas de solução de problemas, melhorias graduais do ambiente de trabalho e padronização dos resultados para se evitar a repetição dos problemas, configura o ciclo interminável de melhoramento contínuo. Somente a partir deste processo, as pessoas estarão inclinadas a praticar o *Kaizen* nas atividades. Sob o enfoque do *Kaizen*, as três metas primordiais do *Just-In-Time/TQC* são:

- (1) A empresa deve oferecer produtos e serviços que satisfaçam as necessidades do consumidor e que conquistem a sua confiança.
- (2) O direcionamento da corporação para lucros mais altos através de medidas como melhores procedimentos de trabalho, menores taxas de defeitos nos produtos, menores custos e melhor nível de atendimento do mercado consumidor.

- (3) O estímulo permanente aos funcionários, de modo que possam utilizar seu potencial na realização das metas da corporação, com particular ênfase em áreas como a distribuição do plano de ação e as atividades voluntárias.

A preocupação constante com os processos e a obtenção de dados para a efetuação de melhoramentos encoraja os funcionários a irem até o estágio anterior para procurar as causas dos problemas. Para a orientação na resolução dos problemas de manufatura, Taiichi Ohno confeccionou a metodologia 5W1H, baseada no refinamento sucessivo das causas através do questionamento (“porquês”) e nos modos de eliminação (“como”).

A administração multifuncional (administração das interfaces) está baseada na cooperação entre as diversas áreas em atividades ligadas à redução de custos, à garantia da qualidade e ao melhoramento contínuo. O *Kaizen* busca a colaboração de todos os funcionários. O rompimento às “barreiras departamentais”, de maneira a solucionar definitivamente as rivalidades, é fundamental para o melhoramento dos canais de comunicação e para a otimização das atividades internas.

Integração do *hardware* (recursos físicos), do *software* (métodos de trabalho) e do *humanware* (recursos humanos)

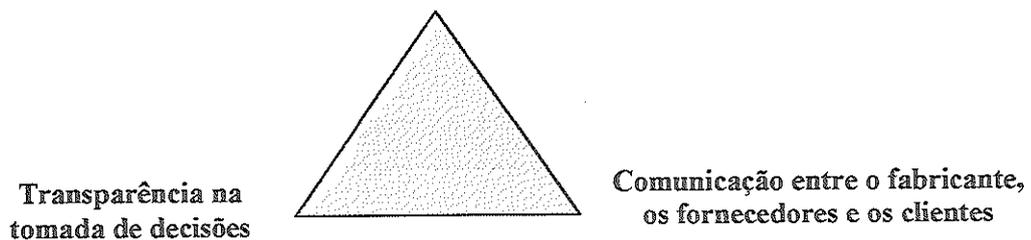


FIGURA 21 - Os requisitos para o *Just-In-Time*, para o TQC e para o *Kaizen*.

O *Kaizen*, de acordo com a visão de IMAI (1992), é dividido em três segmentos dependentes entre si e relacionados à complexidade de aplicação: o *Kaizen* orientado para a administração, o *Kaizen* orientado para o grupo e o *Kaizen* orientado para as pessoas.

O *Kaizen* orientado para a administração é fundamental para o incentivo ao melhoramento contínuo em toda a organização, para a manutenção dos ganhos adquiridos e para o aumento da motivação dos funcionários. Envolve o melhoramento de questões estratégicas onde é importante o trabalho focalizado nas equipes multidisciplinares, nas equipes de projeto e nas forças-tarefas.

O *Kaizen* orientado para a administração se subdivide no *Kaizen* das instalações e no *Kaizen* dos sistemas. O primeiro envolve o planejamento aperfeiçoado da capacidade, as mudanças no *layout*, as alterações na filosofia de planejamento, as mudanças nos processos e nos equipamentos e a autorização para a parada da linha de produção na ocorrência de problemas de qualidade. O *Kaizen* dos sistemas diz respeito ao melhoramento das áreas administrativas, como o planejamento e controle das atividades, os processos de tomada de decisões e a organização dos sistemas de informações.

O *Kaizen* orientado para o grupo é baseado nas atividades dos CCQ's, dos APG's e dos grupos de administração voluntária (*Jishu Kanri/JK*). O enfoque das atividades destes grupos é o aprimoramento da qualidade e da produtividade, baseado no Ciclo PDCA.

O *Kaizen* orientado para as pessoas é viabilizado pela utilização do sistema de sugestões, que enfatiza o princípio de que a pessoa deve trabalhar com mais empenho, sendo considerado um grande incentivador do moral. A receptividade e a atenção da administração são essenciais para que os funcionários realizem melhoramentos nos métodos de trabalho e nos processos de manufatura.

O sistema de sugestões é utilizado de maneira que possa conscientizar os funcionários acerca da importância dos melhoramentos nos equipamentos e nos processos e da comunicação com a administração. A alta administração deve assegurar que o sistema de sugestões seja bastante dinâmico e zelar pelo reconhecimento das pessoas.

De acordo com IMAI (1992), a administração multifuncional e o desdobramento do plano de ação são conceitos importantes para a disseminação do *Kaizen*. A administração multifuncional se refere à coordenação das atividades nas diferentes áreas para a realização das metas do *Kaizen*. O desdobramento do plano de ação diz respeito à implantação dos planos de melhoramentos do *Kaizen* nos vários níveis organizacionais

Os objetivos do *Kaizen* são levados aos níveis hierárquicos mais baixos através do desdobramento do plano de ação. A alta administração deve elaborar os planos de ação para o médio e o longo prazos, definindo metas de melhoramentos com base em estratégias de longo alcance. O desdobramento diz respeito à decomposição e à transmissão aos vários níveis da organização.

A administração multifuncional pressupõe o envolvimento das áreas funcionais para se atingir as metas dos planos de ação do *Kaizen*. As metas multifuncionais devem atravessar todas as áreas produtivas e administrativas para que tenham respaldo e rompam as barreiras de comunicação entre os departamentos.

O desdobramento do plano de ação é feito para que as metas da alta administração sejam desmembradas e repassadas aos níveis inferiores de administração e execução. As metas que foram elaboradas de forma mais abstrata pela alta administração se tornam cada vez mais concretas e específicas à medida que são desdobradas. A definição de prioridades é um aspecto importante, já que os recursos a serem mobilizados geralmente são limitados.

Segundo DEVELIN (1995), o foco principal do *Kaizen* é a eliminação de desperdícios e quaisquer atividades desnecessárias, liberando recursos que possam ser repassados às áreas de desempenho crítico. As atividades de *Kaizen* estão baseadas em um processo de dois estágios:

- (1) O estudo de impacto. As pessoas devem identificar todas as atividades que falham em agregar valor nos produtos acabados.
- (2) A melhoria. Constitui a primeira oportunidade de participação coletiva e discussão de propostas, sendo iniciada com a evolução dos relacionamentos pessoais, buscando um clima organizacional em que todos se tratam como desejassem ser tratados.

O treinamento, quando aplicado em conjunto com as técnicas de melhoramento contínuo, auxilia as pessoas na realização e no estabelecimento de novos padrões. O apoio às pessoas facilita a decisão sobre quais alvos devam ser atingidos e os recursos que necessitam ser alocados. As barreiras culturais que não permitem o trabalho em equipe e a cooperação precisam ser derrubadas, de modo a manter o progresso, a ética do comprometimento e o entusiasmo para o melhoramento contínuo. O *Kaizen* engloba os seguintes pontos:

- (1) Envolver as pessoas na geração de propostas e na melhoria dos processos.
- (2) Estimular os administradores a assumir o papel de líderes do melhoramento contínuo.
- (3) Realizar as melhorias na capacidade produtiva através do rebalanceamento dos recursos.
- (4) Estabelecer a credibilidade e a recompensa pela consecução dos ganhos e benefícios.

Para o *Kaizen*, a educação garante o sucesso dos processos de resolução de problemas e a eficácia das melhorias introduzidas, configurando-se em um processo de longo prazo de modo a se construir a compreensão dos novos conceitos, das crenças e das atitudes,

estimulando mudanças desejáveis no comportamento. Os fatos que ocorrem na empresa são oportunidades de educação e aprendizado coletivos.

O treinamento constante é considerado um dos meios mais eficazes para se educar os funcionários. O *Kaizen* considera o treinamento como um plano de ação claramente definido e projetado para destacar aptidões, conhecimentos e capacidades. Possui uma variedade de formas, incluindo cursos conduzidos por instrutores, treinamento no local de trabalho, transferência de tarefas e aprendizado estruturado através de projetos.

O *Kaizen* propicia a redução de esforços perdidos ou das “atividades para apagar incêndios”. O estímulo às atividades de melhoramento contínuo otimiza substancialmente a eficácia dos processos e, conseqüentemente, o nível de atendimento dispensado aos clientes.

2.7.4 - O *Housekeeping* (5S)

O objetivo do programa de *Housekeeping* (5S) é o aperfeiçoamento das condições de trabalho na organização. Está atrelado à criação do “ambiente da Qualidade Total”, visando a potencialização dos esforços de todos os funcionários, desde as funções indiretas até as atividades ligadas à produção. Focaliza as ações de melhoria do ambiente de trabalho sobre a natureza humana, no sentido de ser um agente permanente de motivação psicológica. O *Housekeeping* tem o papel fundamental de disciplinar e promover a organização no sentido de busca do ambiente ideal para a instauração da manufatura *Just-In-Time*.

A organização e a limpeza são itens fundamentais ao sucesso de aspectos como a confiabilidade dos equipamentos, o controle e o aprimoramento da qualidade, a visibilidade dos problemas, a redução de desperdícios e a condição moral dos trabalhadores. A complacência com equipamentos sujos não incentiva a mão-de-obra a executar adequadamente a manutenção produtiva, de modo a garantir a confiabilidade dos equipamentos e a permitir a redução dos estoques. A influência da organização da fábrica sobre a qualidade dos processos é fundamental pois torna os problemas visíveis, contribuindo para a rápida identificação dos mesmos. A limpeza induz à disciplina dos trabalhadores em relação a todos os principais aspectos da filosofia *Just-In-Time*.

O *Housekeeping* está associado à busca de um ambiente saudável, no qual se possa produzir bens e serviços com qualidade e produtividade. Os resultados significativos decorrentes de sua implantação são:

- (1) A melhoria do clima organizacional, da comunicação e da auto-estima dos empregados.
- (2) A redução do número de acidentes de trabalho.
- (3) O aumento do nível de qualidade em processos e produtos e da produtividade sistêmica.
- (4) A redução do tempo de parada dos equipamentos.
- (5) O exercício da administração participativa.

De acordo com FLEURY & FLEURY (1995), o *Housekeeping* foi a primeira tarefa designada por Taiichi Ohno às equipes de funcionários da Toyota para consolidar as idéias de separação, ordem, limpeza, asseio e disciplina, respectivamente.

No início do desenvolvimento e da aplicação dos principais conceitos do Sistema Toyota de Produção, Ohno atribuiu às equipes de trabalho as atividades de *Housekeeping* de acordo com a aplicação de cinco sentidos (preceitos), pequenos consertos e inspeções de qualidade como forma de integrar os trabalhadores à estrutura física da fábrica. A partir do início dos trabalhos em equipes de funcionários, várias sugestões de melhorias dos processos foram sugeridas e implementadas. Os trabalhos das equipes de *Housekeeping* marcam também o início das atividades dos CCQ's.

O *Housekeeping* foi formalizado nas empresas japonesas no início da década de 50, e está ligado à base estrutural das organizações industriais. SILVA (1996) comenta que o *Housekeeping* consiste na aplicação sequencial e periódica de cinco princípios ou sentidos:

- (1) *Seiri* (senso de utilização ou organização): distinguir o necessário do desnecessário e eliminar o desnecessário.
- (2) *Seiton* (senso de ordenação ou arrumação): definir um arranjo simples que permita obter apenas o que você precisa, quando precisa.
- (3) *Seiso* (senso de limpeza): eliminar o lixo, a sujeira e os materiais estranhos, tomando o local de trabalho mais limpo. A limpeza facilita a inspeção das instalações.
- (4) *Seiketsu* (senso de saúde): manter as coisas organizadas, arrumadas e limpas, incluindo os aspectos pessoais e os relacionados à poluição.
- (5) *Shitsuke* (senso de autodisciplina): fazer naturalmente as coisas certas.



Os sentidos devem ser implementados no ambiente de trabalho de forma gradual e seqüencial, ou seja, a implantação de um sentido deve ser iniciada após a consolidação de todos os pressupostos do sentido anteriormente implementado. Os três primeiros sentidos (utilização, ordenação e limpeza) são considerados básicos, introduzindo princípios fundamentais para a consecução de um ambiente ideal para a introdução do *Just-In-Time*. Os outros dois sentidos (limpeza e autodisciplina) são considerados como complementares, garantindo a completa efetividade dos sentidos básicos.

O sentido de utilização (*Seiri*) está vinculado à utilização de todos os recursos disponíveis com bom senso e moderação, evitando a falta ou a ociosidade dos mesmos. O enfoque é a manutenção dos recursos necessários no ambiente considerado.

O sentido de utilização é de extrema importância e prioridade para a organização do ambiente de trabalho. Os seus princípios são a eliminação de recursos desnecessários e o controle dos recursos através de métodos de armazenagem.

A eliminação de recursos desnecessários segue algumas regras de acordo com a duração das ações planejadas. As regras de curto prazo se baseiam em uma análise dos recursos desnecessários nos ambientes de trabalho. As regras de longo prazo traduzem a preocupação com a educação e com a criação de um ambiente participativo para a solução de problemas, mantendo os ganhos obtidos com a aplicação das regras de curto prazo. Os recursos desnecessários que não têm potencial de utilização são eliminados através dos procedimentos de descarte (sucateamento). Já os recursos desnecessários que são potencialmente úteis devem ser transferidos para as possíveis áreas de utilização.

O controle dos recursos através de métodos de armazenagem define o grau de importância e elimina os recursos desnecessários. Garante, também, o acesso imediato aos recursos necessários e essenciais. As decisões são relativas à frequência de uso dos recursos, assegurando a disponibilidade e a manutenção de estoques necessários.

Alguns benefícios decorrentes do sentido de utilização são a liberação de áreas para diversas finalidades, a reciclagem de recursos escassos, a alocação de pessoas para outras atividades, o combate à burocracia e a diminuição de custos.

A eliminação dos estoques dos recursos necessários é uma das metas do *Just-In-Time* e também preconizada pelo senso de organização. A sua efetividade a longo prazo contribui para o desenvolvimento da disciplina coletiva no ambiente de trabalho.

O senso de ordenação (*Seiton*) tem como pressuposto o fato de que os recursos necessários devem ser dispostos de forma sistemática, facilitando o acesso através da comunicação visual. Este aspecto é imprescindível à compreensão instantânea das informações e à ordenação dos recursos.

Os objetivos principais do senso de arrumação são:

- (1) A criação de ambientes com *layout* e arrumação eficientes, incluindo os requisitos de qualidade e segurança no trabalho.
- (2) O aumento da produtividade através da eliminação do tempo gasto com a procura dos recursos necessários à execução do trabalho.

De acordo com OSADA (1992), o senso de ordenação tem como objetivos a armazenagem funcional e a eliminação da procura dos recursos necessários. A armazenagem funcional está apoiada no conceito de que os recursos semelhantes devem ser guardados em um mesmo local, ou seja, os recursos que tenham a mesma função devem ser armazenados em áreas ou estruturas próximas.

A eliminação da procura dos recursos necessários facilita a utilização, reduzindo o tempo de busca. As principais atividades associadas são:

- (1) A melhoria do *layout* e do fluxo de atividades e pessoas.
- (2) A identificação das áreas de armazenagem dos recursos.
- (3) A disposição dos recursos de acordo com a frequência de uso.
- (4) A padronização de termos e expressões de uso comum na organização.
- (5) A armazenagem de recursos semelhantes em um mesmo local.
- (6) A delimitação e a identificação de todas as áreas do ambiente de trabalho.
- (7) A estipulação da regra FIFO (*First-In, First-Out*) para a utilização dos recursos.
- (8) O estabelecimento da ordenação funcional de equipamentos, materiais, ferramentas etc.
- (9) A elaboração e a organização de quadros de aviso.

Os benefícios do senso de ordenação são a otimização do sistema de informações gerenciais e arquivos, a melhoria do *layout* das instalações, a desobstrução de corredores e

passagens, a melhoria da armazenagem de ferramentas e dispositivos, a economia de tempo de espera das atividades, a melhoria do fluxo de pessoas e materiais e a diminuição do *stress* por buscas mal sucedidas de recursos.

A elaboração de procedimentos de manutenção e armazenagem eficientes, que não negligenciem a segurança e a qualidade, é vital à otimização dos inventários. A definição dos níveis de estoques dos recursos necessários é importante para a efetividade do senso de ordenação. Quanto menores os estoques, melhor a ordenação e a utilização dos recursos.

O senso de limpeza (*Seiso*) é definido como a eliminação rotineira e habitual de detritos e de partículas sólidas e líquidas do ambiente de trabalho e dos equipamentos, garantindo o asseio e combatendo a sujeira. A limpeza é uma oportunidade para inspeções detalhadas nos equipamentos, de maneira a identificar os problemas reais ou potenciais. A aplicação deste senso compreende três etapas, mostradas e explicadas pela figura 22.

Etapas	Descrição	Conteúdo das principais atividades
1	Macro-atividades	Limpeza do ambiente e tratamento de causas da sujeira
2	Atividades individuais	Tratamento dos locais de trabalho e equipamentos
3	Micro-atividades	Limpeza de ferramentas e correção de causas da sujeira

FIGURA 22 - As etapas para a aplicação do senso de limpeza.

As atividades do senso de limpeza compreendem a eliminação do lixo e da sujeira, a limpeza e a inspeção do ambiente, dos equipamentos, das ferramentas e dos dispositivos e a solução de problemas através das inspeções de limpeza.

Os benefícios a curto prazo do senso de limpeza são a melhoria do bem-estar dos funcionários, o sentimento de excelência transmitido aos clientes, a prevenção de acidentes e a melhoria da manutenção dos equipamentos. A limpeza é uma das atividades básicas do *Housekeeping*. O enfoque inicial é a limpeza de todo o ambiente de trabalho. Posteriormente, a limpeza deve ser usada como instrumento de inspeção de equipamentos, visando a detecção de pequenos problemas e a prevenção de eventuais panes e defeitos, de modo a se reduzir os custos com a manutenção corretiva.

O senso de saúde (*Seiketsu*) consiste no estabelecimento de procedimentos de organização, arrumação e limpeza, com a preocupação constante de garantir a efetividade

dos três sentidos básicos anteriores, os aspectos pessoais e a higiene no ambiente de trabalho. O seu enfoque é a preocupação com a saúde das pessoas, sendo que o objetivo principal é a potencialização da energia dos trabalhadores para a sua adequada transformação em trabalho físico e intelectual. Desta forma, são criados mecanismos eficazes para a manutenção dos três sentidos básicos, visando a manutenção do bem-estar global do ambiente, em termos de higiene, segurança e saúde física e mental das pessoas.

O estímulo à manutenção das condições ideais de higiene e saúde no ambiente de trabalho é a ênfase principal dada por SILVA (1996) ao senso de saúde. A sua efetividade está baseada nos seguintes pontos:

- (1) A manutenção e o melhoramento contínuo (*Kaizen*) dos três sentidos anteriores.
- (2) O mapeamento e a eliminação das situações inseguras.
- (3) A garantia de alimentação equilibrada aos funcionários.
- (4) A manutenção de excelentes condições de higiene em todas as dependências.
- (5) A conscientização e a educação sobre saúde e higiene pessoal e ambiental.
- (6) A racionalização de atividades e o embelezamento dos locais de trabalho.
- (7) A promoção de atividades para a restauração do equilíbrio físico, mental e emocional.
- (8) O estabelecimento de um clima de confiança e solidariedade no ambiente de trabalho.
- (9) O pagamento de salários dignos e outros benefícios.

Os princípios do senso de saúde, segundo OSADA (1992), são o controle visual do ambiente e a padronização. O controle visual do ambiente pressupõe a detecção instantânea de cuidados, de instruções de operação, de anormalidades e de áreas de atenção e perigo dentro do ambiente de trabalho. As principais atividades do controle visual são:

- (1) A codificação por cores em tubulações, fiações e dispositivos.
- (2) A demarcação de pontos críticos como áreas perigosas e partes de equipamentos que exigem cuidados ou atividades especiais de manutenção.
- (3) A comunicação visual através de desenhos e esquemas colocados em placas e avisos, visando a rápida compreensão das informações.

O controle visual deve obedecer alguns requisitos como a visibilidade à distância, a localização pertinente, a compreensão universal, a utilização de instruções e advertências e a facilidade de correção dos parâmetros indicados, caso houver necessidade.

A padronização tem por finalidade a manutenção de longo prazo dos benefícios proporcionados pelos três sentidos básicos. Os enfoques são a criação de padrões simples e rotinas para a identificação de problemas e a posterior correção dos mesmos.

O senso de autodisciplina (*Shitsuke*) está relacionado ao cumprimento dos padrões técnicos e éticos, ao melhoramento contínuo a nível pessoal e organizacional. O comprometimento é necessário para se obter a disciplina no ambiente de trabalho.

A criação de um ambiente de trabalho disciplinado é a medida mais importante para se obter a qualidade dos processos e dos produtos. Os objetivos deste senso são a participação coletiva no desenvolvimento de bons hábitos, o seguimento de regras nos locais de trabalho e a eficiente comunicação interpessoal.

Os meios de estímulo ao senso de autodisciplina são:

- (1) O compartilhamento da missão e dos princípios por todos os funcionários.
- (2) A educação privilegiando a participação e a criatividade dos funcionários.
- (3) A utilização de padrões simples para a medida de desempenho das atividades.
- (4) A melhoria contínua da comunicação e dos relacionamentos interpessoais.
- (5) A atribuição de responsabilidades e a delegação de autoridade.
- (6) A criação de um clima de confiança, amizade e solidariedade.
- (7) A educação e o treinamento como práticas constantes na organização.

A disciplina está atrelada ao desenvolvimento pessoal. O aprendizado contínuo, a perseverança e a honestidade são os atributos associados ao senso de autodisciplina. O estímulo da autodisciplina está ligado à manutenção e ao melhoramento permanente dos quatro sentidos anteriores, amplificando o significado do senso de utilização para a identificação e a solução de problemas em equipes de trabalho. O desenvolvimento dos conceitos associados ao senso de autodisciplina garante o cumprimento dos padrões estabelecidos e o interesse pelo melhoramento contínuo (*Kaizen*).

2.8 - A cultura da empresa e a gestão de recursos humanos

A filosofia *Just-In-Time* implementada gradualmente não representa uma drástica mudança nos sistemas de manufatura tradicionais, apenas uma evolução natural. Em uma

implantação bem sucedida do JIT, devem ser considerados os fatores gerenciais, estruturais e ambientais. Dentre estes, os fatores gerenciais são os que contribuem com a maior parcela para o êxito da implantação e posterior funcionamento otimizado do sistema de manufatura. Em particular, a cultura da empresa, o pensamento voltado à melhoria sistêmica e a adequada política interna de implantação são pontos decisivos ao sucesso do *Just-In-Time* dentro do ambiente em questão.

Para se atingir o *Just-In-Time*, um longo processo de melhorias deve ser perseguido. O aspecto que mais se destaca dentro desta filosofia de produção é a integração de todo o fluxo produtivo, de fornecedores a clientes finais, apoiado no desenvolvimento das pessoas, conforme argumenta WESTBROOK (1988).

Os fracassos na implantação do *Just-In-Time* se devem ao deficiente entendimento do sistema, o que se traduz em uma visão simplista e incompleta. Assim, os erros mais comuns são encarar o JIT como um programa de fornecedores, redução de estoques e *setup* ou um programa que pode ser implementado de forma rápida.

FLEURY (1993) aponta dois tipos de organizações existentes em relação à formação da Cultura da Qualidade e às mudanças organizacionais que devem ser inseridas para este contexto. Nas organizações qualificadas, o trabalho é executado em células, com delegação de autonomia e responsabilidades acerca do desempenho em termos de custos e níveis de qualidade. Há, ainda, a redução dos níveis hierárquicos para a melhoria da gestão e da motivação dos recursos humanos e a reaproximação das funções internas da empresa.

Nas organizações qualificantes, além das características mencionadas anteriormente, há a inclusão de outras quatro que estão abaixo relacionadas:

- (1) A inteligência e o domínio de situações imprevistas, que podem ser exploradas como modelos de aprendizagem pelo conjunto de empregados.
- (2) A abertura para a explicitação da estratégia empresarial, que deve ser realizada pelos próprios empregados segundo o refinamento de objetivos em níveis mais baixos da hierarquia, como por exemplo, a definição de uma estratégia de qualidade para uma área.
- (3) O desenvolvimento de responsabilidades conjuntas em torno de objetivos comuns entre as áreas produtivas e os departamentos de prestação de serviços (*staff* interno).
- (4) O conteúdo dinâmico, estimulando a competência profissional e permitindo que os funcionários invistam em projetos de melhoria permanente, de modo que o *know-how*

não seja encarado como um estoque de conhecimentos a serem preservados, mas como uma competência interna engajada em projetos coletivos.

Com relação à teoria apresentada anteriormente, os projetos de implantação do *Just-In-Time* devem, em um primeiro momento, objetivar a formação de uma cultura de empresa qualificada, que deve ser solidificada em um processo contínuo de questionamento e melhoramento das atividades produtivas e administrativas. O segundo e mais árduo passo, que garante a efetividade de longo prazo do JIT é a busca pela formação da cultura empresarial qualificante, que engloba a consolidação do comprometimento e o engajamento coletivo nos projetos de aprimoramento contínuo dos sistemas.

Desta maneira, a ruptura do sistema de manufatura baseado no paradigma da Produção em Massa (Modelo Fordista-Taylorista) e o estabelecimento do Modelo de Produção Enxuta dar-se-ia em dois estágios distintos, que estão dispostos segundo a linha evolutiva e gradual sugerida anteriormente.

O empenho da média e alta administrações (gerentes do escalão intermediário, diretores e presidente) e a cultura corporativa centrada na promoção do clima participativo e na exclusão do medo, são determinantes para o sucesso do processo de implantação da filosofia *Just-In-Time*, que deve objetivar claramente a formação da organização qualificada e a transformação desta em uma organização qualificante, baseada no aprendizado em grupo e na formação da responsabilidade coletiva pelo desempenho da empresa.

Segundo SCHEIN (1991), a cultura da empresa deve atuar para resolver problemas externos (relacionados à sobrevivência) e internos (relativos ao desenvolvimento coeso da corporação através da integração de diversos grupos). Para a resolução de problemas de âmbito externo, a empresa deve atuar como um grande grupo formado por subgrupos (grupos menores), onde prevalece os conceitos de integração, visão sistêmica, autoridade e comunicação eficiente através de uma linguagem comum.

A importância da cultura organizacional torna-se mais nítida no momento em que a empresa que adotava o sistema *Just-In-Case* procura implementar o *Just-In-Time*. Neste ponto, as pessoas que estavam habituadas a trabalhar de uma forma bastante particular, baseada na burocracia e na formalização excessiva de métodos e rotinas, necessitam efetuar

a mudança de comportamento, de maneira a atuar e agir de forma mais reflexiva e flexível. A modificação de paradigma passa a influenciar drasticamente as novas formas de trabalho.

Pode ocorrer que determinadas pessoas passem a rejeitar a nova forma cultural advinda do *Just-In-Time*, até mesmo por um processo mental que é inteiramente inconsciente. Por outro lado, o fato de que a nova cultura pode ser “aprendida” causa um impacto significativo nos processos de incorporação de conhecimentos e capacitação. Desta forma, cabe à liderança estabelecida na empresa o papel de promover e manter a nova cultura organizacional mais compatível com os novos objetivos de inovação organizacional.

Os diversos grupos presentes na empresa necessitam de uma larga visão para moldar a cultura *Just-In-Time* aos problemas de adaptação ao cenário externo e de integração interna. A implantação deve ser muito bem gerida, de modo a não provocar o fenômeno da contracultura, que implicaria na rejeição coletiva da nova cultura introduzida na organização. Novamente, volta-se a reafirmar que o principal motivo pela implantação deficiente do JIT e, mesmo a desistência da implantação, está ligado aos aspectos culturais.

A cultura organizacional reacionária, centrada em pensamentos e ações inflexíveis e em tendências de manutenção do *status quo* vigente, em oposição à filosofia de aprimoramento contínuo ditada pelo *Kaizen*, é o maior obstáculo ao desenvolvimento de esforços coordenados para a efetivação do *Just-In-Time*. Este aspecto torna-se mais grave quando está ligado ao desconhecimento generalizado do que realmente é o *Just-In-Time*, provocando a resistência coletiva devido às formas equivocadas das pessoas raciocinarem e interpretarem os conceitos explícitos e implícitos desta filosofia.

A aplicação de novos conhecimentos deve sempre considerar as particularidades da empresa, respeitando as condições fundamentais relacionadas aos aspectos sociais, históricos e competitivos. Assim, o projeto de implementação do JIT precisa prever a adaptação de técnicas e conceitos aos contextos ambientais internos e cenários externos.

O *Just-In-Time* é uma filosofia que deve ser implementada na empresa como um todo, não somente nas áreas produtivas ligadas à Manufatura, mesmo sendo o seu grande enfoque o piso de fábrica. De acordo com a visão de FARIA (1992), o *Just-In-Time* pode ser entendido como uma tecnologia de gestão, formalmente constituída de dois conjuntos: o

instrumental e o ideológico. No conjunto instrumental, o JIT trabalha com técnicas, procedimentos e filosofias, sendo que as principais são:

- (1) O estudo dos tempos, dos movimentos e do arranjo físico, utilizados nas células de manufatura e nas linhas de produção e montagem.
- (2) O seqüenciamento das operações envolvidas nos processos produtivos, empregado dentro das células, nos estudos de redução dos tempos de *setup* e dos *leadtimes* vinculados ao processamento dos itens.
- (3) A organização de sistemas e métodos de trabalho.

Para o conjunto ideológico, o *Just-In-Time* utiliza a capacitação técnica (palestras, treinamentos etc.) para disseminar seus pressupostos e filosofias (como a eliminação de desperdícios e o controle integrado dos processos) e para motivar e integrar os trabalhadores nas atividades de redução de estoques, CCQ's, programas de "perda zero" e *Kaizen*.

A Gestão de Recursos Humanos deve se empenhar na consecução dos objetivos organizacionais, buscando a otimização dos padrões de desempenho (produtividade, lucro, custos, qualidade, dentre outros) e a maximização da satisfação das necessidades dos funcionários (salários, condições de trabalho, estabilidade de emprego e realização profissional). CHIAVENATO (1996) expõe que as tendências da Administração de Recursos Humanos voltada à inovação, característica do *Just-In-Time*, são:

- (1) A nova filosofia de ação, centrada no princípio de não mais administrar pessoas e sim administrar com as pessoas (administração conjunta e participativa).
- (2) O enxugamento e o *downsizing* voltado ao *core business* da área.
- (3) A transformação do enfoque de área de serviços para consultoria interna.
- (4) A forte ligação com o negócio da empresa e a transferência de ações e decisões para a média gerência.
- (5) A ênfase na cultura organizacional participativa e democrática e o uso de mecanismos de motivação e realização profissional.
- (6) A adequação das práticas às diferenças individuais das pessoas.
- (7) O direcionamento ao cliente interno e externo e a contínua preparação da empresa e das pessoas para o futuro.
- (8) A preocupação com a criação de valor para a empresa e para o cliente.
- (9) A visão voltada para o ambiente externo e a utilização do conceito de *benchmarking*.

Segundo ALBUQUERQUE (1992), os paradigmas produtivos baseados na filosofia *Just-In-Time* têm como características essenciais a preocupação com a qualidade e a produtividade, a produção flexível, a utilização de recursos humanos polivalentes, o trabalho em equipes e as formas organizacionais que conduzem a um clima favorável em relação à inovação e à competitividade empresarial. A organização deve desenvolver uma cultura que norteie a cooperação, a interação e o cumprimento dos níveis de desempenho.

A motivação permanente da força de trabalho é um objetivo perseguido pelo JIT. O reconhecimento (relacionado ao reconhecimento público de elementos específicos do desempenho) e a recompensa (relacionada aos aumentos de salário, premiações e promoções conferidos para o atingimento de metas) são os elementos essenciais da motivação, sendo que esta é a base da educação e do treinamento.

Além de um intenso programa de treinamento que vise o estabelecimento de uma cultura organizacional adaptativa, SENGE (1992) comenta a existência de cinco disciplinas para o desenvolvimento da aprendizagem organizacional:

- (1) O domínio pessoal, que pressupõe o desenvolvimento do conhecimento, do controle e da visão objetiva. O intuito é proporcionar ao indivíduo a aptidão de conviver com suas mais altas aspirações.
- (2) Os modelos mentais, que visam explicitar e questionar idéias profundamente arraigadas que influenciam as percepções e o comportamento em grupo.
- (3) O objetivo comum, que induz à criação de um objetivo maior que concilie os anseios individuais e os interesses organizacionais, reunindo as pessoas em torno de uma identidade comum apoiada na missão da empresa.
- (4) O aprendizado em grupo, que objetiva o desenvolvimento do diálogo através do estímulo ao livre fluxo de idéias.
- (5) O raciocínio sistêmico, que abrange a estrutura conceitual baseada em conhecimentos e instrumentos que considerem o conjunto e as inter-relações entre as suas partes.

O aumento da complexidade do cenário competitivo e da dinâmica dos negócios provocam a necessidade de associação do trabalho à aprendizagem, definida como a capacidade de aprender das pessoas em todos os níveis da organização. Desta forma, a aprendizagem individual e coletiva proporciona às organizações a capacidade de adaptação a ambientes mais complexos e mais competitivos.

A cultura adaptativa e participativa, configurada no trabalho em equipe, propicia o desenvolvimento dos processos aprendizagem organizacional. Dentro do contexto impetrado pelo *Just-In-Time*, o treinamento deve ser ministrado aos indivíduos em todos os níveis da empresa, visando o desenvolvimento, de forma rápida e efetiva, de conhecimentos e atitudes pró-ativas que beneficiem a organização.

2.9 - As considerações acerca do *Just-In-Time*

O *Just-In-Time* tem por finalidade a criação de um ambiente interno para enfrentar os desafios do cenário externo, como a conquista e a manutenção da participação nos mercados, a melhoria da qualidade dos produtos e a redução dos custos de produção. Fundamentalmente, o JIT ressalta a importância estratégica da manufatura e a sua transformação em um grande diferencial competitivo para a organização industrial.

Em contrapartida, algumas empresas encaram o *Just-In-Time* como uma ferramenta de auxílio na redução de custos e estoques, na dinamização dos processos produtivos e, conseqüentemente, nos aumentos das margens de lucro. Estas empresas habitualmente obtêm menos sucesso na sua implementação, pois ignoram a complexidade da filosofia e o seu profundo impacto na organização, transformando relações pessoais e reestruturando a distribuição de poder dentro da hierarquia.

O aspecto da transformação da manufatura em uma “arma” estratégica para a corporação é apenas um dos enfoques do *Just-In-Time*. A criação de uma atmosfera positiva para o comprometimento das pessoas em todos os processos produtivos e administrativos é o grande benefício alcançado, tornando factíveis os ganhos de desempenho e *market-share*. Caso o enfoque da implantação seja somente a redução de custos e estoques, os empregados geralmente se sentem ameaçados em relação ao *status* e à manutenção do emprego, o que fatalmente gera a resistência e o clima de medo, aspectos contrários à obtenção da participação e da cooperação exigidas pelo *Just-In-Time*.

A implantação do JIT está baseada em uma abordagem específica e estruturada, conforme aponta HAY (1992). Esta metodologia está baseada em um processo de três fases e seis etapas, que é iniciada pela fase de formação de conhecimento e desenvolvimento de estratégias. A fase seguinte contempla os aspectos de estruturação e administração do *Just-*

In-Time. A última fase aborda o processo para a execução passo a passo de projetos-piloto, com finalidades educativas e, finalmente, a consolidação através da mudanças de sistemas e desenvolvimento de normas e procedimentos, garantido que a filosofia *Just-In-Time* seja um “modo de vida” permanente.

Na visão ocidental voltada para os resultados, os projetos-pilotos do *Just-In-Time*, ou seja, as áreas que tenderiam a disseminar o novo sistema para toda a organização, podem entrar em conflito com práticas e idéias bastante arraigadas da administração e do pessoal da produção. Caso não haja o empenho na disseminação, o projeto-piloto pode tornar-se destrutivo, enfrentando hostilidades e ressentimentos sem a obtenção de resultados benéficos e duradouros.

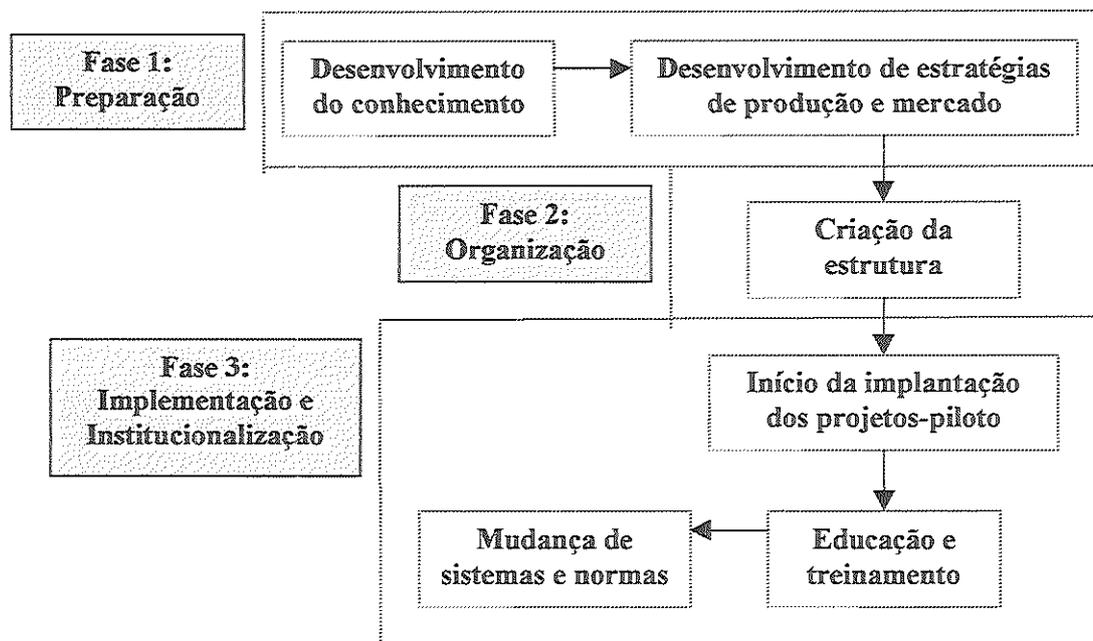


FIGURA 23 - O processo de implantação do *Just-In-Time*. Fonte: HAY (1992).

A administração do processo de implementação do *Just-In-Time* é baseado em quatro pontos essenciais, conforme aponta HAY (1992):

- (1) A forte liderança da presidência ou de qualquer outro representante da alta administração, de modo que se estabeleçam conexões com todos os departamentos.
- (2) O estabelecimento de uma política global que encoraje a inovação e permita que os funcionários sintam sua importância nos processos.

- (3) O trabalho em equipe em todos os departamentos e em todos os níveis do negócio, bem como a cooperação entre os departamentos produtivos e administrativos.
- (4) A presença de pessoas cujas capacidades estão adaptadas às necessidades de suas funções e orientadas para o melhoramento da empresa em todos os níveis e critérios.

Dentro do contexto *Just-In-Time*, os líderes devem agir de forma a servir como modelos para outras pessoas. A obtenção da máxima eficiência organizacional através da filosofia JIT implica na educação e no encorajamento das pessoas a questionar incessantemente os métodos e os modos de pensar tradicionais. Os próprios líderes devem questionar os métodos atuais, lançando outras pessoas ao melhoramento contínuo.

As questões relacionadas ao *Just-In-Time* podem ser subdivididas em duas categorias. As questões tecnológicas englobam os meios para se estabelecer o fluxo contínuo da produção, que está apoiado no estabelecimento de ritmos mais regulares de trabalho através do uso de técnicas e princípios como o *Kanban*, a redução de tempos de preparação, a manufatura baseada em pequenos lotes e a qualidade obtida na fonte.

Por outro lado, as questões administrativas representam o estabelecimento de um clima propício à inovação e ao espírito de mudança, de modo que a alta administração compreenda que o *Just-In-Time* representa uma evolução natural e, mesmo obrigatória, dos sistemas de produção tradicionais baseados no *Just-In-Case*.

O *Just-In-Time* necessita ser entendido como uma filosofia de produção, voltada para a eliminação de desperdícios nos processos internos e externos, das compras de matérias-primas à distribuição dos produtos acabados. Caso esta filosofia seja executada adequadamente, transfere à organização a capacidade de desenvolver a manufatura como um diferencial estratégico para o aumento da competitividade de mercado, pois a alta eficiência dos processos de manufatura em termos de custos, qualidade e flexibilidade acarreta benefícios diretos sobre os consumidores finais.

CAPÍTULO 3

O MRP E O MRP II APLICADOS À MANUFATURA

Os sistemas de planejamento das necessidades de materiais (MRP) e de planejamento dos recursos de manufatura (MRP II), traduzidos do inglês *Material Requirements Planning* e *Manufacturing Resources Planning*, respectivamente, têm sido utilizado nos sistemas de manufatura para o eficiente atendimento da demanda, cumprindo prazos de entrega e minimizando estoques iniciais de matérias-primas, em processo e de produtos acabados.

O MRP é um sistema de cálculo das quantidades dos diversos materiais necessários ao cumprimento de um plano de produção, utilizando os pedidos em carteira e a previsão dos pedidos de produtos para a verificação da disponibilidade de todos os materiais e componentes, de modo a garantir sua provisão, a tempo, ao sistema de manufatura.

O MRP II permite às empresas avaliarem as implicações das demandas presentes e futuras nas áreas de Finanças e Engenharia, bem como as necessidades de materiais. Executa os cálculos relativos aos recursos produtivos (materiais, mão-de-obra e equipamentos) necessários ao cumprimento dos planos de produção. O planejamento dos recursos de manufatura é um plano global para a empresa, integrando as funções produtivas e o *staff*.

O MRP II possibilitou o desenvolvimento de um sistema mais abrangente para planejamento e controle das operações, surgindo como elo de ligação entre as funções operacionais e financeiras da empresa, possibilitando a projeção e controle dos investimentos em estoques, dos custos para a produção e distribuição e dos fluxos de caixa. Além disto, integra-se com *Marketing* como uma ferramenta precisa para o planejamento, demonstrando as limitações e os potenciais das atividades básicas da empresa.

Devido à sua capacidade de simulação e agilidade para replanejamento, o MRP II tem contribuído significativamente para o aumento dos níveis de atendimento a clientes, com reduções de investimentos em estoques de materiais, intermediários e de produtos acabados.

O MRP II propicia que o plano estratégico da empresa seja demonstrado em unidades, para efeito de planejamento operacional e em valores monetários, para efeito de planejamento financeiro, fornecendo informações para toda a organização. Cada função organizacional recebe informações de acordo com a sua própria particularidade de trabalho. Como resultado, um plano estratégico, que fora previamente discutido e aprovado por todos os interessados, levaria em consideração todas as oportunidades e limitações da empresa.

O cumprimento de prazos e a redução de estoques são os objetivos estratégicos prioritários dos sistemas MRP e MRP II. Outros objetivos são o planejamento das compras de materiais e a produção de componentes para o suprimento dos processos internos de fabricação apenas nos momentos e nas quantidades necessárias, privilegiando a redução dos custos associados aos materiais e aos processos.

As principais variáveis do MRP II são as estruturas de produtos, os *leadtimes*, os horizontes de planejamento, as previsões de vendas, o programa mestre de produção, a estimativa da capacidade de produção, os estoques de segurança e os métodos de formação de lotes. O sistema é composto de um conjunto de procedimentos lógicos, regras de decisões e arquivos de informações (os principais *inputs*), que fazem a transformação de um programa mestre de produção em necessidades líquidas *time phased*. O acompanhamento dos níveis de estoques dos materiais para a implementação do programa mestre é importante para a acurácia dos sistemas de manufatura auxiliados pelo MRP II.

O pressuposto do MRP II é o cálculo ou planejamento das necessidades dos recursos de manufatura em termos de materiais, mão-de-obra e equipamentos. Os passos principais do cálculo das necessidades de recursos são:

- (1) Parte-se das necessidades de entrega dos produtos (quantidades e datas).
- (2) Calculam-se de forma inversa (para “trás”), no tempo, as datas em que as etapas do processo de manufatura devem ser iniciadas e finalizadas.
- (3) Determinam-se os recursos produtivos (e respectivas quantidades), necessários para que se execute cada uma das etapas do processo produtivo.

Dentro deste contexto, estão em primeiro plano os sistemas de Planejamento de Necessidades de Materiais (MRP), que são procedimentos e regras de decisões que têm por objetivo calcular as quantidades necessárias dos itens, que somadas às disponibilidades presentes ou projetadas, atendem às necessidades previstas de itens em dado período. A quantidade necessária dos itens fabricados e/ou comprados é conhecida por necessidades líquidas, que são calculadas em datas determinadas, a partir de informações sobre as necessidades previstas ou demandas de itens comercializados pela empresa.

A incorporação do princípio de planejamento de necessidades de mão-de-obra e equipamentos ao MRP gerou o MRP II, onde as informações sobre os centros produtivos, os roteiros de fabricação e as taxas de consumo dos recursos foram alocadas à base de dados do MRP. O MRP II visa garantir que os produtos acabados estejam disponíveis para o atendimento da demanda no momento exato e que os recursos utilizados não sejam desperdiçados nos processos de manufatura, através do planejamento e do controle dos materiais, dos equipamentos, dos recursos humanos e financeiros.

O MRP II auxilia as empresas no planejamento das necessidades produtivas com relativa antecedência e na execução das atividades no piso de fábrica. SLACK et al. (1997) comentam que o planejamento das necessidades de materiais continua sendo o “coração” dos sistemas MRP e MRP II.

Entradas (<i>Inputs</i>)	Saídas (<i>Outputs</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Horizonte de planejamento - Programa mestre de produção - Estruturas de produto - Roteiros de fabricação dos itens - <i>Leadtimes</i> de compra e produção dos itens - Nível de estoque inicial de cada item, de materiais a produtos acabados - Regras de formação de lotes de produção e compra - Estoques e tempos de segurança - Níveis de eficiência para o uso de materiais e para a operação de centros de trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidades líquidas dos itens no tempo (comprados ou fabricados) - Necessidades de recursos no horizonte coberto pelo planejamento das necessidades dos recursos produtivos para comparação com a capacidade disponível - Estoque projetado para cada item - Sugestões de emissão, reprogramação ou cancelamento de ordens de compra e fabricação

FIGURA 24 - As principais variáveis de entrada e saída do MRP e do MRP II.

O planejamento das necessidades dos recursos de manufatura é baseado na sincronização dos términos de operações de itens precedentes com os inícios das operações

para a fabricação dos itens subseqüentes. A determinação dos recursos necessários ao atendimento das necessidades de produção e, por conseqüência, a execução de todas as atividades relativas à administração da produção, são a base de todo o sistema MRP II.

O MRP II é um sistema hierárquico de administração da produção em que os planos de produção de longo prazo (agregados), que contemplam os níveis globais de produção e setores produtivos, são sucessivamente detalhados até ao nível do planejamento de componentes e equipamentos específicos. De acordo com CORRÊA & GIANESI (1993), os principais subsistemas ou módulos do MRP II são:

- (1) Planejamento da Produção (*Production Planning/PP*).
- (2) Programação Mestre da Produção (*Master Production Schedule/MPS*).
- (3) Planejamento das Necessidades de Materiais (*Material Requirements Planning/MRP*).
- (4) Planejamento das Necessidades de Capacidade (*Capacity Requirements Planning/CRP*).
- (5) Controle da Fábrica ou Controle da Produção (*Shop Floor Control/SFC*).

Dentro do sistema MRP II há também outros módulos de dados e cadastros de itens de estoque, estruturas de produtos, centros de trabalho e roteiros de produção.

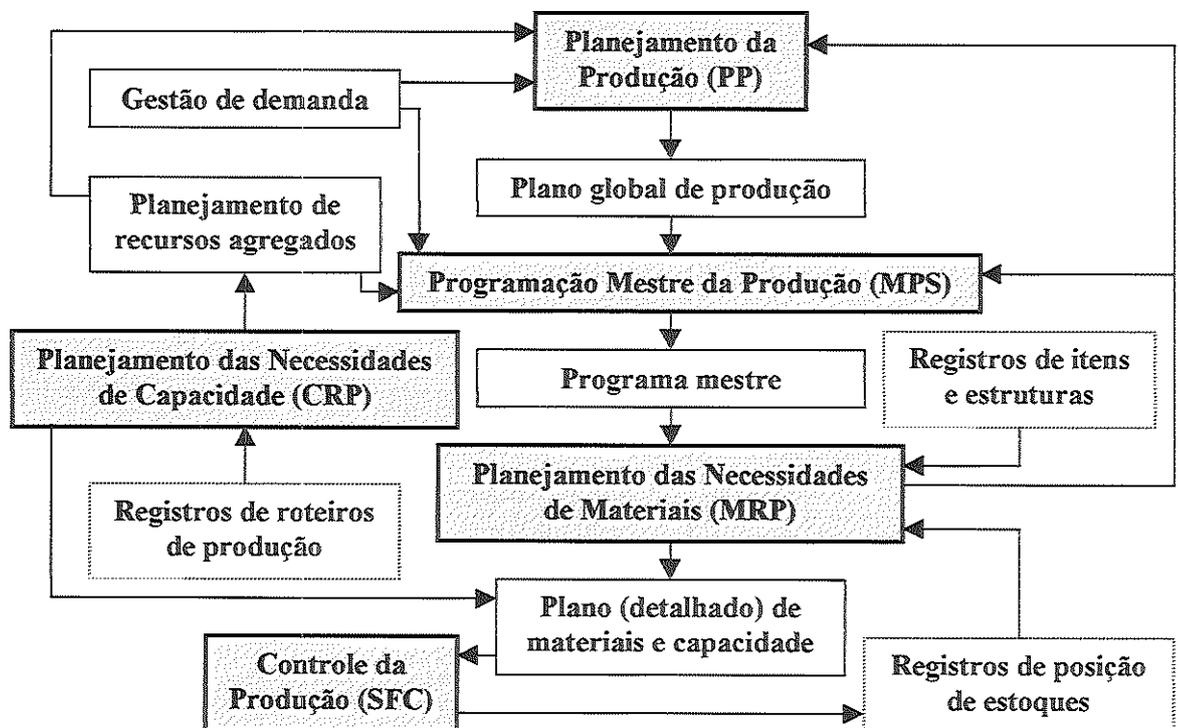


FIGURA 25 - Os principais subsistemas do MRP II. Fonte: CORRÊA & GIANESI (1993).

WIGHT (1984) comenta que o MRP II pode ser definido como um plano global para o planejamento e controle (monitoramento) dos recursos de uma empresa, que utiliza um sistema MRP de ciclo fechado para a geração de parâmetros financeiros.

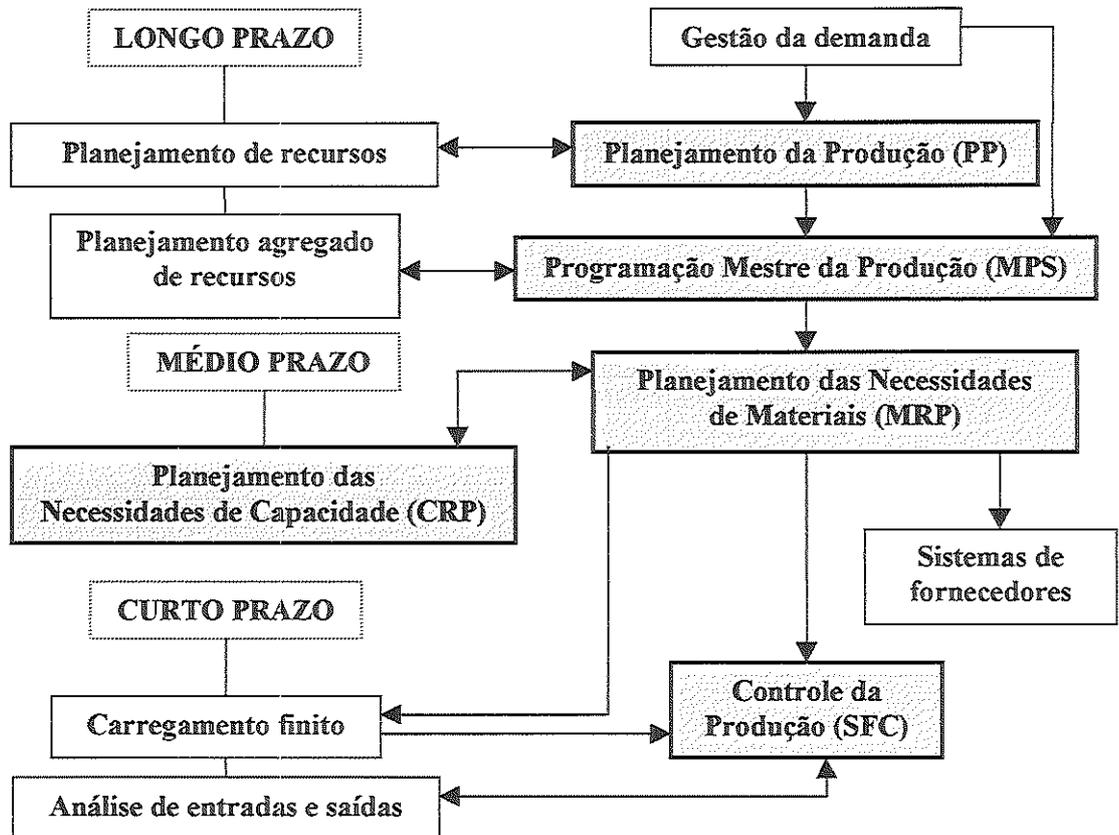


FIGURA 26 - O MRP de ciclo fechado. Fonte: VOLMANN et al. (1992)

O MRP II é baseado em um sistema integrado, contendo uma base de dados que é acessada e utilizada por toda a empresa, de acordo com as necessidades funcionais individuais. Entretanto, apesar das tecnologias de informação que permitam tal integração, o MRP II ainda depende muito do fator humano para a tomada de decisões e ações corretivas, viabilizando aumentos de desempenho do sistema de manufatura.

3.1 - A técnica do planejamento das necessidades de materiais

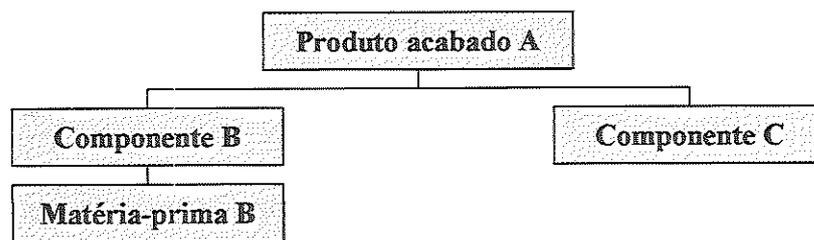
Um produto acabado ou item final, que é fabricado a partir de processos industriais, normalmente apresenta-se como um conjunto de outros itens componentes (matérias-primas, itens acabados ou semi-acabados e montagens). O MRP se baseia em

registros que representam a posição e os planos de produção e estoques de cada item ao longo do tempo. Os registros, segundo ORLICKY (1975), são escalonados no tempo (*time phasing*) de acordo com as informações relativas aos períodos de planejamento e às quantidades necessárias de materiais aos processos de manufatura.

Os itens de demanda independente são os que não têm sua demanda relacionada com a de outros itens. O produto acabado é um exemplo, pois possui apenas sua demanda dependente do mercado consumidor e não do consumo de qualquer outro item.

SACOMANO (1990) define o conceito de demanda dependente a partir da manipulação que os itens de inventários (estoques de materiais) têm com os itens finais, em função de serem os itens componentes dos mesmos. Esta manipulação (ou dependência) determina que a quantidade a ser comprada ou fabricada de um determinado item de inventário, bem como o momento (*timing*) em que tal fabricação ou compra deverá ocorrer, depende exclusivamente da demanda dos itens finais dos quais este item seja componente. A causa da demanda dos itens de demanda dependente é, exclusivamente, a demanda dos itens de demanda considerada independente.

A estrutura do produto é um modelo que representa a relação dos componentes de um item montado, fabricado ou comprado, com outros itens e quantidades que compõem cada item analisado. O *leadtime* é o tempo necessário à obtenção de cada item a partir de seus componentes básicos supostamente disponíveis.



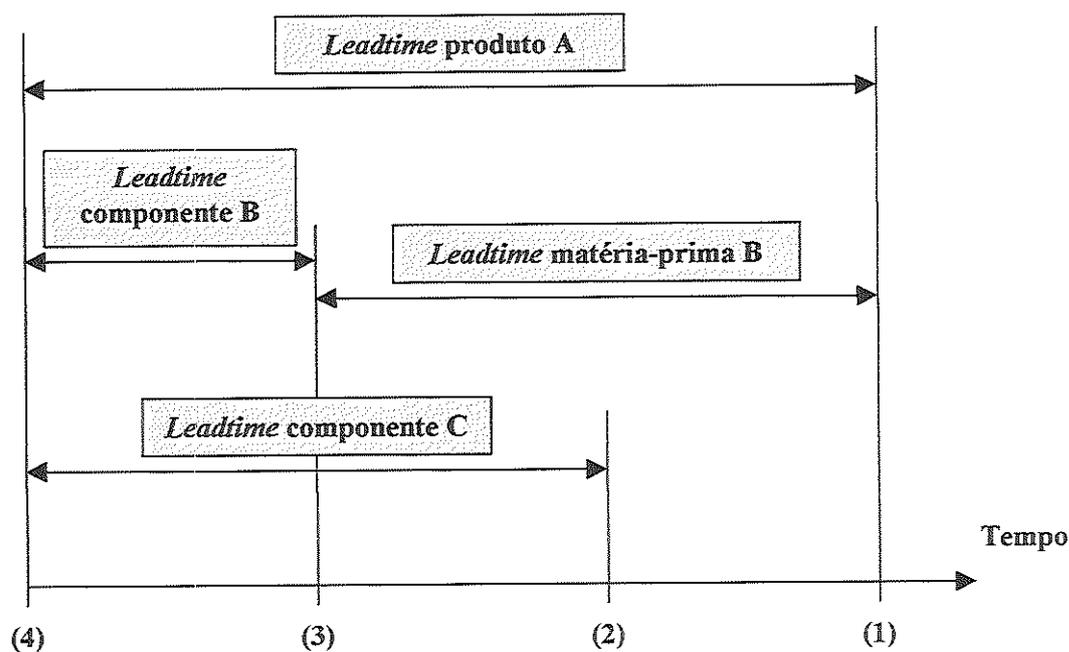
Observações:

- (1) A montagem do produto A é feita através da utilização dos componentes B e C (A é item-pai de B e C e, conseqüentemente, B e C são itens-filhos de A).
- (2) O componente B é fabricado a partir de sua matéria-prima B.
- (3) O componente C e a matéria-prima B são comprados.

FIGURA 27 - O exemplo de uma estrutura do produto.

Os itens componentes de uma montagem são designados como itens-filhos do item-pai, que representa a montagem. O item-pai é um item que possui outros itens componentes. Caso um item-filho possua itens componentes, este é um item-pai destes itens. Dentro da estrutura do produto, um item-pai pode ser um item de demanda independente ou dependente e um item-filho somente será um item de demanda dependente.

A análise da necessidade dos itens precedentes (itens de demanda dependente) mostra que as mesmas estão defasadas em relação aos itens subseqüentes (itens de demanda dependente ou independente) em períodos iguais aos *leadtimes* ou tempos de ressurgimento dos mesmos, o que é evidenciado pela figura 28. Portanto, os itens precedentes possuem suas demandas relacionadas diretamente à demanda dos respectivos itens subseqüentes e, portanto, as quantidades e datas requeridas de cada item precedente são dependentes e podem ser calculadas exatamente a partir das datas e das necessidades do item subseqüente.



Observações :

- (1) Os números (1) e (2) representam os momentos da emissão das ordens de compra para a matéria-prima B e o componente C.
- (2) Os números (3) e (4) representam os momentos da emissão da ordem de fabricação para o componente B e da emissão da ordem de montagem para o produto A.

FIGURA 28 - Os *leadtimes* dos itens da estrutura do produto exibida na figura 27.

O produto A tem suas vendas previstas para determinadas datas e quantidades predeterminadas. Os estoques do produto A, dos componentes B e C e da matéria-prima utilizada B são insuficientes para suprir as quantidades estipuladas nas vendas. Pelas suposições anteriores, deve ser executado o cálculo das necessidades líquidas de todos os itens necessários à fabricação do produto A. Através das necessidades e da estrutura do produto A, são calculadas as necessidades líquidas dos itens-componentes, considerando-se seus respectivos estoques iniciais. A partir da data exigida para o término do produto A, são também calculadas as datas de início de fabricação ou compra dos componentes. Todos os *leadtimes* dos itens fabricados ou comprados devem ser determinados e conhecidos.

O planejamento das necessidades de materiais se utiliza do programa mestre de produção para a predição do futuro, trabalhando com dados que especificam as relações dos componentes que constituem o produto, ou seja, as listas de materiais. Neste sentido, o MRP introduz um novo conceito por tratar os níveis de estoque, deixando de lado o tradicional ponto de encomenda, que utiliza o comportamento histórico da demanda de um item em estoque, de forma isolada de todos os outros itens.

Acerca do funcionamento do subsistema MRP, discutido posteriormente com mais detalhes, ORLICKY (1975) comenta que o mesmo recebe as informações de entrada e libera as informações de saída, sendo que estas serão os *inputs* de outros subsistemas. A figura 29 mostra as relações entre as variáveis de entrada e as variáveis de saída do MRP.

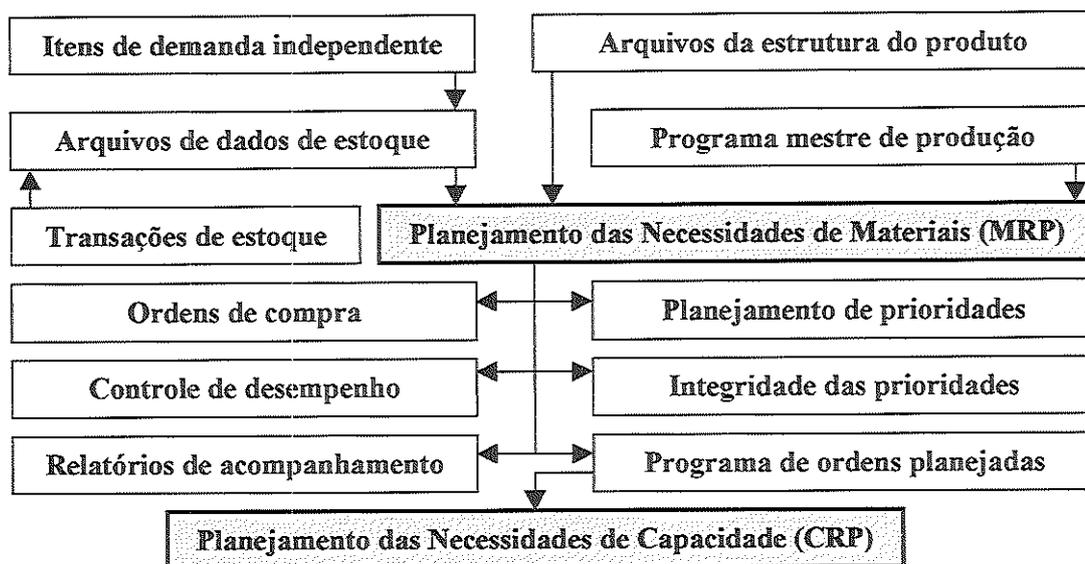


FIGURA 29 - Os *inputs* e os *outputs* do planejamento das necessidades de materiais.

Segundo SACOMANO (1990), o MRP funciona como um destinatário múltiplo de informações, recebendo *inputs* de bancos de dados e *inputs* de composição de planos de produção em um dado horizonte de planejamento. As informações essenciais ao funcionamento do MRP, que configuram o arquivo de dados necessários ao processo de planejamento das necessidades de materiais, são:

- (1) O programa mestre de produção projetado para o horizonte de planejamento.
- (2) O *status* de cada item de estoque. As informações devem ter grande acurácia, pois o MRP, em contraste com as técnicas convencionais, estabelece o aprazamento dos reabastecimentos para manter o nível do estoque o mais baixo possível.
- (3) Os prazos e as quantidades envolvidas em qualquer ordem planejada ou excepcional.
- (4) As previsões de demanda por período de tempo, ao longo do horizonte de planejamento.
- (5) As listas de materiais e os roteiros de fabricação dos produtos.
- (6) Os *leadtimes* de compra e fabricação para cada operação dos itens.
- (7) Os possíveis acréscimos na programação, pela presença de refugos ou retrabalho.
- (8) As informações adicionais eventualmente necessárias (por exemplo, os critérios de dimensionamento da quantidade de itens ou produtos por ordem).

Na seqüência do presente trabalho, será feita uma descrição detalhada dos elementos principais que compõem os sistemas MRP e MRP II.

3.1.1 - A estrutura do produto e a lista de materiais

A estrutura do produto representa a composição do produto final através da ordenação e da disposição gráfica de todos os itens-componentes. A estrutura do produto origina a lista de materiais (*Bill Of Materials/BOM*), que é considerada um dos *inputs* mais importantes dos *softwares* MRP e MRP II. A estrutura do produto reflete exatamente o processo de fabricação do produto final de acordo com a realidade do piso-de-fábrica.

BUFFA & MILLER (1979) definem a estrutura do produto como um documento de engenharia representado como uma vista explodida do produto acabado. A lista de materiais contém as informações a respeito do produto em forma de lista ou arquivo. Em contrapartida, a estrutura do produto exhibe graficamente estas informações.

As listas de materiais são importantes no sentido de que é a partir delas que se inicia o planejamento das necessidades de materiais, estabelecendo as datas precisas das necessidades, das liberações de ordens de fabricação ou compra dos itens e das prioridades destas ordens, considerando-se os *leadtimes* de disponibilização dos itens. A lista de materiais é comumente confundida com a própria estrutura do produto, onde a primeira corresponde a um arquivo, documento, lista ou esquema do processo produtivo a ser manipulado pelos sistemas MRP e MRP II.

VOLLMANN et al. (1992) complementam que a lista de materiais deve refletir como cada item ou componente é produzido, sua codificação e as relações entre os diversos itens, configurando uma base de dados para a manufatura do produto final. Para PETERSON & SILVER (1979), a função essencial da lista de materiais é auxiliar a projeção de necessidades dos itens componentes para a fabricação do produto final. SACOMANO (1990) explica que a lista de materiais define o produto através de sua estrutura, relacionando as itens componentes dentro do conjunto que representa o produto acabado ou item final. A lista de materiais mostra a composição de um produto acabado através de uma lista de matérias-primas, peças, submontagens e montagens.

Cada produto acabado tem sua própria lista de materiais mostrando o tipo e a quantidade de cada item para a fabricação e montagem de uma unidade do item final. ORLICKY (1975) e TERSINE (1985) comentam que os propósitos da lista de materiais são:

- (1) A definição e esquematização do produto acabado.
- (2) A facilitação dos pedidos de clientes e da previsão de opcionais do produto acabado.
- (3) A formação da base de custos (métodos de custeio do produto).
- (4) O auxílio às compras dos materiais e ao planejamento e controle da produção.
- (5) O planejamento de prioridades e entrada de ordens.
- (6) O auxílio ao uso do banco de dados para a manufatura.
- (7) A elaboração do programa de montagem final.
- (8) A armazenagem e manutenção dos arquivos no computador.

A lista de materiais deve conter as seguintes informações:

- (1) A identificação do item-pai para cada componente.
- (2) As quantidades de itens necessárias à produção do item-pai.
- (3) O código de identificação e descrição de cada item.
- (4) O nível da estrutura em que o item se encontra.

A figura 30 mostra uma lista de materiais típica, correspondente à estrutura do produto mostrada na figura 27. A lista de materiais de cada produto final está armazenada nos arquivos de dados do MRP. A estrutura do produto é finalizada quando esta contempla, no nível mais alto, os itens que não são fabricados pela empresa. O fornecedor externo não precisa conhecer a estrutura do produto final, pois os sistemas MRP e MRP II não levam em consideração o processo produtivo deste item, bem como a sua estrutura.

NÍVEL	ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	QUANTIDADE
0	A	Produto XYZ	1
1	B	Componente X	1
1	C	Componente Y	1
2	Matéria-prima B	Matéria-prima Z	1

FIGURA 30 - A lista de materiais correspondente à figura 27.

A chamada regra do nível mais baixo (*low level code*) é um algoritmo utilizado no planejamento de necessidades de materiais que evita o processamento duplicado dos dados de itens que aparecem em mais de um nível na mesma estrutura ou em estruturas de produtos diferentes. O processamento do item é realizado de acordo com o nível mais baixo em que é encontrado. Portanto, pelo rastreamento nível a nível, o item somente será considerado uma única vez e apenas no nível mais baixo em que se encontra na estrutura do produto. Este algoritmo determina que um item é designado para o cálculo das necessidades, somente quando todos os itens de nível mais alto na estrutura tenham sido “explodidos” e calculados.

Segundo BUFFA & MILLER (1979), quando há uma grande variação dos produtos acabados em termos de opcionais ou diferenciais, o programa mestre de produção deve ser baseado na estrutura básica do produto. Neste caso, a estrutura do produto não deve prever as várias possibilidades de diferenciação do produto, ou seja, o programa mestre precisa relacionar os produtos como “submontagens”. Então, passa-se a uma estrutura modular do produto, facilitando as previsões de demanda e o processamento das informações.

Os itens opcionais dos produtos acabados que são excluídos da estrutura do produto devem ser controlados pelo programa de montagem final (*Final Assembly Schedule/FAS*). O FAS responde à demanda externa de produtos acabados, sendo baseado nas diferentes configurações dos produtos finais, seqüenciando todas as atividades para que se encerrem na data mais tarde possível (data de entrega do produto acabado) e minimizando

os estoques em processo. O FAS é restrito à disponibilidade de produtos previstos pelo MPS e é responsável pela montagem de produtos acabados.

VOLLMANN et al. (1992) comentam que o programa mestre desagrega o planejamento da produção em produtos acabados e opcionais. O FAS é a última etapa da desagregação, representando o programa real de produção e o último ajuste executado no programa mestre, desconsiderando-se as inclusões de previsões de demanda dos produtos.

O FAS deve ser feito a partir de ordens firmes de produção baseadas em pedidos em carteira, cobrindo o curto prazo (dias ou semanas). No entanto, o programa mestre prevê somente os principais componentes da estrutura do produto, sendo preparado para a cobertura de todo o horizonte de planejamento da produção (semanas ou meses). O FAS é distinto do programa mestre na produção e montagem sob encomenda, onde há grande diferenciação e, então, o programa mestre é elaborado para estruturas modulares de produtos.

A estrutura modular de produto é formada por grupo de itens organizados em estruturas de produtos semi-acabados, sendo utilizada em itens com muitas opções e configurações, facilitando as previsões e o planejamento da produção por representar apenas parte da estrutura do produto principal.

A acurácia das estruturas do produto, relacionada à representação dos produtos acabados nos arquivos de dados é imprescindível ao eficiente desempenho dos sistemas MRP e MRP II. Os arquivos das estruturas do produto devem representar exatamente os processos de manufatura e as suas atualizações relativas às mudanças de projeto do produto, impedindo o processamento de ordens de fabricação e compra de itens desnecessários.

O nível de detalhamento da estrutura do produto é importante e, de uma forma geral, quanto maior o número de níveis, maior a probabilidade de sucesso no MRP (SMITH, 1978). A codificação repetida de um componente, devido à utilização em partes diferentes de um mesmo produto, é um exemplo de um problema comum observado no MRP II, diminuindo a sua eficiência em relação ao tempo de processamento. Quanto maior o número de níveis da estrutura do produto, maior a duração do tempo de processamento.

O *pegging* das necessidades de materiais é um procedimento dos sistemas MRP e MRP II que atua nos níveis da estrutura do produto. Esta rotina permite a identificação das

fontes de necessidade bruta de dado componente, que pode estar relacionada com a montagem do item-pai ou com um item de demanda independente, provenientes do programa mestre. Este procedimento atua quando é diagnosticada uma ordem de fabricação que não pode ser realizada, por exemplo, devido às restrições de capacidade identificadas pelo módulo CRP, que será discutido mais adiante. O novo planejamento do pedido do produto final que originou a ordem de fabricação de execução infactível é feito através do cálculo inverso do MRP, da necessidade do item-filho para a necessidade do item-pai que a gerou e, sucessivamente, até a descoberta de qual ordem de fabricação de produto final que gerou a necessidade que não pôde ser atendida.

VOLLMANN et al. (1992) afirmam que o *pegging* relaciona as necessidades brutas de um item às ordens que geraram a necessidade, ou seja, o inverso à “explosão” das necessidades. No plano de produção, as necessidades de produção de um item-pai são “explodidas” para a geração das necessidades dos itens-filhos. Estas informações são armazenadas no arquivo principal do *software* MRP, permitindo estabelecer quais os itens-filhos que tiveram suas necessidades geradas por determinados itens-pais. Na falta das quantidades de itens-filhos necessários, são determinados quais produtos finais são afetados.

ORLICKY (1975) introduz as definições de *pegging* completo (que mostra a origem da necessidade do item no programa mestre completo) e *pegging* de nível simples (que relaciona apenas o item-pai imediato na estrutura do produto). O *pegging* completo é mais utilizado na manufatura sob encomenda, com poucos itens comuns. Na manufatura repetitiva e em estruturas do produto complexas, o *pegging* completo é inviável. Os fatores que prejudicam a identificação precisa das origens das necessidades, inviabilizando o rastreamento através de *pegging*, são os estoques de segurança, os ajustes do plano de produção devido ao elevado índice de rejeição dos componentes e os mecanismos de formação de lotes de produção.

As características da estrutura do produto que interferem no desempenho e melhoram a eficiência do MRP e do MRP II são o modelo de produção para estoque, o elevado número de níveis, a baixa variação no *mix* de produtos manufaturados, a presença de matérias-primas comuns e a eliminação de itens de baixo custo e grandes *leadtimes*.

A definição incorreta dos níveis e das relações entre os itens-pais e itens-filhos, bem como das quantidades associadas a cada componente, podem ocasionar a baixa acurácia do planejamento das necessidades de materiais.

Portanto, a composição da lista de materiais, que se origina a partir da estrutura do produto, é primordial para o planejamento das necessidades de materiais no tocante aos aprazamentos precisos das necessidades, às liberações e às prioridades das ordens de fabricação e compra, sempre levando-se em consideração os *leadtimes* de todos os itens.

3.1.2 - O cálculo das necessidades líquidas

O programa mestre de produção é o principal *input* para o planejamento das necessidades de materiais. Contém informações sobre as datas e as quantidades planejadas para a fabricação dos produtos vendidos, dos produtos com vendas previstas e dos itens de reposição para a assistência técnica. Com base nas datas e nos *leadtimes* de obtenção dos itens, são calculados os momentos em que devem ser emitidas as ordens de fabricação, montagem e compra para o atendimento dos prazos de entrega previstos no programa mestre.

Por meio da “explosão” da estrutura do produto são determinadas as quantidades, as datas de início e término das operações de fabricação e compra dos itens dos níveis inferiores ao nível 0 da lista de materiais (o nível dos produtos acabados). Os itens de reposição possuem as características associadas às demandas de produtos acabados, ou seja, são itens de demanda independente.

As necessidades brutas de itens são as quantidades de produtos acabados e as quantidades de peças de reposição estipuladas no programa mestre de produção. Representam, portanto, as quantidades de um item que deverão ser consumidas dentro de um certo intervalo de tempo ou horizonte de planejamento.

As necessidades líquidas são definidas como as quantidades de itens obtidas a partir das necessidades existentes (quantidade “em mãos” e quantidade encomendada), subtraindo-se as necessidades brutas. A quantidade “em mãos” (*on-hand quantity*) corresponde ao estoque do item que está fisicamente disponível. A quantidade encomendada é representada pelo pedido do item, ou seja, a quantidade que foi encomendada mas que ainda não foi recebida.

O MRP segue um processo específico de cálculo das necessidades líquidas de itens. A partir do programa mestre de produção, isto é, do programa de produção planejado para cada item de reposição ou produto acabado), o MRP executa a “explosão” do programa mestre através da lista de materiais de nível único, verificando quantos componentes e submontagens são necessários. No próximo nível da estrutura do produto, o MRP verifica a quantidade de itens necessários que já estão disponíveis em estoque. Neste ponto, ocorre a geração das ordens de fabricação para o atendimento das necessidades líquidas dos itens que serão produzidos internamente.

Estas necessidades líquidas formam o programa que será explodido através da lista de materiais de nível único para o próximo nível abaixo da estrutura. Novamente, o estoque disponível dos itens deste nível é verificado. Neste momento, as ordens de fabricação são geradas para a produção das necessidades líquidas dos itens que serão obtidos internamente, sendo também geradas as ordens de compra para as necessidades líquidas dos itens adquiridos de fornecedores externos. Este processo é repetido até que se chegue ao nível mais baixo da estrutura do produto, ou seja, o maior nível da lista de materiais. A figura 31 mostra este processo de cálculo das necessidades líquidas.

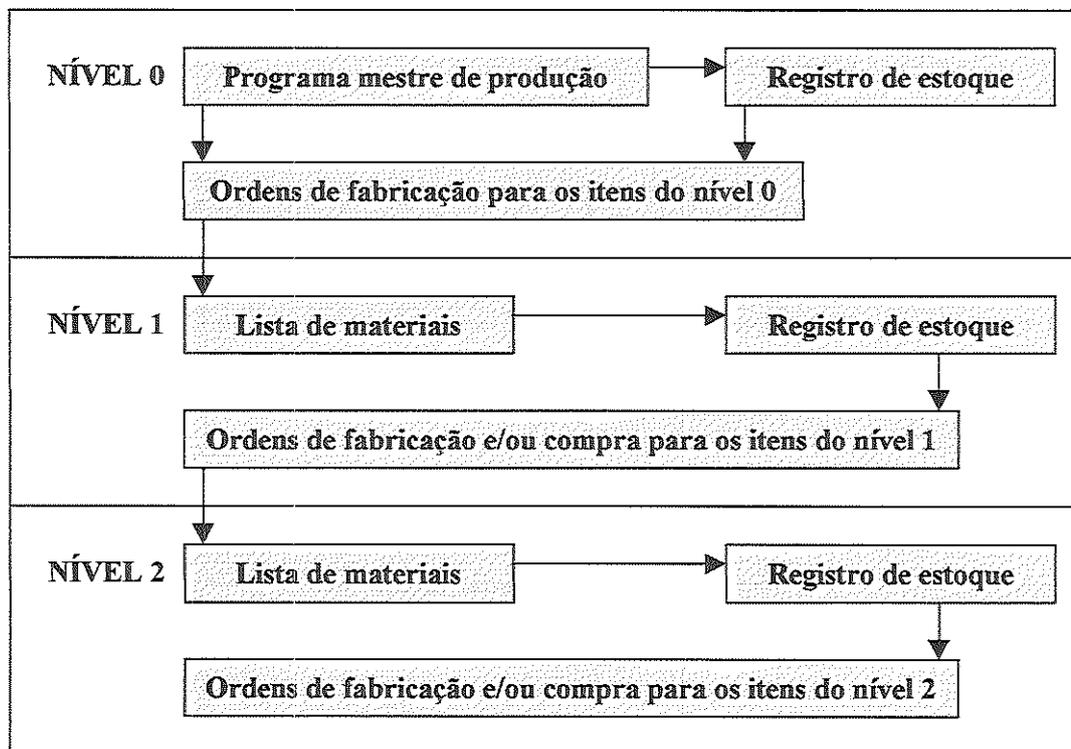


FIGURA 31 - O cálculo das necessidades líquidas.

A eq.(23) executa o cálculo das necessidades líquidas de um item da estrutura do produto dentro de um período de tempo planejado.

$$NL = NB - (QE + QM) \quad (23)$$

Onde:

- NL são as necessidades líquidas do item no início do período de tempo.
- NB são as necessidades brutas durante o período de tempo planejado.
- QE é a quantidade encomendada, ou seja, as quantidades dos recebimentos programados presentes nas ordens “abertas” ou “em andamento”, que serão finalizadas e estarão disponíveis no início do período de tempo planejado.
- QM é a quantidade “em mãos” (estoques disponíveis do item no início do período).

Para a correta utilização da eq.(23), as necessidades líquidas negativas devem ser consideradas como “zero” e repassadas aos itens dos níveis imediatamente inferiores. Com a finalização do processo de determinação das necessidades líquidas dos itens a serem fabricados ou comprados, é iniciado o estágio de planejamento das capacidades requeridas à produção interna destes itens.

A capacidade requerida é definida a partir dos roteiros de fabricação dos itens nos centros de trabalho e dos tempos consumidos nos processos de fabricação, incluindo-se os tempos de operações e os tempos de preparações. A soma destes tempos definirá a carga de trabalho alocada ao centro de trabalho. Estas cargas constituem os perfis de carregamento do centro de trabalho e serão confrontadas com a capacidade produtiva disponível para a verificação da viabilidade do programa mestre de produção.

3.1.3 - Os tempos de ressurgimento (*leadtimes*)

Os *leadtimes* representam o intervalo de tempo entre a emissão de uma ordem de fabricação ou compra e o seu efetivo atendimento, disponibilizando os componentes ou produtos finais contidos na mesma. A unidade de medida dos *leadtimes* é estabelecida com base no número de períodos correspondentes ao horizonte de planejamento (*time buckets*).

Na definição de PETERSON & SILVER (1979), o *leadtime* de fornecimento externo é o intervalo tempo compreendido desde a emissão da ordem de compra até o momento da disponibilização física para a primeira operação onde o material deve ser

processado. Os *leadtimes* de fabricação se relacionam ao tempo decorrido desde o início da fabricação dos itens-filhos até o início da produção ou montagem dos itens-pais.

ORLICKY (1975) divide os *leadtimes* em duas categorias :

- (1) Os *leadtimes* planejados, que são valores que alimentam os sistemas MRP e MRP II, compreendendo os prazos originais e os *leadtimes* estimados.
- (2) Os *leadtimes* reais, que refletem os prazos já revisados após a emissão da ordem de fabricação ou compra e coincidentes com as datas das necessidades, definidos em função das prioridades estabelecidas.

Os *leadtimes* são alocados no arquivo de registros de estoques dos *softwares* MRP e MRP II. ORLICKY (1975) cita como principais componentes dos *leadtimes*:

- (1) O tempo de espera (tempo de fila).
- (2) O tempo de processamento (tempo de produção).
- (3) O tempo de preparação de equipamento (*setup time*).
- (4) O tempo de espera para transporte e movimentação.
- (5) O tempo de inspeção.
- (6) O tempo de movimentação.

De acordo com WIGHT (1984), nos sistemas de produção intermitentes e repetitivos, 10 a 20% do tempo total dos *leadtimes* de fabricação correspondem ao somatório do tempo de preparação e do tempo de processamento. Os tempos de fila são elementos de difícil estimativa e suas reduções otimizam significativamente os *leadtimes* de fabricação.

VOLLMANN et al. (1992) citam a existência de *leadtimes* de segurança, no qual as ordens de fabricação e compra são planejadas para a disponibilização dos materiais ou componentes antes da data necessária. Os *leadtimes* de segurança são usados principalmente para o amortecimento de incertezas no suprimento de matérias-primas e nos processos de fabricação. Os *leadtimes* de segurança devem ser acrescidos a poucos e selecionados *leadtimes* que compõem o processo produtivo, pois antecipam a emissão e a conclusão das ordens, gerando excessivos estoques em processo.

Há um aumento considerável no nível de atendimento das necessidades quando se utiliza os *leadtimes* de segurança para contornar problemas relacionados à demanda e ao suprimento de componentes aos processos de fabricação e montagem. Em geral, os *leadtimes*

de segurança estão implícitos nos *leadtimes* considerados. O acréscimo de “margens de segurança” aos *leadtimes* garante a disponibilidade do item antes do momento de sua necessidade. Tal procedimento induz à formação de estoques de materiais em processo, contrariando o princípio básico do MRP e do MRP II que visa a redução de estoques.

Assim, todos os *leadtimes* devem ser conhecidos, devendo ser alocados no sistema de planejamento das necessidades como valores fixos. Os *leadtimes* são usados na determinação das datas da emissão das ordens de fabricação e compra. As datas de término das ordens são mais importantes que as datas de início, já que se relacionam ao cumprimento dos prazos e aos critérios de priorização de algumas ordens.

A redução dos estoques intermediários está relacionada à atualização dos *leadtimes* nos arquivos de registros de estoques. Os *leadtimes* das ordens de fabricação e compra são baseados no somatório dos tempos das operações e dos tempos de fila. A constante atualização destes tempos interfere na composição dos *leadtimes* e no desempenho dos sistemas MRP e MRP II.

A consideração de *leadtimes* fixos, independentes do tamanho do lote de produção, otimiza os tempos de processamento. Em contrapartida, de acordo com SMITH (1978), a maioria dos sistemas produtivos precisa de *leadtimes* variáveis, sendo que o modelo com *leadtimes* fixos é apropriado em situações onde os lotes são muito pequenos ou o tempo de processamento é insignificante na composição dos *leadtimes*.

O *leadtime* acumulado, que corresponde ao somatório dos *leadtimes* para o efetivo cumprimento do programa de produção, determina a parte firme do programa mestre de produção, devendo ser menor que o horizonte de planejamento para não levar à emissão de ordens “ontem”. O horizonte de planejamento, ou seja, o intervalo de tempo considerado para as ações planejadas pelos sistemas MRP e MRP II, é dividido em *time buckets* (unidades de tempo), onde a semana é o período mais utilizado. A unidade de tempo dos *leadtimes* deve ser a mesma dos *time buckets* dos horizontes de planejamento.

O *leadtime* está diretamente relacionado aos estoques em processo: quanto maior o *leadtime*, mais ordens estarão na fila e, portanto, maior o estoque em processo. Quando os *leadtimes* são curtos, pode-se decidir pela alocação de estoques em processo para a cobertura das necessidades geradas por rejeições típicas do processo produtivo.

SMITH (1978) diz que os *leadtimes* devem ser analisados com base na execução do planejamento das necessidades, com vistas na utilização da forma regenerativa ou da forma *net change* (mudanças líquidas). Estas formas são distintas em relação à maneira na qual o MRP e o MRP II executam o novo planejamento das necessidades de materiais a partir de mudanças na demanda, nos *leadtimes* e nas ordens de fabricação.

Na forma regenerativa, a partir do programa mestre, o MRP executa uma nova explosão das necessidades de materiais. As necessidades líquidas são completamente recalculadas e as ordens de fabricação e compra são novamente geradas. As ordens em andamento são mantidas inalteradas. Em geral, o processamento regenerativo é feito a cada semana, devido a constantes reprogramações de produção em ambientes muito dinâmicos.

Na forma *net change*, o cálculo das necessidades é restrito aos itens que sofreram alterações no respectivo horizonte de planejamento. Estes itens são “marcados” pelo MRP e então, o sistema executa apenas o novo planejamento das ordens relacionadas a estes itens. O tempo de processamento fica reduzido, pois somente os itens que sofreram modificações no período estipulado têm suas necessidades recalculadas.

De uma maneira geral, as empresas utilizam a forma *net change* para a reprogramação diária e a forma regenerativa para uma reprogramação semanal. A forma regenerativa se adapta melhor aos *leadtimes* longos, pois o tempo de resposta não é muito importante quando se trabalha com grandes *leadtimes*. Normalmente, não há a necessidade da reprogramação *net change* quando os *leadtimes* forem muito grandes e pouco acurados.

3.1.4 - O horizonte de planejamento

O horizonte de planejamento é definido como o número de períodos considerados para o cálculo das necessidades de materiais no MRP e das necessidades dos recursos produtivos no MRP II. Compreende o espaço de tempo coberto pelo programa mestre e representa o intervalo de tempo onde é executado o cálculo das necessidades de materiais ou de recursos produtivos, com o propósito de “rodar” ou ativar os sistemas MRP e MRP II.

Na definição de um horizonte de planejamento mínimo, CORRÊA & GIANESI (1993) estipulam como o limite superior de um horizonte de planejamento o intervalo que inclua todo o futuro sobre o qual se tenha informações úteis sobre a demanda dos produtos.

O horizonte de planejamento é dividido em duas partes (períodos): “firme” e “planejado”. O período “firme” do horizonte de planejamento é o intervalo de tempo igual ao *leadtime* acumulado no sistema de manufatura para o atendimento das necessidades, garantindo a estabilidade aos sistemas MRP e MRP II para o planejamento e a execução das atividades de manufatura. O período “planejado” do horizonte de planejamento diz respeito aos períodos excedentes do *leadtime* acumulado, atribuindo maior flexibilidade de resposta às oscilações futuras de demanda dentro do horizonte de planejamento considerado.

Não é prático e nem economicamente desejável, a manutenção do programa mestre “firme” por muito tempo e, conseqüentemente, de uma grande parte “firme” do horizonte de planejamento. Neste caso, poderia haver um aumento dos custos de oportunidade pelo não-atendimento das vendas de produtos acabados, devido à espera das ordens de fabricação surgidas dentro do horizonte de planejamento.

Os períodos que compõem o horizonte de planejamento (*time buckets*) são comumente estabelecidos como uma semana, conforme cita BEDDICK (1983). O horizonte de planejamento está relacionado ao *leadtime* acumulado de manufatura e compra dos produtos acabados, devendo ser sempre igual ou maior que o *leadtime* acumulado dos itens finais. O horizonte de planejamento inadequado pode provocar perdas de visibilidade para efeito do planejamento das necessidades de capacidade (ampliações ou reduções).

O relacionamento entre o horizonte de planejamento e as estruturas dos produtos é comentado por ORLICKY (1975). Assim, caso o horizonte de planejamento for menor que o *leadtime* acumulado, não haverá o pleno atendimento das ordens de fabricação e compra para os itens de níveis mais baixos da estrutura do produto.

VOLLMANN et al. (1992) citam como procedimento de flexibilização da utilização do MRP II os *time buckets* mistos, onde à medida que se aproxima do final do horizonte de planejamento estipulado, poder-se-ia adotar períodos que seriam conjuntos dos períodos definidos no início do horizonte de planejamento. A agregação de informações dos

períodos anteriores aos períodos correntes aumentaria a precisão nas previsões de demanda, sendo que o tempo de processamento das informações seria naturalmente reduzido.

3.1.5 - A previsão de vendas e o programa mestre de produção

As previsões de vendas são importantes informações de entrada dos sistemas MRP e MRP II. São compostas de projeções no futuro de dados históricos e de predições de eventos, antecipando as mudanças e os fatores que interferem na demanda de produtos acabados (consumo dos itens de demanda independente). As previsões podem ser feitas em termos de produtos acabados, grupos de produtos e resultados de vendas (em unidades monetárias). As previsões de demanda são feitas para os itens de demanda independente, ou seja, os itens finais e de reposição para a assistência técnica.

A previsão de vendas propõe uma evolução no tratamento da demanda dos itens de demanda dependente, na qual têm suas demandas calculadas com base nas necessidades dos itens-pais. Desta forma, as previsões para os itens de demanda dependente torna-se desnecessária, sendo que suas demandas são calculadas em função dos itens-pais, ou seja, são dependentes da demanda observada nestes itens.

As previsões agregadas trazem menores imprecisões e evitam a trabalhosa manipulação de grandes quantidades de dados, aumentando a margem de segurança nos cálculos. Recomenda-se que as previsões de demanda realizadas tenham grande nível de precisão, de forma a minimizar os ajustes e as reprogramações das necessidades.

As previsões de demanda estão relacionadas ao MRP através do programa mestre de produção, gerado pelo subsistema MPS (*Master Production Schedule*). Dentro destas previsões também estão compreendidas todas as necessidades brutas dos itens finais.

A determinação das necessidades brutas, diretamente através das previsões de demanda, é um grande problema verificado nos sistemas MRP e MRP II, devido à probabilidade do mesmo gerar programas de produção ineficazes, uma vez que o programa mestre de produção não considera a capacidade produtiva disponível.

ORLICKY (1975) enfatiza a eficiência do MRP, citando o mecanismo de auto-ajuste, que exige a definição de um conjunto de períodos onde as ordens de fabricação e compra são consideradas “firmes”, sendo que a partir do final de um período, as ordens estarão sujeitas a nova avaliação segundo as modificações de demanda de mercado. Este mecanismo tende a reduzir a relevância da acurácia da previsão de demanda, conforme o raciocínio de que quanto menor a flexibilidade de alteração de um programa de produção original, maior a necessidade de bons sistemas de previsão.

VOLLMANN et al. (1992), em oposição às idéias anteriores de ORLICKY (1975), comentam que é preferível manter uma baixa margem de erro nas previsões, pois estas interferem nas tomadas de decisões relacionadas ao planejamento da produção, onde uma previsão de vendas de baixa acurácia para os itens finais, compromete significativamente o planejamento das necessidades de materiais. Em previsões agregadas (previsões por grupo ou famílias de produtos), as margens de erros são menores em comparação com os desvios decorrentes das previsões desagregadas (previsões por unidades de produtos).

As previsões de vendas são as principais variáveis do planejamento agregado e do programação mestre de produção. A inserção das previsões de vendas no programa mestre é comentada por MCCLAIN & THOMAS (1985). As previsões de vendas geram o programa mestre para, posteriormente, determinarem-se as necessidades brutas de itens finais. O “ajuste de sintonia fina” das quantidades de produtos e prazos de entrega (contidos nas previsões de vendas) ao sistema produtivo é uma etapa crucial para a otimização do programa mestre às condições operacionais. O planejamento agregado da produção deve considerar a viabilidade do programa mestre em relação à capacidade produtiva disponível.

O programação mestre da produção é a etapa imediatamente anterior ao planejamento das necessidades de materiais e ao planejamento dos recursos produtivos nos sistemas MRP e MRP II, respectivamente. O programa mestre determina as necessidades de produtos acabados e itens de reposição em um período de tempo que, em geral, é igual ao horizonte de planejamento.

Para ORLICKY (1975), o programa mestre é baseado no estabelecimento das necessidades de itens finais (produtos acabados, montagens principais, submontagens e itens individuais utilizados no nível mais alto da estrutura do produto) em datas específicas dentro

de um horizonte de tempo. O programa mestre se apresenta no formato de uma matriz com os itens finais e suas respectivas quantidades necessárias por período de tempo.

O programa mestre de produção é considerado como uma das três principais fontes de entrada de dados para os sistemas MRP e MRP II e que, enquanto as outras duas, o *status* de estoques e a estrutura do produto, apenas fornecem dados de consulta para o processo de planejamento das necessidades, o programa mestre constitui-se nos dados de entrada que o conduz. É composto pela previsão de vendas, pelos pedidos “em carteira” e pela disponibilidade de material e metas, de modo a se estabelecer a melhor estratégia de produção com relativa antecedência.

A curto prazo, o programa mestre é utilizado para o cálculo das necessidades, contemplando a produção de componentes, o planejamento e a ordenação de prioridades, a determinação dos níveis de estoques e o planejamento das necessidades de capacidade. Já a longo prazo, a utilização do programa mestre se fundamenta na determinação das necessidades de recursos, como a capacidade produtiva e os equipamentos, dentre outros.

O programa mestre de produção se origina das previsões de vendas, dos pedidos “firmes” de clientes, depósitos, armazéns, entrepostos e de pedidos entre empresas industriais de uma mesma organização. O programa mestre é um dos três principais *inputs* do MRP e MRP II, ao lado dos estoques iniciais e das estruturas dos produtos.

As variáveis de entrada (*inputs*), que alimentam o subsistema MPS na elaboração dos planos mestres de produção, são:

- (1) A previsão de vendas, ou seja, previsão de demanda independente para os itens finais.
- (2) Os pedidos firmes ou pedidos “em carteira” de clientes.
- (3) O plano de estoques sazonais e as necessidades de estoques de segurança.
- (4) Os pedidos internos, ou seja, os pedidos de outras áreas da organização e das empresas coligadas.
- (5) O pedidos de componentes para a assistência técnica aos clientes.

As variáveis de saída do MPS, ou seja, as informações contidas no programa mestre de produção, são:

- (1) As necessidades brutas dos itens finais, onde os estoques iniciais dos produtos acabados não são descontados da demanda do período.

- (2) As necessidades líquidas de produção, onde os estoques iniciais dos produtos acabados são descontados da demanda do período.
- (3) Os programas de ordens restritas aos componentes, onde o programa mestre é usado para gerar as necessidades de componentes. A fabricação dos produtos fica embutida no FAS.

VOLLMANN et al. (1992) comentam que para a elaboração do programa mestre de produção os sistemas de manufatura devem ser analisados. Assim, tem-se que:

- (1) No modelo de produção para estoque, o programa mestre representa as necessidades derivadas da demanda passada.
- (2) No modelo de produção sob encomenda, o programa mestre representa os pedidos “firmes” de produtos acabados (os pedidos “em carteira” dos clientes).
- (3) No modelo de produção para a montagem de componentes padronizados, o programa mestre representa a fusão dos dois tipos anteriores.

As outras considerações para a elaboração do programa mestre de produção são os níveis de estoques para o atendimento das necessidades estipuladas no programa de montagem final (FAS), a determinação dos tamanhos dos lotes de produção e o nível de utilização dos recursos produtivos.

O programa mestre de produção deve ser elaborado com base na realidade e nas restrições presentes no sistema produtivo, como a disponibilidade de materiais, os *leadtimes* e a capacidade produtiva. No entanto, a não observação desta condição impossibilita o eficiente planejamento das necessidades. O cuidadoso desenvolvimento do planejamento agregado das necessidades, as previsões realísticas de pedidos de clientes e a correta negociação de metas de produção, *marketing* e projetos contribuem para o desenvolvimento de um programa mestre que tenha grande acurácia como *input* do MRP e do MRP II.

A viabilidade do programa mestre está atrelada à disponibilidade dos recursos para o atendimento das necessidades de produção do período analisado. Algumas considerações sobre a capacidade produtiva na elaboração do programa mestre necessitam ser comentadas. Para a viabilização do programa mestre, os sistemas MRP e MRP II estipulam o nível de capacidade produtiva necessário ao atendimento das necessidades de produtos acabados. Desta forma, o programa mestre será reavaliado iterativamente até que seja factível em função do ajuste das cargas de trabalho às capacidades produtivas disponíveis nos centros de

trabalho. Portanto, o método de construção do programa mestre estipula sua factibilidade mediante procedimentos iterativos, ou seja, procedimentos de tentativa e erro.

O método para a identificação das necessidades de capacidade produtiva é baseado nos dados contidos no programa mestre, onde feita a alocação do tempo consumido por cada item final nos respectivos centros de trabalho. Então, passa-se à análise do perfil de carga nos centros de trabalho e, se necessário, o programa mestre é alterado. O objetivo deste método é a avaliação do impacto do programa mestre nos centros de trabalho.

As opções de abrangência do programa mestre nos *softwares* MRP e MRP II são:

- (1) O programa mestre regenerativo, onde é executado o cálculo do conjunto das necessidades dos itens delimitadas no horizonte de planejamento, independentemente de terem ocorrido alterações em parte destas necessidades.
- (2) O programa mestre *net change*, onde o planejamento é restrito às necessidades dos itens que sofreram alterações no horizonte de planejamento.

O procedimento do programa mestre *net change* diminui consideravelmente o tempo de processamento para a obtenção dos resultados. Sendo alta a frequência de execução do procedimento *net change*, os custos de processamento tornar-se-ão superiores aos custos associados aos procedimentos regenerativos. O procedimento *net change* pode ocasionar a geração de uma quantidade maior de ordens de fabricação e compra, que serão emitidas devido à não consolidação de ordens dentro do período de planejamento. O procedimento regenerativo é executado com menor frequência, devido à maior quantidade de informações envolvidas no novo planejamento das necessidades.

Há dificuldades no desenvolvimento de um programa mestre de produção quando a diferenciação dos produtos acabados é muito grande. Este problema é atenuado através da utilização de listas modulares de materiais, que são estruturas básicas dos produtos sobre as quais serão feitas as alterações nos produtos acabados. As indústrias que seguem o modelo de produção sob encomenda estabelecem o programa mestre para um conjunto de materiais a serem utilizados na fabricação do *mix* de produtos acabados, ou seja, o MPS é baseado nas opções possíveis dos produtos ou na lista modular de materiais.

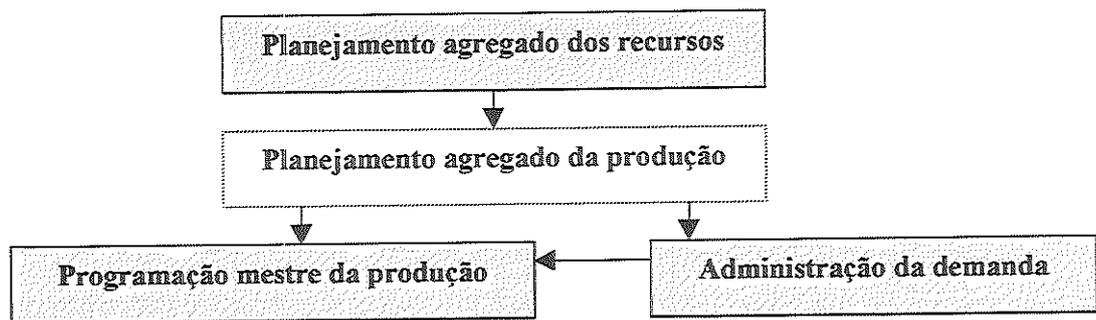


FIGURA 32 - O programa mestre de produção e o planejamento das necessidades.

Fonte: BEDWORTH & BAILEY (1982).

O planejamento da produção executada, de forma agregada, o *link* entre os objetivos estratégicos e a produção, sendo coordenado com os objetivos de vendas, as disponibilidades de recursos e os orçamentos financeiros. A administração da demanda executa o planejamento da capacidade produtiva a partir da demanda potencial de produtos acabados e está relacionada com o programa mestre através da avaliação da capacidade disponível e da capacidade necessária dentro das divisões do horizonte de planejamento.

ORLICKY (1975) comenta a distinção entre o programa mestre de produção e a previsão de vendas. O programa mestre é um plano de produção gerado pelas informações da previsão de vendas (estimativas das vendas em um período). A previsão de vendas e o programa mestre podem ultrapassar a capacidade produtiva, além de interferir significativamente na política de estoques, onde a utilização de estoques “amortecedores” (*buffers*) tende a amenizar as oscilações verificadas na demanda de produtos acabados.

O programa mestre representa uma versão desagregada do planejamento da produção, que faz a geração dos *inputs* necessários ao planejamento das necessidades no MRP e no MRP II. O programa mestre não é uma previsão de demanda, sendo considerado um programa de produção que pode, inclusive, antecipar a fabricação de produtos sugeridos pelas previsões de demanda ou pelo planejamento da produção.

Na elaboração do programa mestre de produção é premente a necessidade de consenso interfuncional, ou seja, as funções de Vendas/*Marketing*, Manufatura e Finanças devem compartilhar das mesmas metas concretizadas no programa mestre, contribuindo para a eficiência do MRP e do MRP II e para a acurácia dos resultados obtidos no cálculo das necessidades de materiais e dos recursos produtivos necessários.

3.1.6 - A capacidade de produção

A capacidade produtiva está relacionada à quantidade de trabalho que pode ser desenvolvida nos estágios produtivos (centros de trabalho), geralmente mensurada em horas. O planejamento da capacidade permite que os planos de produção e os planos mestres sejam desenvolvidos, considerando-se o tempo e a tomada de decisão. Quanto maior o horizonte de tempo, maior é a necessidade de aplicação do planejamento agregado da capacidade.

O estudo aprofundado da capacidade produtiva é fundamental nas decisões tomadas nos sistemas MRP e MRP II. A partir das necessidades de materiais e dos roteiros de fabricação, as ordens são convertidas em necessidades de capacidade. A adequação da capacidade é primordial à consecução dos objetivos do sistema de manufatura. A insuficiência de capacidade acarreta a diminuição do nível de atendimento dos clientes, gerando maiores custos de oportunidade. Em contrapartida, o excesso de capacidade produtiva representa incrementos nos custos de produção pela manutenção de estruturas e sistemas não utilizados.

A hierarquia de decisões sobre a capacidade produtiva se baseia no detalhamento da capacidade do nível agregado (para longos períodos) até ao nível desagregado ou detalhado (para curtos períodos). As etapas, relacionadas na hierarquia da capacidade, são:

- (1) O planejamento dos recursos produtivos.
- (2) A análise bruta de capacidade (*rough-cut capacity planning*).
- (3) O tratamento desagregado ou detalhado da capacidade através do subsistema CRP.
- (4) Os procedimentos de carga finita de trabalho.
- (5) As técnicas de monitoramento da capacidade produtiva.

O tratamento agregado das necessidades de capacidade e as técnicas de operacionalização do planejamento agregado da produção configuram-se na primeira etapa da hierarquia de decisões sobre a capacidade produtiva. O problema a ser resolvido pelo planejamento agregado da capacidade é a escolha de um plano de produção que minimize os custos dentro do horizonte de planejamento. A partir de previsões financeiras de vendas, faz-se a transformação das capacidades brutas em necessidades de horas-homem para a realização das metas.

De acordo com WIGHT (1984), as técnicas correlatas de resolução dos problemas de planejamento agregado da capacidade são a programação linear (modelo de otimização), a regra linear de decisão (modelo de otimização de custos), o modelo de gestão de coeficientes históricos (comportamento gerencial do passado) e a regra de busca da decisão (modelo realista de não-otimização). Estes modelos podem ser aplicados a todos os centros de trabalho ou aos centros de trabalho críticos (operações-restritivas). No entanto, a aplicação dos modelos de planejamento agregado nas empresas é muito baixa. O modelo de programação linear é freqüentemente utilizado em empresas com processos contínuos de produção, ou seja, na fabricação de produtos homogêneos e com estruturas simples.

Nos sistemas MRP e MRP II, a capacidade no nível de produtos é descrita por ORLICKY (1975) através do planejamento das necessidades de recursos produtivos, enquanto CERVENY & SCOTT (1989) a tratam como o planejamento bruto da capacidade (*rough-cut capacity planning*).

Para ORLICKY (1975) o procedimento de planejamento das necessidades de recursos é o ponto inicial do tratamento de longo prazo da capacidade produtiva no MRP e no MRP II. As etapas consideradas para o planejamento de recursos produtivos são:

- (1) A definição e a utilização dos recursos críticos no desenvolvimento do planejamento.
- (2) O cálculo do perfil de carga por recurso em relação às fases de fabricação do produto.
- (3) A multiplicação dos perfis de carga pela quantidade estipulada no programa mestre.
- (4) A simulação do efeito de planos mestres de produção alternativos.
- (5) A escolha do programa mestre voltado à melhor utilização da capacidade.

Em um pequeno horizonte de planejamento (curto prazo), o planejamento das necessidades de recursos busca manter as cargas de trabalho nos limites de utilização dos recursos produtivos. Em contrapartida, em um grande horizonte de planejamento (longo prazo), o planejamento das necessidades de recursos auxilia na decisão relativa ao aumento ou decréscimo da capacidade, com base nas perspectivas de vendas dos produtos.

O planejamento bruto da capacidade (*rough-cut capacity planning*) se vincula ao programa mestre na previsão dos potenciais problemas em instalações fabris que representam restrições para a factibilidade do programa mestre de produção em questão.

O planejamento bruto da capacidade é o procedimento de conversão das quantidades de produtos determinadas pelo programa mestre em capacidades produtivas necessárias aproximadas. Este procedimento é executado a partir de um arquivo que contém os perfis de carga para áreas importantes do processo produtivo referentes a cada produto. Estas informações são obtidas de um banco de dados ou elaboradas pelo departamento de engenharia através de estimativas para novos produtos. O resultado da verificação da capacidade requerida (soma das cargas de todos os itens) pode ser acessado em terminais e mostrado na forma gráfica. Através da análise das cargas para as áreas produtivas, é possível executar um novo arranjo da capacidade efetiva, caso a factibilidade do programa mestre exigir reprogramações ou necessidades externas, como a contratação de mão-de-obra e compra de equipamentos ou materiais.

VOLLMANN et al. (1992) cometam que o procedimento de *rough-cut capacity planning* estima as necessidades de capacidade para os planos mestres serem executados. As técnicas de planejamento bruto da capacidade são:

- (1) *Capacity planning using overall factors* (CPOF), onde a partir do programa mestre e dos tempos-padrões para a finalização de cada produto acabado, é calculado o tempo despendido através da multiplicação destes tempos-padrões pelas quantidades dos produtos estipulados no programa mestre. É alocado o tempo total em cada centro de trabalho, utilizando-se dados históricos de tempo. Em seguida, é elaborado o rateio dos centros de trabalho utilizados no cumprimento do programa mestre.
- (2) Estruturas de capacidade, onde é calculado o consumo de tempo dos centros de trabalho ou dos centros de trabalho restritivos utilizados na fabricação dos itens da estrutura do produto, resultando em um perfil de carga específico a cada centro de trabalho.
- (3) Perfis de recursos, que faz uso da mesma lógica da técnica de estruturas de capacidade, considerando-se todos os *leadtimes* para a produção e montagem dos componentes do produto. Cada centro de trabalho utiliza a mesma carga, variando-se apenas o período em ocorrerá a utilização do centro de trabalho.

O objetivo destas técnicas é a compatibilidade do programa mestre e da capacidade produtiva agregada requerida. Durante o planejamento das necessidades de capacidade, é detalhado o consumo de tempo planejado para cada centro de trabalho, de modo a buscar a adequação do programa mestre e das capacidades de produção desagregadas.

VOLLMANN et al. (1992) definem o planejamento detalhado da capacidade realizado para o curto prazo como o estabelecimento dos planos de capacidade para cada equipamento ou recurso produtivo, com base no planejamento das necessidades de materiais. O planejamento detalhado da capacidade é subdividido em dois aspectos:

- (1) O planejamento das necessidades de capacidade (CRP), que configura-se em um subsistema do MRP II e considera os carregamentos infinitos para os centros de trabalho.
- (2) O carregamento finito, que considera apenas os limites de capacidade disponível nos centros de trabalho.

O planejamento das necessidades de capacidade é um procedimento de curto e médio prazos para o atendimento das metas de produção, determinando a capacidade necessária por período a cada centro de trabalho. Os *inputs* são as quantidades de itens e os respectivas datas a serem apropriadas aos centros de trabalho.

O CRP executa a verificação minuciosa da capacidade de fabricação necessária a cada posto de trabalho, funcionando em *loop* com o subsistema MRP, permitindo executar simulações de implementações dos planos mestres. O processo de verificação da capacidade é iniciado com a conversão das ordens de fabricação em necessidades de capacidade produtiva (por exemplo, em horas-máquina e em horas-homem), período por período, nos vários centros de trabalho. Desta forma, são determinadas as capacidades para cada centro de trabalho em cada período a partir das datas de término das ordens geradas pelo MRP, programadas no sentido do término para o início do roteiro de produção, segundo a consideração de capacidade infinita.

Os resultados são o programa de realização das operações para cada ordem de fabricação e o plano de carregamento dos centros de trabalho, considerando-se as ordens planejadas e as ordens liberadas “firmes” do programa mestre. De posse do conhecimento da capacidade efetiva, faz-se a comparação com a capacidade requerida.

Dentre as medidas a serem tomadas quando a capacidade requerida excede a capacidade efetiva ou disponível, encontram-se a mudança de algumas ordens para períodos próximos com disponibilidades de capacidade, a utilização de horas-extras, a contratação de serviços externos, a compra de componentes ao invés de matérias-primas, a alteração do roteiro de produção para determinadas ordens e a alteração definitiva do programa mestre.

Desta maneira, também poderá ocorrer uma reprogramação com distribuição regular de carga por “tentativa e erro” através da intervenção de um programador habilidoso.

O CRP difere dos procedimentos de cálculo dos perfis de recursos devido aos seguintes aspectos:

- (1) A utilização de informações obtidas do planejamento de necessidades de materiais (lotes de fabricação e compra, recebimentos programados e ordens planejadas, dentre outros).
- (2) A consideração dos estoques iniciais, dos trabalhos em andamento (materiais em processo) e das demandas de componentes para a assistência técnica.

O planejamento da capacidade determina as horas-padrões de produção em cada centro de trabalho, o número de pessoas, os equipamentos e outros recursos necessários à execução das atividades de produção. Portanto, o CRP faz a conversão do MRP em horas necessárias de mão-de-obra (horas-homem) e equipamentos (horas-máquina). Através dos resultados do MRP, o CRP também indica os recursos considerados gargalos, através da alocação das necessidades de capacidade nos diversos centros de trabalho.

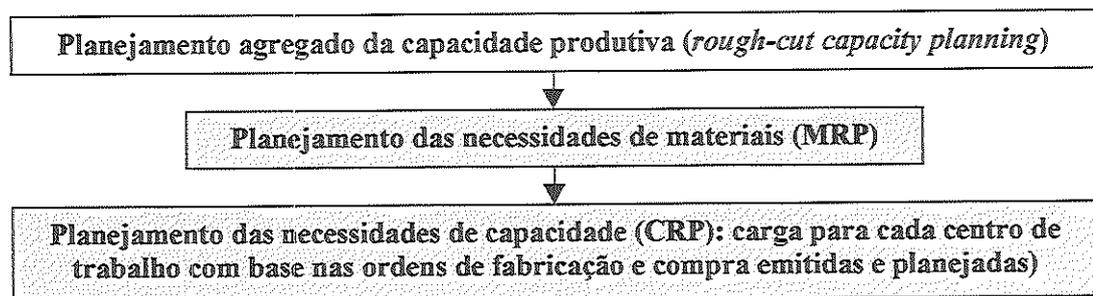


FIGURA 33 - O planejamento agregado da capacidade, o MRP e o CRP.

O CRP envolve a explosão da demanda projetada nas capacidades requeridas através dos dados gerados pelo MRP. As principais variáveis de entrada do CRP são os consumos de tempo unitário dos centro de trabalho para cada componente em cada etapa do processo produtivo. As principais saídas são as cargas alocadas aos centro de trabalho (cargas planejadas), as cargas de ordens emitidas (ordens planejadas) e as cargas de ordens em processamento (ordens “firmes”).

Portanto, o planejamento das necessidades de capacidade é a própria projeção de carga nos centros de trabalho. Através das ordens em andamento ou planejadas, o CRP faz a

análise da necessidade horas-extras, mudanças de rotinas, subcontratações ou modificações dos planos de produção dos centros de trabalho.

Os ajustes a serem feitos no programa mestre são dependentes do horizonte de planejamento, ou seja, quanto mais eficientes os mecanismos de verificação, maior a visibilidade e maiores as alternativas de ajuste dos planos de produção. A classificação ABC é muito utilizada para a priorização de algumas necessidades de capacidade.

O carregamento finito é um método de programação de ordens de fabricação que determina a prioridade de execução de atividades produtivas. Este método necessita da determinação dos limites de capacidade específicos para cada centro de trabalho. A partir de capacidades preestabelecidas são feitas as programações e as execuções das ordens de fabricação. O resultado deste procedimento é a determinação das datas iniciais e das datas finais de execução das atividades em cada centro de trabalho.

Os sistemas de carregamento finito são procedimentos iterativos do MRP II que utilizam as mesmas informações que o CRP necessita para realizar o carregamento infinito. VOLLMANN et al. (1992) comentam a existência de dois modelos de carregamento finito:

- (1) O carregamento vertical, onde é feita a avaliação das prioridades das ordens de fabricação que estão na fila de execução em um dado centro de trabalho.
- (2) O carregamento horizontal, onde uma ordem de fabricação prioritária é totalmente executada nos centros de trabalho. Este modelo tem o inconveniente de gerar *gaps* na capacidade produtiva de um determinado centro de trabalho, pois este estará sempre em *stand-by* em relação à atividade designada, não podendo se comprometer com outras atividades que consumam o tempo dedicado à execução da ordem prioritária.

Para a otimização da carga de trabalho, o método do carregamento finito deve considerar as relações entre os itens da mesma estrutura do produto. Este ponto é essencial para o estabelecimento das prioridades de alocação das capacidades aos centros de trabalho.

3.1.7 - O *backflushing* e os itens-fantasmas

O procedimento de *backflushing* configura-se na “baixa” automática das quantidades-padrão de recursos produtivos (materiais, tempo de mão-de-obra e tempo de

utilização dos equipamentos) requeridos para a execução de uma ordem de produção específica, depois que a referida ordem é completada.

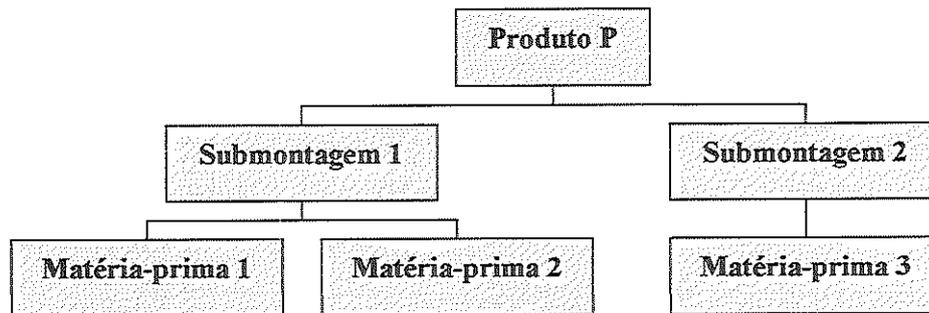


FIGURA 34 - A estrutura de um produto hipotético P.

Neste exemplo, extraído de CORRÊA & GIANESI (1993), a produção do produto P, cuja estrutura é mostrada na figura 34, requer que as operações devam sofrer *backflushing*. Então, a ordem de fabricação é transportada para o produto P, sendo que a quantidade apropriada de matérias-primas é separada, levada para os setores produtivos e as operações são iniciadas.

Quando a fabricação do produto P é finalizada, esta é informada ao MRP que realiza o *backflushing*. O sistema executa a “baixa”, reduzindo, da quantidade encontrada no registro de estoques, os componentes utilizados e lança as horas-máquina e as horas-homem que foram necessárias para completar a produção do produto P. Na realidade, como o MRP não foi “informado” de como aconteceram as operações, são utilizados os dados-padrão de consumo dos recursos produtivos para a fabricação de dada quantidade do produto P.

Desta forma, é evitada a grande quantidade de transações que o sistema normalmente requereria, como os dados acerca da quantidade de material que foi retirada dos estoques para a fábrica e as informações, passo a passo, da transformação dos materiais em itens processados, de itens processados em submontagens e das submontagens em produtos finais e, finalmente, a entrada do produto final nos estoques de produtos acabados.

Os dados resultantes do *backflushing* podem ser incorretos. Por exemplo, devido a possíveis problemas de qualidade, uma quantidade maior de determinado material é usado em relação à quantidade-padrão registrada no sistema. Assim, a utilização real (quantidade física dos materiais) é maior do que a “baixa” feita pelo sistema nos registros de estoque, que

trabalha com base nas quantidades-padrões. O *backflushing*, portanto, exige a correta e sistemática alimentação do sistema em relação às informações sobre os materiais refugados, assim como a contagem e a conciliação periódica dos registros de estoque do MRP, garantindo a integridade e a acuidade necessárias aos dados de entrada.

Os itens-fantasmas (*phantom itens*) são itens da estrutura de produto que o usuário “marca” de modo que o MRP II não gere as suas respectivas ordens de fabricação. Os itens-fantasmas não possuem estoques associados. Por exemplo, supondo que os itens submontagem 1 e submontagem 2 da figura 34 sejam marcados pelo usuário como itens-fantasmas, o MRP, apesar de manter todos os registros que contêm informações a respeito destes itens, somente vai considerar para a geração de ordens de fabricação e compra a estrutura de produtos mostrada na figura 35, onde a submontagem 1 e a submontagem 2 são marcadas como itens-fantasmas.

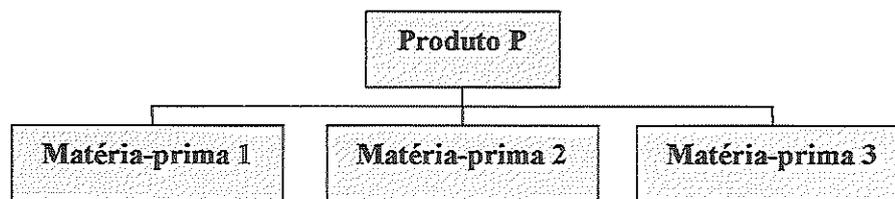


FIGURA 35 - A estrutura do produto hipotético P com itens-fantasmas.

Fonte: CORRÊA & GIANESI (1993).

Assim, quando a ordem de fabricação do produto P é programada, o MRP apenas irá gerar as necessidades de materiais para matérias-primas 1, 2 e 3 e, conseqüentemente, não são geradas as ordens de fabricação da submontagem 1 e da submontagem 2. Este procedimento é importante para que o MRP não execute o excessivo detalhamento das operações relativamente simples de fabricação de um item.

3.1.8 - Os estoques de segurança

Os estoques de segurança são usados para a proteção dos sistemas de manufatura contra as oscilações na demanda ou incertezas no suprimento dos materiais. Aplicam-se às situações de onde há probabilidade da verificação de baixa acurácia nas quantidades de materiais fabricados ou comprados, ou seja, nos casos em que é observada a ocorrência de

materiais com defeitos, demanda não prevista de produtos para a assistência técnica, maior consumo dos produtos do que o previsto e tempo de ressuprimento maior do que o estimado.

A utilização de estoques é uma das duas formas de atenuação das incertezas no MRP e no MRP II, ao lado dos *leadtimes* de segurança. Os estoques de segurança têm o papel de compensação das flutuações na demanda de itens fabricados ou comprados, atenuando os desvios relacionados à previsão da demanda dos produtos finais.

Segundo ORLICKY (1975), os estoques de segurança tendem a desaparecer no nível de itens dependentes, com exceção dos itens dependentes que têm incertezas verificadas no suprimento. Os estoques de segurança não devem ser alocados nos níveis de itens dependentes por incorrerem em custos e prejudicarem as informações relacionadas à manufatura e que são transmitidas ao piso de fábrica.

TERSINE (1985) recomenda que os estoques de segurança sejam alocados no nível de produtos acabados, pois a necessidade de manutenção de estoques de segurança para componentes (itens de demanda dependente) é reduzida, sendo que os itens finais (itens de demanda independente) geram todas as demandas dos demais itens-componentes. Já BUFFA & MILLER (1979) dizem que os estoques de segurança podem ser usados nos itens dependentes para proteção do sistema em relação às incertezas no suprimento e na demanda.

De acordo com MCCLAIN & THOMAS (1985), os estoques de segurança devem ser colocados em pontos específicos da estrutura do produto. A explicação está ligada ao fato de que em alguns casos os itens possuem incertezas na demanda ou no suprimento, sendo que estas não estão vinculadas às incertezas das previsões de vendas dos produtos acabados. A escolha dos pontos da estrutura do produto onde devem ser alocados os estoques de segurança dependem de dois fatores:

- (1) A necessidade de estoques amortecedores nos equipamentos-restritivos de produção.
- (2) A alocação de estoques de segurança após a montagem final para a proteção contra as incertezas verificadas na demanda dos produtos acabados.

PETERSON & SILVER (1979) expõem que os estoques de segurança são aplicados aos itens de baixo custo de controle, como por exemplo:

- (1) Os itens de demanda considerada independente.
- (2) Os itens cujos processos de fabricação têm rendimento instável.

- (3) Os itens cujos processos de fabricação são considerados gargalos.
- (4) Os itens semi-acabados que contêm muitos itens-pais.

SMITH (1978) comenta que os estoques de segurança devem ser considerados na maioria dos itens de demanda dependente e incorporados ao programa mestre para assegurar o nível de serviço predeterminado. Nas situações em que o programa mestre é firme em todo o *leadtime* acumulado de produção e quando há grandes incertezas nas quantidades entregues e nos *leadtimes* de suprimento, a alocação dos estoques de segurança aos itens-filhos fica impossibilitada. Um outro motivo para a alocação dos estoques de segurança aos itens de demanda dependente é o fato de que o custo dos itens ou materiais é menor que o valor dos produtos acabados. Além disto, a alocação dos estoques de segurança nas matérias-primas e componentes e evitam as possíveis interrupções nas atividades de manufatura.

VOLLMANN et al. (1992) discutem a relação da alocação dos estoques de segurança com os sistemas de manufatura. Nas empresas cuja produção é voltada para a formação de estoque de produtos acabados, por exemplo, nas empresas que trabalham com centros ou redes de distribuição, os estoques de segurança são mantidos no nível 0 da estrutura do produto, ou seja, são alocados aos itens finais. Os níveis dos estoques de segurança dependem do equilíbrio entre os custos de manutenção de estoques e o grau de proteção desejado para a atenuação dos desvios na previsão de demanda.

Nas empresas que produzem sob encomenda, os estoques de segurança devem ser alocados nas matérias-primas e nos itens com longos *leadtimes* de fabricação ou compra. Já, nas empresas que executam montagens sob encomenda, os estoques devem ser alocados aos opcionais de produtos, aumentando a flexibilidade de resposta e atendimento aos clientes. Portanto, a alocação dos estoques de segurança pode também ser feita ao nível intermediário da estrutura do produto em alguns estágios anteriores ao nível 0 (nível do produto acabado).

ORLICKY (1975) propõe como método de cálculo dos estoques de segurança o modelo do ponto de pedido, que utiliza os desvios-padrões das demandas históricas. A partir do gráfico da distribuição normal da demanda e do nível de serviço desejado, são determinados os desvios do estoque de segurança em relação à média observada no gráfico. SMITH (1978) cita a uso de critérios intuitivos para a determinação dos estoques de segurança. Em seguida, através do monitoramento, é executado o ajuste período a período.

Os dois critérios que são freqüentemente usados nos cálculos dos níveis dos estoques de segurança são:

- (1) O critério da probabilidade de faltar estoques, onde é assumido o risco de falta durante o período de planejamento ou produção. Determina-se o número de ocorrências de faltas e as quantidades faltantes dos materiais. O aumento do estoque do material acarretará em menor probabilidade de falta. Portanto, quanto mais elevado o nível de estoque, menor a probabilidade de falta do material, em detrimento ao aumento dos custos associados. Busca-se a melhor relação custo/benefício entre o custo da manutenção de estoques e o nível de atendimento relacionado à diminuição da probabilidade de falta.
- (2) O critério do nível de atendimento ao cliente, que está relacionado ao tamanho do lote de produção, à demanda prevista, ao ponto de pedido e à ocorrência de faltas no período (calculada através da probabilidade de aumento da demanda). O nível de atendimento é calculado para cada nível de estoque de segurança. Quanto maior o tamanho do lote de produção e menor a freqüência de emissão de ordens, menor será a possibilidade de falta dos materiais e, conseqüentemente, maior é o nível de atendimento obtido.

Normalmente, procedimento de incorporação dos estoques de segurança aos sistemas MRP e MRP II é feito através do acréscimo das necessidades brutas ao nível pretendido de estoque de segurança ou pela subtração do estoque inicial (disponível) desta mesma quantidade no início do horizonte de planejamento. Assim, há o carregamento do estoque que será preservado durante o horizonte, não sendo considerado para a execução da explosão das necessidades.

SMITH (1978) diz que os principais ganhos do MRP e do MRP II estão atrelados à redução do investimento em estoques que, por conseqüência, está ligado às menores necessidades de manutenção de estoques de segurança, devido à possibilidade de melhores previsões dos picos de demanda através da explosão nível a nível da estrutura do produto.

As mudanças nos tamanhos dos lotes de produção interferem nos níveis de estoques de segurança dos materiais, que estão relacionados com o intervalo de tempo que se deseja a segurança contra as incertezas. Quanto menor o intervalo ou freqüência de fabricação de um produto, menores também os estoques de segurança relativos aos lotes de produção. Portanto, os lotes de produção menores estão vinculados diminuição da proteção contra faltas e à minimização dos estoques de segurança. O nível de atendimento é proporcional ao nível do estoque de segurança dos materiais, ou seja, para um elevado nível

de atendimento das necessidades é fundamental uma relativa proteção contra faltas. Desta forma, inevitavelmente ocorre a associação de altos estoques de segurança.

Dentre as dificuldades de implementação dos sistemas MRP e MRP II está a falta de adequada provisão de estoques de segurança para componentes e matérias-primas. A inadequada alocação dos estoques de segurança nos níveis estrutura do produto aumenta os custos de manutenção. Os baixos custos de manutenção de estoques, que estão relacionados à possibilidade de falta dos materiais, estimulam a alocação dos estoques de segurança nos produtos acabados. No entanto, nas situações onde os custos de manutenção de estoques são altos, se faz necessária a definição de estratégias de competição e *marketing* relacionadas às políticas de abastecimento e distribuição dos produtos.

3.1.9 - Os métodos de formação dos lotes de produção

A formação de lotes para produção é explicada através utilização da preparação dos equipamentos para a maximização dos ganhos atribuídos à economia de escala. Deste modo, os custos totais intrínsecos à preparação e os custos de estocagem podem ser diluídos, minimizando a contribuição destes no custo unitário dos produtos à medida em que se aumenta o tamanho do lote de produção. A minimização dos custos vinculados aos estoques é obtida através da fabricação segundo a demanda de produtos acabados.

As regras ou métodos de formação dos lotes de produção estão vinculados principalmente aos itens dos níveis mais baixos da lista de materiais. A explicação está ligada ao fato de que a formação de lotes nos itens finais em quantidades diferentes das necessidades levaria à propagação de estoques por toda a estrutura do produto. Neste contexto, os métodos de formação de lotes de produção mais usados, devido sobretudo à facilidade de compreensão e manipulação, são o clássico lote econômico de produção e o lote-a-lote (*Lot-For-Lot*). Há outros métodos menos explorados que, no entanto, podem ser utilizados em condições de demanda específicas.

A evolução tecnológica na área de processamento de dados e as adaptações dos sistemas produtivos às variações e particularidades da demanda causam a necessidade de conhecimento das várias metodologias de formação de lotes de produção, viabilizando as reduções nos custos de produção e alavancando a manufatura como vantagem competitiva.

Os principais métodos de formação de lotes de produção são:

- (1) O *Fixed Order Quantity*.
- (2) O *Economic Order Quantity*.
- (3) O *Lot-For-Lot*.
- (4) O *Fixed Period Requirements*.
- (5) O *Period Order Quantity*.
- (6) O *Least Unit Cost*.
- (7) O *Least Total Cost*.
- (8) O *Part-period Balancing*.
- (9) O algoritmo Wagner-Whitin.
- (10) O algoritmo Silver-Meal.

ORLICKY (1975) faz referência ao método *Fixed Order Quantity* (FOQ) para a determinação dos tamanhos dos lotes de produção dos itens com altos custos de preparação e nas situações onde há restrições dos recursos, como a capacidade produtiva e a área de armazenagem. O tamanho fixo do lote de produção é usado para a cobertura de um conjunto de períodos. A repetição do tamanho do lote obtido é feita conforme a necessidade durante o horizonte de planejamento. As quantidades a serem processadas têm valor fixo e os intervalos entre as mesmas são variáveis.

A crítica de SMITH (1978) em relação ao método FOQ está baseada no fato de que este não propicia uma redução efetiva dos níveis de estoques. O tamanho lote de produção pressupõe a quantidade para a minimização dos custos de fabricação e dos tempos de *setup*. A manufatura de um lote menor traria prejuízo financeiro ao sistema produtivo.

O método *Economic Order Quantity* (EOQ) é o mais difundido por utilizar a lógica do ponto de pedido, mesmo contrariando o princípio da otimização dos estoques do MRP e do MRP II (ORLICKY, 1975). Em situações onde a demanda não segue uma tendência de continuidade, este método carrega desnecessariamente os estoques de alguns itens durante os períodos do horizonte de planejamento. Tal fato é explicado pela natureza das equações que calculam o lote econômico de produção (LEP) admitirem a hipótese de demanda estável.

No método *Economic Order Quantity* são calculados os lotes econômicos de produção e, a partir destes, são determinadas as quantidades anuais de ordens de fabricação através do quociente (demanda anual) / (LEP). O intervalo entre ordens é então calculado pelo quociente (número de períodos por ano) / (número de ordens por ano). Quanto maior o

intervalo de abrangência da ordem de fabricação, maior será o carregamento dos estoques e, também, maior a probabilidade de ocorrência de reprogramações.

O método EOQ não deve ser utilizado nos casos de demanda discreta, apesar da simplicidade e da facilidade dos cálculos. Nesta situação, pode ocasionar problemas ligados ao aumento dos estoques intermediários, gerando baixa acuidade nos processos produtivos.

O método *Lot-For-Lot* (LFL) executa a provisão das necessidades período a período, igualando as ordens de fabricação às necessidades líquidas, minimizando os custos de manutenção dos estoques, de forma a atender exatamente a demanda.

Assim, VOLLMANN et al. (1992) consideram o LFL como o método de formação de lotes mais utilizado nos sistemas MRP e MRP II, sendo aplicado aos níveis intermediários da estrutura do produto. Seu uso está vinculado, sobretudo, aos itens de demanda descontínua, que são fabricados esporadicamente, onde os custos de preparação são menores que os custos de manutenção de estoques. Necessariamente, esta abordagem acarreta o aumento do número de preparações de equipamentos e instalações.

O método *Fixed Period Requirements* (FPR) engloba as necessidades líquidas em determinado horizonte de tempo, onde o lote de produção é definido de maneira arbitrária. O intervalo entre as ordens é fixo e as quantidades a serem processadas são variáveis.

O método FPR proporciona uma relativa atenuação dos custos de preparações, em comparação com o método LFL, que apresenta o inconveniente de exigir um número muito grande de preparações dos equipamentos. No entanto, o método FPR pode carregar estoques desnecessários por longos períodos.

O método *Period Order Quantity* (POQ) é baseado no método *Economic Order Quantity* (EOQ) com algumas adaptações para períodos com demanda discreta (ORLICKY, 1975). Dentre seus objetivos estão a redução dos custos de manutenção de estoques, que são gerados em excesso no método EOQ. Uma quantidade menor de ordens de fabricação será gerada nos horizontes de planejamento com intervalos de demanda nula, em comparação com o método EOQ, que possui fraco desempenho quando a demanda é descontínua.

O método *Least Unit Cost* (LUC) permite a variação do intervalo e da quantidade das ordens de fabricação, minimizando os custos da preparação de equipamentos e manutenção de estoques (ORLICKY, 1975). É fundamentado no princípio de que a ordem de fabricação deve fazer a cobertura de vários períodos acumulados, como por exemplo, o primeiro período, o intervalo compreendido entre o primeiro e o segundo períodos, o intervalo compreendido entre o primeiro, o segundo e o terceiro períodos, e assim sucessivamente até o término de períodos em que está dividido o horizonte de planejamento.

O tamanho do lote de produção deve propiciar o menor custo unitário por item fabricado, do ponto de vista da somatória dos custos de *setup* e manutenção dos estoques, dentro do horizonte de planejamento considerado. O método LUC considera que a “baixa” no estoque do item deve ocorrer sempre no início do período considerado. Desta forma, não são contabilizados os custos de manutenção dos estoques dos itens que foram utilizados.

Período	Necessidades líquidas	Lote	Custo de manutenção de estoques		Custo de <i>setup</i>	Custo unitário
			(lote)	(unidade)		
1	35	35	0	0	\$ 2,86	\$ 2,86
2	10	45	\$ 10	\$ 0,22	\$ 2,22	\$ 2,44
3	-	-	-	-	-	-
4	40	85	\$ 130	\$ 1,53	\$ 1,18	\$ 2,71

Observações:

- (1) O custo unitário de manutenção de estoque em um período é de \$ 1,00.
- (2) O custo unitário de manutenção de estoque é igual ao quociente (custo de manutenção de estoque do lote de produção) / (tamanho do lote de produção). Como exemplo, no período 2 este custo é calculado pela seguinte relação $10 / 45 = \$ 0,22$.
- (3) O custo fixo de *setup* ou de preparação de equipamento é \$ 100,00.

FIGURA 36 - O exemplo de aplicação do método *Least Unit Cost* (LUC).

O método *Least Total Cost* (LTC) é baseado no mesmo princípio do método LUC, onde a somatória dos custos de *setup* e manutenção dos estoques é minimizada à medida em que estes dois custos se igualarem, o que corresponde ao ponto de equilíbrio do método LTC. A grande vantagem do método LTC em relação ao método LUC é o menor tempo de cálculos, acarretando a menor necessidade de processamento de dados.

O método LTC utiliza, nos cálculos de determinação dos lotes de produção, o fator EPP (*Economic Part Period*). O EPP é o quociente entre custo de *setup* e o custo unitário de manutenção de estoque por período. O LTC executa a seleção da ordem de fabricação cujo

custo unitário por período mais se aproximar do EPP obtido. ORLICKY (1975) comenta que este método geralmente tem melhores resultados que o LUC, mesmo gerando ordens de fabricação com grandes volumes, por buscar a equiparação entre custos de *setup* e de manutenção de estoques.

O método *Part-period Balancing* (PPB) utiliza a mesma lógica do LTC, gerando ordens de fabricação idênticas, porém, ajustando-as à demanda através de rotinas *Look-ahead* ou *Look-back*, que previnem o carregamento excessivo de estoques por longos períodos, de modo a cobrirem os picos de demanda e a evitarem a emissão de ordens em períodos caracterizados por baixas necessidades.

O método *Part-period Balancing Look-ahead* (PPB-LA) executa a comparação das vantagens e das desvantagens de se aumentar a quantidade da ordem de fabricação para a cobertura de períodos posteriores em função dos estoques a serem carregados nas futuras ordens de fabricação. O limite do tamanho do lote é também determinado pelo fator EPP.

Em contrapartida, quando este método é descartado, faz-se uso do método *Part-period Balancing Look-back* (PPB-LB), cujo objetivo é a incorporação da necessidade do período anterior na ordem de fabricação atual, ou seja, na ordem que está sendo executada.

ORLICKY (1975) comenta que os métodos PPB-LA e PPB-LB apresentam algumas restrições. O primeiro não planeja muito à frente, apenas aponta soluções de curto prazo, levando a incrementos no custo de manutenção de estoques. O PPB-LB também possui a mesma restrição quanto à profundidade de planejamento, não fazendo a análise do horizonte como um todo e, portanto, gerando conflito em relação aos custos de *setup* por aumentar o número de preparações e reduzir o tamanho dos lotes de produção.

O método ou algoritmo Wagner-Whitin (WW) executa a otimização dos tamanhos dos lotes de produção baseado em modelos de programação dinâmica. Avalia as possibilidades de planejamento das ordens de fabricação em um dado horizonte e minimiza os custos de *setups* e manutenção dos estoques.

SMITH (1978) considera que o método WW possui como maior desvantagem a sua complexidade. O horizonte é considerado estático, onde as necessidades além do mesmo são nulas e, sendo assim, as mudanças constantes na programação dificultam sua utilização.

Caso ocorram mudanças freqüentes na programação da produção através do cancelamento ou emissão de novas ordens de fabricação, o método WW perde sua eficiência.

O método ou algoritmo Silver-Meal (SM) utiliza critérios específicos que buscam minimizar o custo médio de produção em um dado período de tempo, onde uma ordem de fabricação é autorizada quando o seu custo médio por período, correspondente à somatória dos custos de *setup* e manutenção dos estoques, for menor que o custo médio de emissão desta ordem no período seguinte. Por este raciocínio, deve ocorrer a determinação do tamanho do lote de produção em função das necessidades anteriores ao período onde ocorre a elevação dos custos.

O método SM exige pouco tempo de processamento para a geração de bons resultados em vários de padrões de demanda. Está baseado no custo marginal de produção, estipulando tamanhos de lotes onde a somatória dos custos *setup* e manutenção dos estoques é minimizada em função do tempo de fabricação disponível. Portanto, o método equilibra os custos marginais de manutenção dos estoques e preparação dos equipamentos em um período de tempo fracionado em relação ao horizonte de planejamento.

3.2 - Os módulos ou subsistemas do MRP II

O MRP II é o produto da evolução natural do sistema MRP. O MRP, acrescido do subsistema de Planejamento das Necessidades de Capacidade (CRP), que prevê todas as prioridades das ações dentro dos sistemas de manufatura, é designado de “MRP de ciclo fechado”. O termo “ciclo fechado” pressupõe que no MRP é executado o planejamento das capacidades produtivas, o planejamento das prioridades e a retroalimentação (*closed loop*) das informações, quando for verificado a ocorrência de problemas nos planos de execução.

Portanto, o “MRP de ciclo fechado” é o estágio imediatamente anterior ao MRP II, configurando-se em um sistema integrado de informações, armazenando e operacionalizando dados e informações acerca do programa mestre de produção, das listas de materiais, do *status* dos itens (a situação do inventário de itens e materiais) e das necessidades de capacidade.

SACOMANO (1990) comenta a necessidade de canais de comunicação desobstruídos, com procedimentos formais em linguagem adequada, para a interação efetiva entre as áreas constituintes da empresa. As informações ligadas à Engenharia do Produto, Manufatura, Materiais/Compras e Vendas/Marketing devem possuir grande acuidade para serem alimentadas nas bases de dados do MRP II.

O MRP II pode ser utilizado em simulações, antecipando planos de ação e comportamentos de demanda. A simulação permite responder às várias situações de planejamento da manufatura em relação às necessidades de mão-de-obra e equipamentos, à disponibilidade de materiais, aos prazos de entrega e ao acúmulo de pedidos dos clientes.

O MRP II é considerado um sistema de procedimentos hierárquicos, com *loops* de realimentação com base no funcionamento integrado de cinco subsistemas principais, discutidos na seqüência deste trabalho. Exige grande interação entre as áreas funcionais da empresa, configurando-se em um poderoso sistema informatizado de planejamento e controle gerencial, que têm dependência da organização estrutural da empresa, da integração vertical e horizontal e dos mecanismos formais e informais de tomada de decisões.

3.2.1 - O Planejamento da Produção (PP)

O subsistema de Planejamento da Produção (*Production Planning*) executa o planejamento agregado da produção no médio e no longo prazos, prevendo níveis agregados de estoques e de produção período a período. É baseado em previsões de demanda agregada, ou seja, nos níveis de consumo para o conjunto de produtos acabados ou itens finais.

Este subsistema representa o nível mais agregado de planejamento de produção, tratando de dados e informações agregadas sobre a fabricação e a comercialização de produtos diferentes. A unidade monetária é a mais utilizada para o planejamento de longo prazo, que pode chegar a alguns anos. As decisões dizem respeito às quantidades vendidas e aos níveis de estoques a serem mantidos.

A elaboração do plano de produção é um estágio anterior à determinação do programa mestre de produção. O plano de produção é de longo prazo, fazendo a cobertura de todos os processos de planejamento de manufatura. Portanto, o plano de produção cobre todos os planos de curto prazo elaborados pela empresa.

O planos de curto prazo, ou seja, os programas detalhados diários de fabricação e montagem, devem ser consistentes com o programa mestre de produção e este, conseqüentemente, deve estar consistente com o plano de produção. Desta forma, os planos detalhados de produção estabelecidos pelos demais subsistemas (MPS e MRP) necessitam ser confrontados com o plano de produção agregado para que haja a compatibilização das decisões desagregadas e das metas de produção de longo prazo.

O plano de produção proporciona à empresa a orientação em um longo horizonte, que geralmente compreende períodos de base trimestral e anual. O plano de produção é o resultado do planejamento da produção para as famílias ou grupos de produtos, especificando os índices de produção, os níveis desejados de estoques, o plano de capacidades (mão-de-obra e equipamentos) e o planejamento financeiro para o aporte às atividades. Em uma empresa que não tenha uma grande variabilidade no *mix* de itens finais, o plano de produção e o programa mestre podem se fundir em um único plano.

Há duas considerações para a elaboração do plano de produção: produção para estoque e produção para encomenda. Na primeira consideração, o plano de produção deve prever suficiente disponibilidade de itens finais para atender todos os consumidores durante o horizonte de planejamento agregado. Nesta situação, o plano de produção privilegiará o alto nível de serviço. Já na segunda consideração, o plano de produção é elaborado com base na otimização dos níveis de estoques, no balanceamento da carga de produção e no atendimento aos clientes, reduzem os investimentos em estoques.

Períodos (meses)	1	2	3	4	5	6	Previsão três meses
Previsão de vendas	100	150	250	350	450	200	600
Nível de estoque projetado	300	450	500	450	300	300	300
Plano de produção	200	300	300	300	300	200	600
Nível de estoque inicial: 200 unidades							

FIGURA 37 - O plano de produção para estoque.

Períodos (meses)	1	2	3	4	5	6	Previsão três meses
Plano de produção	30	30	40	40	40	30	200
Pedidos de clientes	30	25	15	0	0	0	0
Disponibilidade de entrega	0	5	25	40	40	30	200
Acúmulo inicial de pedidos: 70 unidades							

FIGURA 38 - O plano de produção para encomenda.

Na situação mostrada na figura 37, fica evidenciada a opção de atendimento de toda a demanda dos clientes firmes ou potenciais, prevalecendo o elevado nível de serviço para que Vendas/Marketing possa maximizar todos os seus resultados, mesmo em detrimento a uma possível política de redução de estoques, preconizada pela função de Planejamento e Controle da Produção (PCP).

A figura 38 exhibe a questão da adequação do plano de produção à realidade dos pedidos reservados “em carteira”, onde não há a manutenção de estoques de itens para o atendimento de pedidos não programados.

Fazendo-se a análise das duas situações anteriores, a solução mais equilibrada na elaboração do plano de produção é a manutenção do *trade-off* entre o nível de atendimento e a política de estoques, garantindo baixos níveis de inventários e eficiente atendimento às demandas comprovada e planejada.

O plano de produção autorizado deve atender aos requisitos de capacidade do sistema de manufatura. Há duas formas de análise do plano de produção em relação à capacidade de atendimento das necessidades: a comparação com os valores das entregas e a comparação com as horas de manufatura necessárias.

A comparação do plano de produção com o valor das entregas que deverão ser feitas aos clientes, envolve a obtenção do valor médio projetado das entregas obtido a partir de dados históricos. Este valor será confrontado com o plano de produção autorizado, gerando o plano de entregas para o horizonte de planejamento em questão.

Produtos	Períodos (meses)	1	2	3	4	5	6
Produto A		100	100	100	100	200	200
Produto B		250	250	170	170	220	220
...	
Total (\$)		1.750	1.600	1.400	1.300	1.800	1.600
Média de produção (\$)		1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Varição acumulada (\$)		+ 250	+ 350	+ 250	+ 50	+ 350	+ 450

FIGURA 39 - A comparação do plano de produção com o valor das entregas.

Fonte: RITZMAN; KRAJEWSKI & MOURA (1996).

A confrontação do plano de produção com as horas de manufaturas que serão despendidas para o atendimento da produção é uma verificação menos superficial em comparação com a análise anterior. Esta forma de análise do plano de produção diz respeito ao procedimento de se multiplicar as quantidades totais de todas as famílias de produtos pela disponibilidade de horas de trabalho e, em seguida, somar estes valores e compará-los com as capacidades disponíveis. Na figura 40, a variação acumulada mostra se há capacidade disponível para a execução do plano de produção autorizado.

Produtos	Períodos (meses)	1	2	3	4	5	6
Produto A		80	80	80	80	160	160
Produto B		150	150	100	100	130	130
...	
Total de horas de manufatura (h.m.)		1.800	1.300	1.000	1.000	2.500	2.000
Capacidade disponível (h.m.)		2.000	1.200	1.200	1.000	2.200	2.200
Variação acumulada (h.m.)		- 200	- 100	- 300	- 300	0	- 200

FIGURA 40 - O plano de produção e o tempo de manufatura necessário.

Fonte: RITZMAN; KRAJEWSKI & MOURA (1996).

Um plano de produção autorizado e aprovado será a base para a elaboração do programa mestre e dos planos detalhados ou desagregados, que devem conciliar os objetivos e as metas do planejamento estratégico e as restrições dos processos de manufatura.

3.2.2 - A Programação Mestre da Produção (MPS)

O subsistema de Programação Mestre da Produção (*Master Production Schedule*) tem como função primordial a geração do programa mestre de produção, que representa o principal *input* para o planejamento das necessidades de materiais. O programa mestre é utilizado para fabricação de produtos acabados em um determinado período de tempo, geralmente idêntico ao horizonte de planejamento. O MPS, portanto, faz a implementação do plano de produção gerado pelo módulo de Planejamento da Produção (PP).

O programa mestre representa a ligação dos níveis mais agregados de planejamento, como o plano estratégico da empresa e o plano de produção agregado, com os planos e as atividades diretamente ligadas à manufatura. O programa mestre é sempre

definido em bases quantitativas, especificando as necessidades de produtos acabados, as datas ao longo do período de planejamento e a capacidade produtiva inicial requerida.

As áreas que contribuem para o desenvolvimento do programa mestre são:

- (1) A área de Vendas/*Marketing*, que fornece a previsão de vendas, geralmente feita de forma agregada (previsão por grupos de produtos), com uma atenção especial aos itens finais de maior demanda comprovada ou potencial. O *Marketing* também fornece os dados vinculados à propaganda e à publicidade, que podem aumentar as vendas de uma família ou produtos específicos.
- (2) A área de Manufatura, que estabelece a capacidade produtiva necessária referentes aos recursos produtivos (mão-de-obra, materiais e equipamentos) que serão disponibilizados para o cumprimento dos planos de fabricação. Normalmente, a Manufatura é a área que executa o desenvolvimento final do programa mestre de produção.
- (3) A área de Finanças, que informa a dimensão dos estoques que poderão ser formados durante a execução do programa mestre e a disponibilidade de capitais para investimentos em aumentos da capacidade produtiva, caso houver necessidade.
- (4) A área de Recursos Humanos, que fornece informações para o processo de planejamento de mão-de-obra necessária no período, como as contratações, os treinamentos voltados aos funcionários e as negociações sindicais.

O programa mestre de produção é constituído de registros em escala de tempo, contendo informações relativas à demanda e ao estoque disponível para cada item final. A lógica de construção do programa mestre engloba a projeção à frente no tempo do estoque disponível e a inserção de pedidos para satisfazer a demanda futura na linha MPS.

Períodos (semanas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Previsão (demanda)	10	10	10	10	15	15	15	20	20
Estoque disponível	20	10	0	0	0	0	0	0	0
MPS	0	0	10	10	15	15	15	20	20
Estoque inicial (em mãos): 30 unidades									

FIGURA 41 - O programa mestre de produção.

Os principais *inputs* do MPS são a previsão de vendas e a carteira de pedidos firmes, onde a primeira é considerada um *input* crítico para o processo de elaboração do programa mestre de produção. A figura 42 mostra as variáveis de entrada do módulo MPS.

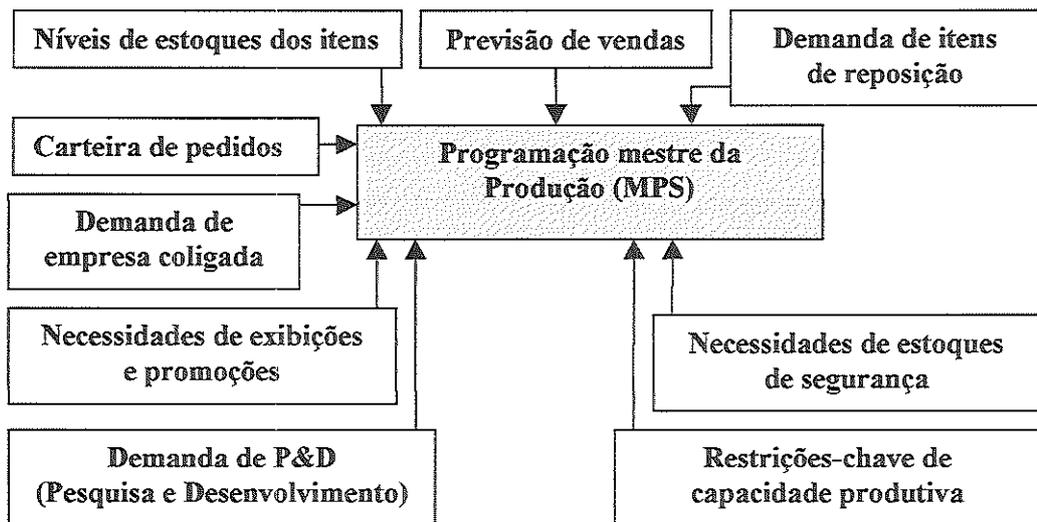


FIGURA 42 - As variáveis de entrada do MPS. Fonte: SLACK et al. (1997).

O subsistema MPS pode ser considerado como o primeiro estágio de planejamento superficial da capacidade, identificando as necessidades de capacidade produtiva para um programa mestre particular e executando o planejamento de prioridades em relação às quantidades de produtos em uma família para o efetivo atendimento das necessidades dos clientes, designadas de disponibilidades de entrega.

O MPS considera as limitações de capacidade identificadas de forma agregada através de um procedimento chamado *rough-cut capacity planning*, discutido anteriormente neste trabalho. Dentro do MPS, este procedimento envolve a análise do programa mestre para a determinação de possíveis áreas que representem restrições ao fluxo produtivo, onde o programa mestre sofrerá uma análise agregada ou superficial, relativa à capacidade disponível dos recursos produtivos.

Caso o programa mestre requerer uma necessidade maior de recursos que a capacidade disponível, este terá grande probabilidade de ser considerado inviável. Caso nesta análise não for detectada nenhuma restrição quanto à capacidade produtiva, também não se poderá afirmar de maneira concreta que este programa mestre tenha viabilidade, pois a análise de capacidade é feita de forma agregada, executada ainda pelo procedimento de *rough-cut capacity planning* que considera apenas os grupos de recursos uniformes e praticamente intercambiáveis entre todos os modelos de produtos acabados.

A constatação final da viabilidade do programa mestre em relação à capacidade produtiva é executada pelo subsistema de Planejamento das Necessidades de Capacidade (CRP), que faz a análise desagregada ou detalhada do programa mestre de produção.

O programa mestre autorizado deve ser introduzido como *input* do subsistema de Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP). O processo de elaboração do programa mestre abrange as seguintes etapas:

- (1) A seleção dos itens, onde podem ser incluídos os itens finais, os itens de assistência técnica, os grupos de itens e as listas modulares de materiais. As listas modulares de materiais são utilizadas em situações nas quais o *mix* possível de itens finais produzidos for superior a quinhentos modelos e, nestes casos, são usadas combinações do programa de montagem final (FAS) e do programa mestre de produção (ORLICKY, 1975).
- (2) A programação das necessidades de fabricação, onde estão incluídos os pedidos firmes de clientes e distribuidores, as necessidades do depósito de produtos acabados (expedição), as necessidades dos estoques sazonais e de segurança, os pedidos entre fábricas e a previsão de demandas futuras. Nesta etapa são atendidas todas as necessidades do programa mestre.

De acordo com SLACK et al. (1997), os três tipos de planos mestres são:

- (1) O programa mestre nivelado ou estável, que acompanha os níveis de produção.
- (2) O programa mestre variável, que acompanha a previsão de vendas.
- (3) O programa mestre nivelado com “quantidade para promessa” (*Available To Promise/ATP*), que fornece para *Vendas/Marketing* a informação relativa aos produtos que podem ser prometidos para os clientes e as respectivas datas para as entregas.

O programa mestre de produção nivelado é elaborado para estabilizar a produção na média da quantidade requerida para um determinado período de tempo. O modelo nivelado tem a desvantagem de gerar maiores estoques de produtos acabados, pois os níveis de estoques disponíveis são variáveis, de modo a manter níveis constantes de produção ao longo do tempo, armazenando a diferença entre a produção e as vendas previstas. Este modelo não requer grandes ajustes de capacidade produtiva, como contratações, demissões e subcontratações, em detrimento à manutenção de elevados estoques em alguns períodos do horizonte de planejamento.

Períodos (semanas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Previsão (demanda)	10	10	10	10	15	15	15	20	20
Estoque disponível	31	32	33	34	30	26	22	13	4
MPS	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Estoque inicial (em mãos): 30 unidades									

FIGURA 43 - O programa mestre de produção nivelado.

O programa mestre de produção variável tem como característica a flutuação dos níveis de estoques dentro dos *time buckets* do horizonte de planejamento, de modo a se fazer um firme acompanhamento da demanda dos produtos acabados. Esta política, portanto, segue a nítida tendência de se acompanhar a demanda final através dos níveis de produção.

Períodos (semanas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Previsão (demanda)	5	5	5	5	5	5	15	15	15
Estoque disponível	20	20	20	20	20	20	20	20	20
MPS	5	5	5	5	5	5	15	15	15
Estoque inicial (em mãos): 20 unidades									

FIGURA 44 - O programa mestre de produção variável.

O programa mestre de produção nivelado com “quantidade para promessa” segue o mesmo raciocínio do programa mestre nivelado. A função primordial é fornecer à área de *Vendas/Marketing* as informações relativas ao fornecimento de produtos acabados aos clientes. Desta forma, *Vendas/Marketing* poderá carregar a carteira de pedidos dentro do programa mestre de um dado horizonte de planejamento e acompanhar a quantidade que está “disponível para promessa”.

A figura 45 exibe um modelo de programa mestre nivelado com “quantidade para promessa”. A linha ATP mostra a quantidade máxima que está disponível em uma dada semana, para satisfazer aos novos pedidos dos clientes. Caso os pedidos de venda excederem a quantidade ATP, será necessário o ajuste do programa mestre para a inclusão de pedidos adicionais. Nesta situação, a decisão de alteração do MPS deve ser transferida ao subsistema MRP, de modo que este execute a priorização das necessidades e a verificação da disponibilidade de recursos produtivos.

Períodos (semanas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Previsão (demanda)	10	10	10	10	15	15	15	20	20
Pedidos de venda	10	10	10	8	4	-	-	-	-
Estoque disponível	31	32	33	34	30	26	22	13	4
ATP	31	1	1	1	7	11	11	11	11
MPS	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Estoque inicial (em mãos): 30 unidades									

FIGURA 45 - O programa mestre de produção nivelado ATP.

Com relação às figuras 43, 44 e 45, o estoque disponível projetado (linha estoque disponível) representa a posição esperada do estoque do produto acabado ao final de cada período do horizonte de planejamento. O cálculo do estoque disponível é feito somando-se o estoque inicial do período anterior com o valor da linha MPS para o período considerado e, deste valor, subtraindo-se a previsão de vendas para o período em questão.

As razões para se manter a linha de estoques projetados disponíveis com valores positivos ao longo do horizonte de planejamento são as incertezas nas previsões de demanda e a possibilidade do programa mestre não ser cumprido devido à probabilidade de ocorrência de eventos inesperados que podem comprometer a capacidade produtiva, como quebras de equipamentos, absenteísmo etc.

A escolha da política mais apropriada para a elaboração de planos mestres deve considerar a estratégia de competição da empresa. O subsistema MRP e os módulos seguintes no encadeamento lógico do MRP II derivam basicamente do MPS e, portanto, as considerações estratégicas de curto prazo relativas ao planejamento da produção devem ser feitas a nível do programa mestre.

A gestão estratégica do MPS compreende alguns pontos, destacando-se:

- (1) As incertezas da demanda, que acarretam a necessidade de manutenção de altos níveis de estoques de segurança para que a empresa não deixe de atender as necessidades de seus clientes, caso este seja um critério competitivo relevante.
- (2) A minimização dos atrasos e do não-atendimento de pedidos, onde em algumas situações o não cumprimento dos prazos e dos pedidos podem comprometer o posicionamento estratégico e a competitividade da empresa, tanto no curto prazo, com uma possível perda de venda, como no longo prazo, com a perda do cliente e do *market-share*).

- (3) A minimização dos níveis de estoques, que fundamentalmente representa uma redução dos custos financeiros. Assim, a manutenção de altos níveis de estoques também poderia aumentar os custos de produção, prejudicando a empresa em relação à concorrência, se o preço final for um critério competitivo importante.
- (4) Os custos financeiros e organizacionais adicionais relativos às variações de produção, que acarretam oscilações excessivas nos níveis de saída do sistema de manufatura, prejudicando o desempenho global. Uma variação excessiva dos níveis de produção tende a acarretar complexidade e turbulência, com conseqüências difíceis de serem quantificadas no curto prazo. Há empresas que optam pelo “congelamento” do programa mestre, não permitindo alterações em alguns períodos para atenuar as turbulências causadas por mudanças bruscas na demanda dos itens finais optando, desta forma, pelo atendimento aos clientes a partir da manutenção de estoques de produtos acabados.

Com a obtenção do programa mestre autorizado, segue-se a “explosão” das necessidades de materiais através do subsistema de Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP), que estipula as ordens de fabricação e compra, com as respectivas datas de término e quantidades associadas. Neste ponto, é necessário que o subsistema de Planejamento das Necessidades de Capacidade (CRP) execute uma minuciosa verificação da capacidade de fabricação para cada posto de trabalho. O CRP funciona em *loop* com o MRP, permitindo a execução de simulações das implementações dos planos mestres de produção.

A figura 46 representa o processo de planejamento de prioridades com base na capacidade de fabricação e nos materiais disponíveis. Somente na impossibilidade de ajustes nos planos de materiais e nas capacidades produtivas, faz-se a alteração do programa mestre de produção. Assim, o programa mestre é o *input* determinante para a viabilidade de execução dos planos de fabricação. Se ocorrerem problemas, volta-se um passo. Se houver a necessidade de se chegar ao último nível, modifica-se o programa mestre e volta-se ao circuito fechado, realimentando-o novamente.

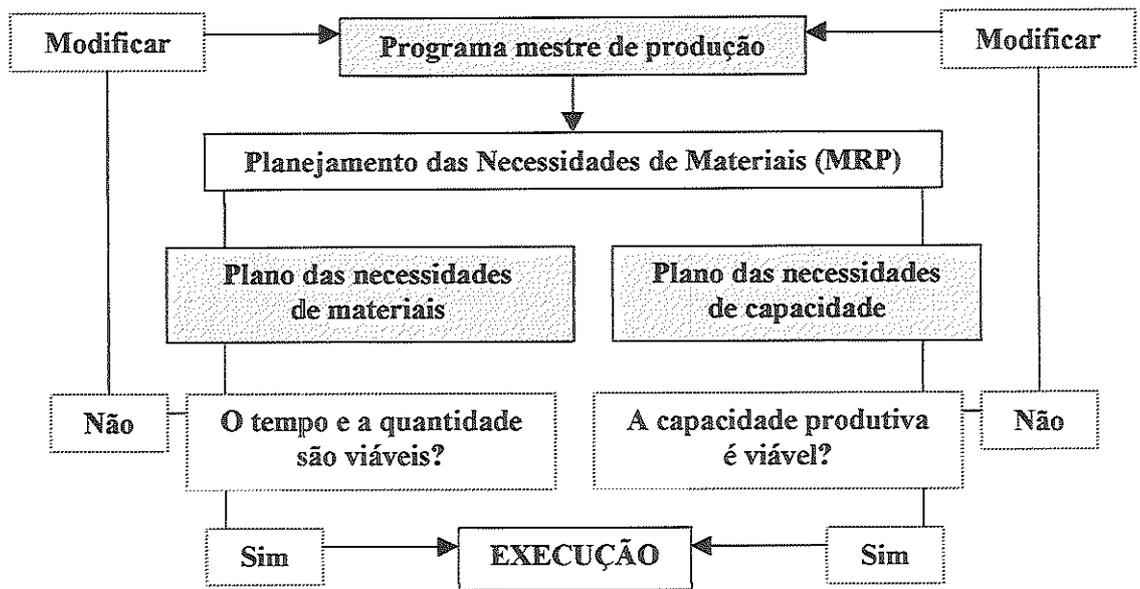


FIGURA 46 - A implementação do programa mestre de produção. Fonte: ORLICKY (1975).

RITZMAN; KRAJEWSKI & MOURA (1996) mencionam alguns problemas que poderão ocorrer no processo de programação do programa mestre de produção:

- (1) A sobrecarga, onde o programa mestre pode exceder a capacidade produtiva interna ou a capacidade dos processos de fornecedores. Neste caso, há a deterioração das prioridades, pois o sistema de manufatura não irá atender as necessidades de produção.
- (2) A carga à frente, que pressupõe a inclusão de pedidos em atraso ou a necessidade de itens no curto prazo. Este problema é decorrente da ausência ou do desenvolvimento insatisfatório do plano de produção, trazendo significativos aumentos nos níveis de estoques para se tentar compensar as necessidades de curto prazo.
- (3) A instabilidade, onde algumas modificações são feitas no programa mestre sem a consideração da disponibilidade dos materiais. Pode acarretar transtornos no planejamento dos materiais e nas rotinas operacionais, onde as reprogramações podem gerar certo “nervosismo” nas operações internas, transferindo problemas e deficiências “em cadeia”, demandando ações corretivas para o estabelecimento do *status quo*.
- (4) O programa mestre incompleto, que pressupõe a não inclusão dos itens de demanda esporádica. Traz problemas no planejamento dos materiais, caso ocorra uma demanda imprevista destes itens e não haja estoque dos materiais para a sua fabricação.
- (5) O horizonte de planejamento muito curto, que resulta na autorização de produção “quase imediata” de certos itens, onde um horizonte de tempo insuficiente traria problemas com a disponibilização dos itens finais para o consumo, reduzindo o nível de atendimento e

gerando perdas relacionadas à não concretização das vendas. Neste caso, a solução seria a adequação do horizonte de planejamento aos processos e às capacidades produtivas internas e externas, de maneira a compensar os prazos de entrega dos produtos.

A Programação Mestre da Produção (MPS) tem como propósito essencial a especificação do programa mestre dentro dos limites estabelecidos pelo subsistema de Planejamento da Produção (PP), responsável pelo desenvolvimento do plano de produção (agregado). A administração utiliza o programa mestre de produção para o controle do atendimento aos clientes, para o controle dos níveis de estoques e para a determinação dos custos de produção. Por sua vez, o programa mestre aciona todo o processo de planejamento dos materiais e da capacidade agregada ou superficial, com um período de cobertura que em geral varia de dois a três meses, com base em necessidades semanais. Este período é suficiente para haver certa segurança na emissão de ordens de fabricação e compra.

3.2.3 - O Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP)

O subsistema de Planejamento das Necessidades de Materiais (*Material Requirements Planning*) é responsável pela execução sistemática dos cálculos referentes às quantidades e aos momentos das necessidades que irão atender a demanda de produtos acabados. O MRP faz a “explosão” do programa mestre com base nas listas de materiais, mostrando as necessidades de itens de demanda dependente (componentes e submontagens). Para descer até o próximo nível da estrutura do produto, o MRP faz a verificação das quantidades dos materiais necessários que estão disponíveis em estoque. Neste ponto, ocorre a geração das ordens de fabricação e compra para as necessidades líquidas dos itens que serão produzidos internamente ou adquiridos de fornecedores externos.

Ainda, com relação à continuidade da explicação, as necessidades líquidas formarão um plano de materiais que será novamente “explodido” através da lista de materiais para o próximo nível inferior da estrutura do produto. Então, novamente os estoques disponíveis destes itens são verificados. Posteriormente, são geradas novas ordens de fabricação ou compra para as necessidades líquidas. Todos estes procedimentos iterativos são executados até que se chegue ao nível mais baixo da estrutura do produto.

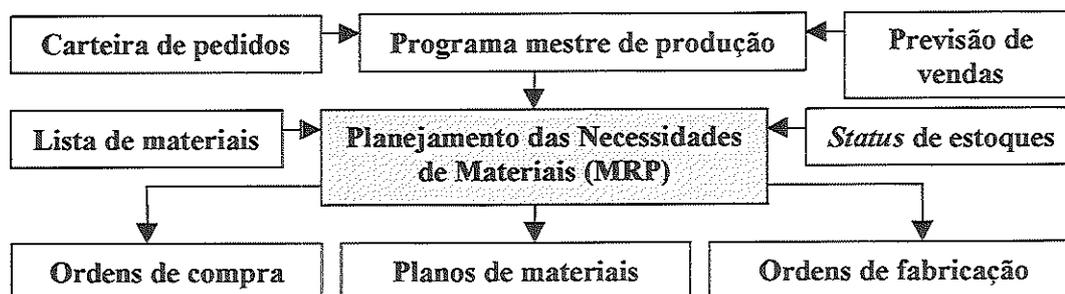


FIGURA 47 - O planejamento das necessidades de materiais. Fonte: SLACK et al. (1997).

A figura 47 mostra as informações para o processamento do *software* do MRP. As entradas principais são os pedidos dos clientes (pedidos firmes programados) e a previsão de vendas (estimativas das quantidades e das datas de entregas dos pedidos futuros).

SACOMANO (1990) considera que o MRP é composto por um conjunto de registros de itens-pais e itens-filhos ligados logicamente, de modo a cumprir as necessidades de fornecimento de informações precisas à organização, eliminando a duplicação e a desatualização de dados. O MRP executa suas operações com base em informações centralizadas, onde os arquivos de informações são organizados em um banco de dados, segundo o “encadeamento lógico de registros e arquivos”, que permite o processamento conjunto de arquivos relacionados entre si.

O MRP é baseado em modelos de registros que representam a posição dos níveis de estoques e os planos de fabricação dos itens ao longo do tempo. Estes registros são chamados registros básicos período a período do MRP (*MRP time-phased records*).

Períodos (semanas)	Horizonte de planejamento					
	1	2	3	4	5	6
Necessidades brutas		10		40	15	
Recebimentos programados	50					
Estoque projetado disponível	6	56	46	46	6	41
Plano de liberação de ordens				50		
Tempo de ressurgimento (<i>leadtime</i>) = 1 período						
Tamanho do lote = 50 unidades						

FIGURA 48 - O registro *time-phased* do MRP.

Os principais elementos do registro *time-phased* do MRP são:

- (1) Os períodos de planejamento (*time buckets*).
- (2) As necessidades brutas (*gross requirements*).
- (3) Os recebimentos programados (*scheduled receipt*).
- (4) O estoque projetado disponível (*projected available balance*).
- (5) O plano de liberação de ordens (*planned order releases*).

Os períodos indicam os intervalos de tempo considerados pelo MRP para o planejamento das necessidades. O período mais utilizado é a semana. O número total de períodos no registro é o próprio horizonte de planejamento.

As necessidades brutas são as quantidades associadas à utilização futura ou a demanda de um item durante cada período de tempo. Representam as ordens “firmes”, ou seja, as ordens abertas que estão confirmadas e autorizadas para a reposição de estoque do item em questão. As necessidades brutas são consideradas período a período, de forma desagregada e detalhada. A disponibilidade do item em estoque é referente ao atendimento da necessidade bruta no início do horizonte de planejamento.

Os recebimentos programados representam as ordens “firmes” de reposição de estoque para determinado item com recebimento programado para o início do período em questão. A linha de recebimentos programados mostra as quantidades referentes às ordens de fabricação e compra abertas e seus respectivos momentos de finalização. Os recebimentos programados são a base de atendimento das necessidades brutas dos itens.

O estoque projetado disponível representa a posição e os níveis projetados dos estoques de dado item, disponíveis ao final de cada período. O estoque disponível no período corrente (estoque inicial) é sempre mostrado antes do primeiro período. A convenção de tempo para a linha do estoque projetado disponível é o final do período, onde esta linha representa o balanço após os recebimentos programados e planejados terem sido concluídos e as necessidades brutas terem sido atendidas.

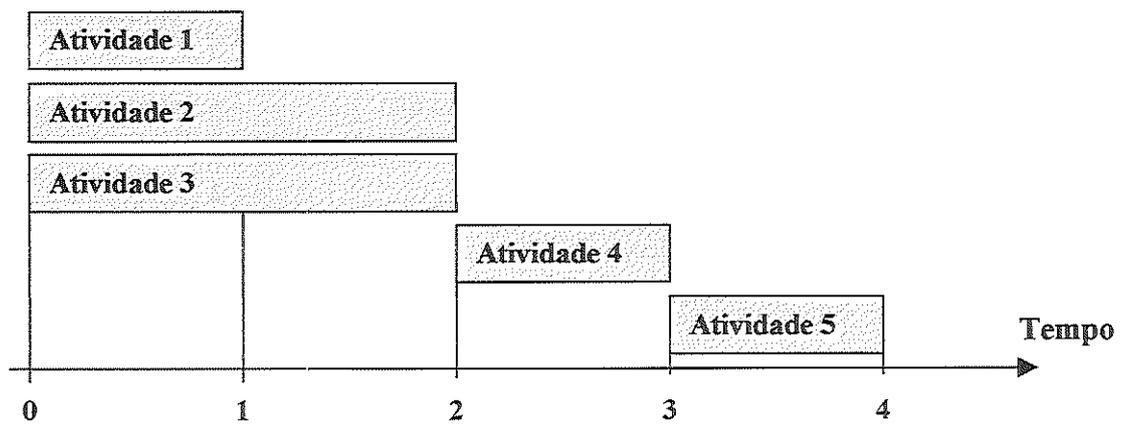
O valor do estoque disponível antes do período 1 é decorrente do balanço do estoque no período presente. O balanço de estoque disponível projetado mostra a quantidade disponível para o atendimento das necessidades brutas do próximo período, ou seja, a disponibilidade projetada para o final do período.

O plano de liberação de ordens são as ordens planejadas a serem liberadas no início de cada período. Esta linha é determinada a partir da linha de estoque disponível projetado. A lógica de determinação das quantidades diz que sempre que a linha de estoque disponível projetado apresentar uma quantidade que seja insuficiente para satisfazer a uma necessidade bruta do item (balanço de estoques com valor negativo), uma quantidade de material adicional tem que ser providenciada. Então, é feita uma liberação de ordem planejada para um período com certa antecedência, baseada no *leadtime* de obtenção do item, de modo que o balanço de estoque disponível projetado não fique com *status* negativo.

O MRP executa as liberações de ordens de fabricação e compra planejadas como resultado do *status* das necessidades brutas, dos recebimentos programados e do nível de estoque disponível projetado. O “período de ação” de uma ordem planejada diz respeito ao período presente, significando que um processo de decisão e ação é necessário para o atendimento da necessidade emergente.

A liberação e a abertura de uma ordem de fabricação ou compra, a converte em um arquivo de recebimento programado no registro *time-phased* do MRP. O recebimento das ordens planejadas não é mostrado na linha de recebimentos programados porque estas ainda não foram liberadas para a fabricação e compra, sendo apenas parte de um plano de manufatura que pode ser modificado ou cancelado na ocorrência de um problema. Uma alteração na linha de recebimentos programados, implicaria na descontinuação de ações já iniciadas e, portanto, não são alteradas de forma automática pelo MRP, exigindo interferência humana para a alteração dos registros *time-phased* e a continuidade dos planos de manufatura.

Para se executar a programação das necessidades no tempo, CORRÊA & GIANESI (1993) comentam que há duas formas básicas: a programação para a frente a partir da data mais cedo possível (*forward scheduling*) e programação para trás a partir da data mais tarde possível (*backward scheduling*).



Atividade 1: Compra do componente 1, utilizado na Atividade 4.

Atividade 2: Compra do componente 2, utilizado na Atividade 4.

Atividade 3: Compra do componente 3, utilizado na Atividade 5.

Atividade 4: Operação de montagem do subconjunto.

Atividade 5: Operação de montagem final.

FIGURA 49 - A programação *forward scheduling*.

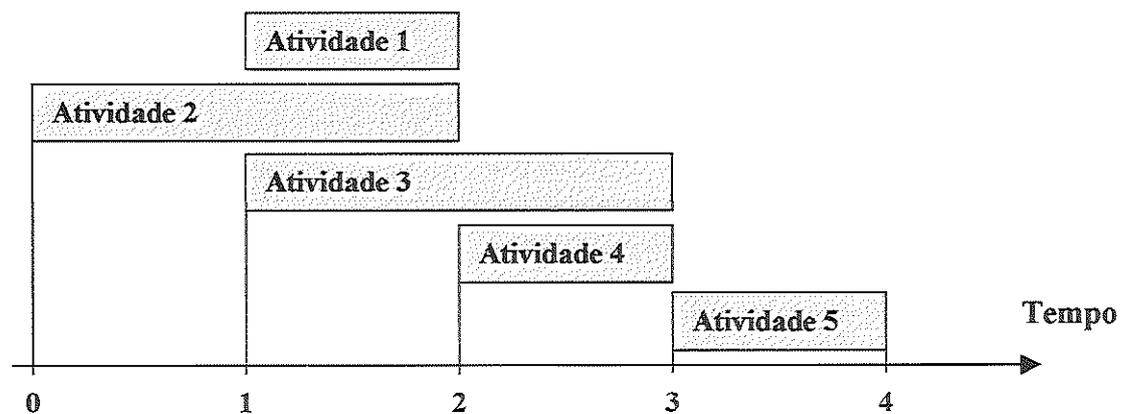


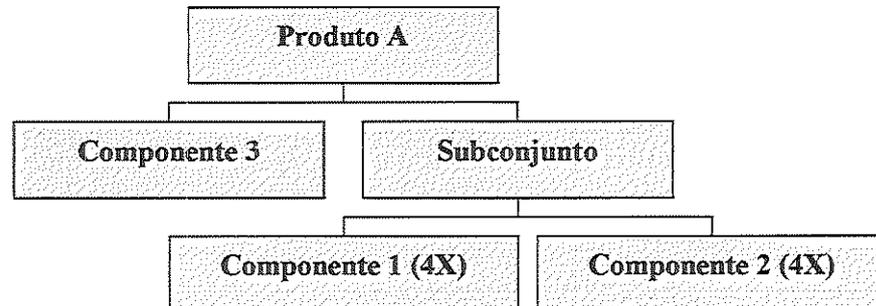
FIGURA 50 - A programação *backward scheduling*.

O MRP segue a lógica da programação para trás, pois os estoques são “carregados” durante um período de tempo o mais curto possível, ou seja, os estoques são mantidos apenas para o tempo em que são necessários às operações de fabricação e montagem, reduzindo os custos de manutenção dos mesmos. A principal vantagem é a redução dos estoques intermediários desnecessários.

A desvantagem da programação para trás é a sistemática de cálculo mais sofisticada em comparação com a programação para a frente, exigindo maior acurácia dos dados e grande confiabilidade para os mecanismos de controle, pois a manutenção de menores níveis de estoques não “amortece” grandes variações e problemas do sistema de manufatura, como os atrasos de entrega dos materiais e falhas no planejamento da produção.

Para a ilustração do funcionamento do MRP, foi considerada uma adaptação de um exemplo proposto por CORRÊA & GIANESI (1993). O caráter didático, a simplicidade do produto final e a sistemática clara e objetiva do planejamento das necessidades de materiais foram os motivos preponderantes da escolha deste exemplo.

A estrutura do produto hipotético A é mostrada na figura 51. De acordo com a figura 50, o processo de montagem do produto acabado (atividade 5) é definido por duas etapas. Numa primeira etapa é executada a montagem do subconjunto (atividade 4), que é formado pelos componentes 1 e 2. Na segunda etapa, que compreende a montagem final do produto (atividade 5), o subconjunto (montado a partir da atividade 4) é montado ao componente 3, resultando no produto acabado.



Observação:

(4X) indica que são utilizadas quatro unidades de cada componente para a montagem do subconjunto.

FIGURA 51 - A estrutura do produto hipotético A.

Os *leadtimes* das atividades para a obtenção do produto acabado A são mostrados através da figura 52, onde está implícito que os itens adquiridos de fornecedores externos (componentes 1, 2 e 3) estejam disponíveis para as respectivas operações de montagem.

Atividades	Leadtimes (semanas)
Atividade 1 (Compra do componente 1)	1
Atividade 2 (Compra do componente 2)	1
Atividade 3 (Compra do componente 3)	1
Atividade 4 (Montagem do subconjunto)	2
Atividade 5 (Montagem final)	2

FIGURA 52 - Os *leadtimes* das atividades ligadas à montagem do produto A.

A figura 53 exibe o programa mestre de produção para o produto A, desenvolvido através da política de “acompanhamento da demanda”. As necessidades de produção do produto A são dadas pela linha MPS e, a partir desta, são gerados os registros *time phased* do MRP para todas as atividades de montagem e compra dos itens.

Períodos (semanas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Previsão (demanda)		20		10		30	20			30	30	
Estoque disponível	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
MPS		20		10		30	20			30	30	

FIGURA 53 - O programa mestre variável para o produto A.

Os registros *time phased* dos itens são considerados e interligados de modo a gerar o encadeamento das necessidades de itens-pais e itens-filhos, como mostra a figura 54.

Produto A, código A001											
Períodos (semanas)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MPS			20		10		30	20			30
Plano de liberação de ordens		20		10		30	20			30	
Componente 3, código C003											
Necessidades brutas		20		10		30	20			30	
Recebimentos programados											
Estoque projetado disponível		45	25	25	15	15	0	0	0	0	0
Plano de liberação de ordens				15	20			30			
Leadtime = 2 semanas; Estoque de segurança = 0.											
Subconjunto, código S001											
Necessidades brutas		20		10		30	20			30	
Recebimentos programados		15									
Estoque projetado disponível		20	15	15	5	5	0	0	0	0	0
Plano de liberação de ordens					25	20		30			
Leadtime = 1 semana; Estoque de segurança = 0.											
Componente 1, código C001 (4X)											
Necessidades brutas					100	80			120		
Recebimentos programados											
Estoque projetado disponível		160	160	160	160	60	50	50	50	50	50
Plano de liberação de ordens					70			120			
Leadtime = 1 semana; Estoque de segurança = 50 unidades.											
Componente 2, código C002 (4X)											
Necessidades brutas					100	80			120		
Recebimentos programados											
Estoque projetado disponível		65	165	165	165	65	85	85	85	65	65
Plano de liberação de ordens				100				100			
Leadtime = 2 semanas; Estoque de segurança = 50 unidades; Tamanho lote = 100 unidades.											

FIGURA 54 - O encadeamento dos registros *time phased* do MRP.

A análise da figura 54 mostra que o cálculo das necessidades de cada registro básico *time phased* segue a mesma lógica do registro mostrado na figura 48 e comentado anteriormente. O encadeamento entre os itens-pais e itens-filhos é feito pela transferência da linha do plano de liberação de ordens de um item-pai para a linha de necessidades brutas de seu item-filho ou itens-filhos, caso existam outros itens de demanda dependente ligados ao item-pai em questão. É necessário que os itens-filhos estejam disponíveis nas quantidades necessárias, quando da liberação da ordem de montagem do item-pai.

Deste modo, a linha de plano de liberação de ordens do produto A (código A001) é idêntica à linha de necessidades brutas dos itens filhos do componente 3 (código C003) e subconjunto 1 (código S001), pois para cada unidade do produto A que será montada é necessária uma unidade do componente 3 (código C003) e uma unidade subconjunto 1

(código S001). Portanto, no momento da liberação da ordem de montagem do produto A, devem estar disponíveis uma unidade do componente 3 e uma unidade do subconjunto 1.

A linha de plano de liberação de ordens do Subconjunto 1 (código S001) gera a linha de necessidades brutas de seus itens-filhos, respectivamente, o componente 1 (código C001) e o componente 2 (código C002), cujas necessidades brutas são calculadas através da multiplicação das quantidades mostradas na linha de ordens planejadas do item-pai (subconjunto 1, código S001) por quatro, pois são necessárias quatro unidades do item-filho componente 1 (código C001) e quatro unidades do item-filho componente 2 (código C002) para a montagem de cada unidade do item-pai subconjunto 1 (código S001).

Portanto, desta forma é feita a “explosão” das necessidades dos produtos em necessidades dos diversos itens componentes, considerando-se todas as relações pai-filho entre os itens. A “explosão” das necessidades não faz nenhuma consideração a respeito de capacidade produtiva. O MRP é um sistema de programação infinita, assumindo que o sistema de manufatura possui capacidade produtiva “infinita”, ou seja, não existem restrições relativas às capacidades dos processos. A partir disto, o MRP executa a programação das ordens de fabricação e montagem sem a verificação, durante o processo de planejamento, das necessidades e das disponibilidades dos recursos produtivos para a execução destas ordens.

As prioridades definidas pelo MRP e as cargas de trabalho alocadas através da programação de curto prazo, propiciam uma visão antecipada das condições que podem se desenvolver nos processos. Estas condições são acompanhadas através do planejamento das necessidades de capacidades e das atividades de coordenação das ordens de fabricação executadas, respectivamente, pelos subsistemas de Planejamento das Necessidades de Capacidade (CRP) e Controle da Fábrica (SFC).

As considerações acerca da capacidade produtiva para a verificação da factibilidade dos planos de ordens de fabricação e montagem gerado pelo MRP são feitas pelo subsistema de Planejamento das Necessidades de Capacidade (CRP), explicado na seqüência do trabalho.

3.2.4 - O Planejamento das Necessidades de Capacidade (CRP)

O subsistema de Planejamento das Necessidades de Capacidade (*Capacity Requirements Planning*) executa os cálculos relacionados com a capacidade produtiva necessária ao atendimento das necessidades estipuladas pelo programa mestre de produção e, posteriormente, pelo plano de materiais. O CRP possui dois níveis de atuação em relação ao planejamento das necessidades de capacidade do MRP II:

- (1) A avaliação de capacidade produtiva no nível agregado do programa mestre de produção ou planejamento superficial de capacidade (*rough-cut capacity planning*).
- (2) O planejamento da capacidade produtiva no nível detalhado (ou desagregado) do plano de materiais, gerado pelo MRP com base em um programa mestre de produção factível.

O planejamento da capacidade de produção tem importância semelhante ao planejamento dos materiais. A rápida identificação das necessidades futuras de capacidade produtiva e das ociosidades relacionadas à disponibilidade de capacidades excedentes, contribui ao melhoramento do desempenho dos processos de manufatura para o cumprimento de prazos e para o atendimento das quantidades dos produtos acabados solicitados pelos clientes.

A capacidade produtiva insuficiente ao atendimento dos planos de produção pode prejudicar o desempenho competitivo de uma empresa através da geração de custos de oportunidade, o que ocasiona o desbalanceamento do sistema produtivo. Em contrapartida, o excesso de capacidade representa a incorrência de custos desnecessários, que podem ser reduzidos com a identificação das condições que levaram à geração de capacidade ociosa.

A avaliação da capacidade no nível agregado é utilizada para se determinar possíveis problemas que tomem infactível o programa mestre de produção. A sistemática de cálculo é baseada em algoritmos simples e agregados. A meta principal do planejamento superficial de capacidade é evitar o processo de “explosão” de um programa mestre infactível em termos de capacidade de produção. Deste modo, há uma significativa economia de tempo na obtenção de planos de produção desagregados que seja viáveis do ponto de vista das restrições de capacidade do sistema de manufatura. Portanto, se não for detectada nenhuma inviabilidade do programa mestre, segue-se a “explosão” das necessidades de materiais executada pelo MRP, gerando ordens de fabricação e compra.

De acordo com SLACK et al. (1997), a avaliação de capacidade no nível agregado confronta o programa mestre com os recursos-gargalos. Caso exista uma inviabilidade no programa mestre, é feito o ajuste conforme as restrições de capacidade. A avaliação de capacidade produtiva no nível agregado é baseada em “planos de capacidade finita”, pois sua lógica leva em consideração as restrições do sistema produtivo.

O planejamento da capacidade produtiva requerida pelo plano de materiais é executado pelo subsistema CRP a partir da “explosão” detalhada das necessidades de materiais, das informações dos roteiros de produção e do consumo de recursos produtivos por item-pai e por item-filho. O planejamento detalhado da capacidade produtiva é executado dentro de um intervalo de tempo específico, que pode coincidir com as frações ou com o próprio *time bucket* do horizonte de planejamento.

As necessidades de capacidade produtiva são identificadas do ponto de vista de ociosidade ou excesso, sendo que algumas decisões podem ser tomadas para se efetuar possíveis modificações nas ordens de fabricação ou, em casos mais graves, no próprio programa mestre. Neste caso mais extremo, o procedimento de planejamento superficial da capacidade produtiva falhou em não detectar uma possível inviabilidade do programa mestre em termos de disponibilidade de recursos produtivos.

O planejamento da capacidade produtiva requerida pelo plano de materiais faz a projeção da carga de trabalho de equipamentos específicos alguns períodos a frente, segundo as ordens de fabricação geradas periodicamente pelo MRP.

O planejamento detalhado da capacidade produtiva é baseado em “planos de capacidade infinita”, pois não considera as restrições de capacidade dos centros de trabalho.

O enfoque de planejamento superficial da capacidade inicia-se com a seleção dos centros de trabalho críticos (recursos restritivos). A seguir, é feito o acompanhamento das variáveis relacionadas ao desempenho destes centros críticos para se estabelecer os níveis de carregamento e o balanceamento das cargas de trabalho. Os cálculos executados no enfoque de planejamento superficial da capacidade produtiva são explicados através de dois exemplos mostrados pelas figuras 55 e 56.

Produto A, código A001						
Períodos (meses)	1	2	3	4	5	6
Estoque inicial (unidades)	220	270	270	370	370	470
Nível de produção (unidades)	500	500	700	700	700	500
Previsão de vendas (unidades)	450	500	600	700	600	650
Produto B, código B001						
Estoque inicial (unidades)	2.250	2.050	850	350	350	350
Nível de produção (unidades)	3.000	3.000	3.000	3.500	5.000	3.000
Previsão de vendas (unidades)	3.200	4.200	3.500	3.500	5.000	3.000
...
Totais						
Estoque inicial acumulado (\$)	250.000	242.000	154.000	110.000	65.000	55.000
Nível de produção (\$)	-	-	-	-	-	-
Horas de montagem	1.588	1.595	1.797	2.029	1.870	1.627
Horas de fabricação	1.260	1.397	744	1.047	925	1.098
Previsão de vendas (\$)	218.910	269.000	297.500	310.000	290.000	318.000
Produto A, código A001:						
Custo de produção unitário: \$ 20,25. Custo de venda unitário: \$ 30,50.						
Horas de montagem/unidade: 0,75 h. Horas de fabricação/unidade: 0,60 h.						

FIGURA 55 - O planejamento superficial na produção para estoque.

Fonte: RITZMAN; KRAJEWSKI & MOURA (1996).

Com relação à análise da figura 55 tem-se que:

- (1) O estoque inicial para o próximo período é obtido pela expressão: (estoque inicial do período atual + nível de produção do período atual) – Previsão de vendas.
- (2) Na seção “Totais”, os valores relativos às horas de montagem e fabricação, ao nível de produção e à previsão de vendas dos itens são somados e acumulados.
- (3) A previsão de vendas para cada item, expressa em valores monetários, é calculada pela expressão: (preço de venda unitário) . (previsão de vendas em unidades).
- (4) A determinação da disponibilidade de capacidade produtiva é obtida pela expressão: (número de dias úteis de trabalho em um período) . (horas trabalhadas em um dia útil de trabalho). Assim, pode-se fazer a comparação da previsão com os dados históricos de vendas, de modo a verificar a capacidade disponível para a efetivação do programa mestre.

Períodos (meses)	1	2	3	4	5	Horas-padrão
Dias úteis de trabalho	24	26	20	10	20	por unidade
Produto F, código F001 (unidades)	4	8	7	3	2	62,5
Produto G, código G001 (unidades)	9	3	4	10	2	40,2
Produto H, código H001 (unidades)	12	15	11	13	5	95,6
Outros	10	5	7	1	8	75,0
Horas-padrão carregadas	2.509	2.430	2.175	1.906	766	
Capacidade de horas-padrão (*)	2.400	2.600	2.000	1.000	2.000	
Observação: (*) A capacidade produtiva é definida em 100 horas-padrão por dia útil de trabalho.						

FIGURA 56 - O planejamento superficial na produção para encomenda.

Fonte: RITZMAN; KRAJEWSKI & MOURA (1996).

A análise da figura 56 mostra os seguintes pontos:

- (1) As horas-padrão carregadas são calculadas pela expressão: (unidades) . (horas-padrão de manufatura/unidade).
- (2) A capacidade de horas-padrão por período é calculada pela expressão: (dias úteis de trabalho no período) . 100.
- (3) A comparação das horas-padrão carregadas com a capacidade de horas-padrão por período é utilizada para a tomada de decisões relacionadas às necessidades de ações corretivas para o cumprimento do programa mestre em relação à capacidade produtiva.

O enfoque de planejamento superficial da capacidade produtiva propicia um meio muito simples de verificação das implicações de capacidade do programa mestre de produção. Já, o planejamento das necessidades de capacidade produtiva no nível detalhado (desagregado) é executado a partir de um plano de materiais que foi gerado pelo MRP, com base em um programa mestre de produção factível, segundo a abordagem do planejamento superficial da capacidade (*rough-cut capacity planning*).

As variáveis de entrada necessárias ao planejamento detalhado da capacidade são:

- (1) Os tempos totais de manufatura, que representam a somatória dos tempos de processamento, de fila, de movimentação e transporte, de controle de qualidade, de distribuição, de preparação (*setup*) e de testes, dentre outros.
- (2) Os roteiros de produção, que compreendem todo o fluxo produtivo, ou seja, o fluxo dos materiais através dos centros de trabalho.
- (3) Os pedidos “em aberto” (ordens “firmes” de ressurgimento), que representam os recebimentos programados do MRP.

- (4) As liberações planejadas de pedidos geradas pelo MRP, que são as ordens planejadas e liberadas no início do período de análise.

O planejamento das necessidades de capacidade executa a conversão das ordens de fabricação em necessidades de capacidade em horas-máquina e em horas-homem, período por período, nos vários centros de trabalho. Assim, são determinadas as capacidades produtivas necessárias a cada centro de trabalho em cada período, considerando-se as ordens definidas pelo MRP e programadas nos roteiros de fabricação segundo a lógica de *backward scheduling*. Esta análise é feita através do conceito de “capacidade infinita” nos centros de trabalho, que desconsidera possíveis restrições de capacidade produtiva.

O plano das necessidades de capacidade é uma combinação dos pedidos “em aberto” (ordens firmes) e dos pedidos planejados contidos no plano de liberação de ordens. Os pedidos planejados, as respectivas datas de término e os centros de trabalho, onde serão executados o processamento destes pedidos, são inseridos no CRP e acrescentados aos pedidos “em aberto”, gerando a carga esperada para o centro de trabalho em questão.

O plano das necessidades de capacidade representa uma “visão” do futuro que considera os pedidos planejados e os pedidos “em aberto” período por período, desconsiderando-se a capacidade disponível no centro de trabalho. A figura 57 exibe a representação gráfica do plano das necessidades de capacidade.

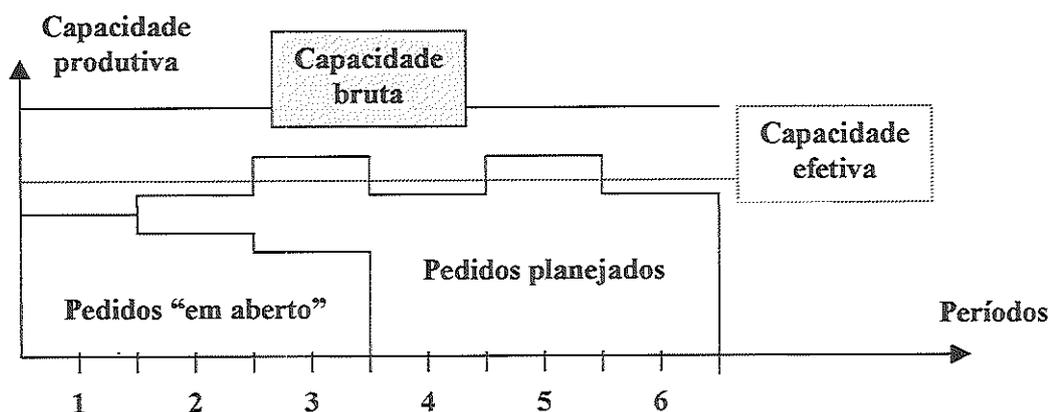


FIGURA 57 - O plano das necessidades de capacidade. Fonte: SACOMANO (1990).

A análise da figura 57 revela que os períodos 3 e 5 têm como característica comum o fato de que a capacidade requerida excede a capacidade efetiva. SACOMANO (1990)

propõe algumas ações corretivas necessárias aos problemas que possam ocorrer devido a esta condição. As soluções são dependentes da intervenção de um programador habilidoso, que possa executar uma nova programação de distribuição da carga de trabalho. Eis algumas:

- (1) A mudança de ordens para períodos próximos com disponibilidade de capacidade.
- (2) A utilização de horas-extras e a contratação de serviços externos (subcontratação).
- (3) A compra de partes processadas ou montadas, ao invés de componentes e materiais.
- (4) A alteração do programa mestre e dos roteiros de fabricação de determinadas ordens.

O relatório de planejamento da capacidade do centro de trabalho (relatório de carga) mostra os pedidos planejados (pedidos esperados), os pedidos “em aberto” (pedidos reais) e a somatória destes. A acumulação das horas de trabalho permite a determinação da carga e a consideração de algumas soluções, caso a capacidade produtiva disponível no centro de trabalho em questão for menor que a capacidade requerida para a realização dos planos de produção.

Dentre estas soluções, destacam-se a transferência de parte da carga de trabalho a outro centro produtivo e a realização de horas-extras. O relatório de planejamento da capacidade permite, à administração, a “visibilidade” necessária ao futuro.

Código do centro de trabalho: CT-001				
Data: 26/10/98				
Semana atual: 350				
Capacidade produtiva disponível: 420 horas-máquina/semana				
De (semana)	Para (semana)	Planejado (horas-máquina)	Real (horas-máquina)	Total (horas-máquina)
350	353	224,2	189,3	413,5
354	357	245,6	172,4	418,0
358	361	404,2	35,6	439,8
362	365	455,0	0,0	455,0
366	369	462,0	0,0	462,0
370	373	471,4	0,0	471,4

FIGURA 58 - O relatório de planejamento da capacidade do centro de trabalho.

Fonte: RITZMAN; KRAJEWSKI & MOURA (1996).

O planejamento das necessidades de capacidade é complementado pelo relatório de entrada/saída do centro de trabalho, que objetiva a verificação do desempenho para comparação com o previsto nos planos de produção. Este relatório é dividido em duas partes:

- (1) Os *inputs* no centro de trabalho, onde as entradas reais (cargas alocadas ao centro de trabalho) são confrontadas com as entradas planejadas obtidas a partir do plano de necessidades de capacidades. Estes *inputs* são compostos pelas ordens liberadas que ainda não chegaram ao centro de trabalho e pelas ordens planejadas e não liberadas.
- (2) Os *outputs* no centro de trabalho, onde as saídas reais, ou seja, as cargas resultantes da finalização de todas as ordens alocadas ao centro de trabalho (quantidade de horas efetivamente trabalhadas), são comparadas com a saída planejada, obtida do plano de necessidade de capacidades. Estes *outputs* são compostos pelas entradas planejadas, pelas entradas reais e pelas ordens destinadas ao centro de trabalho.

Segundo SACOMANO (1990), a base do relatório de entrada/saída do centro de trabalho é a medição de dados reais e a sua posterior comparação com os dados planejados. Portanto, este relatório mostra o fluxo de trabalho em termos reais e em termos planejados para cada centro de trabalho, exibindo a necessidade de retroação (ação corretiva) para contornar os desvios do plano de produção em relação às atividades do piso de fábrica.

Código do centro de trabalho: CT-002 - Data: 26/10/98					
Semana atual: 350					
Fator de tolerância em relação ao desvio acumulado: ± 30 horas-máquina					
Semana "terminando" (final)	346	347	348	349	350
Entrada planejada (horas-máquina)	200	200	200	200	200
Entrada real (horas-máquina)	180	210	195	220	-
Desvio acumulado (horas-máquina)	- 20	- 10	- 15	+ 5	-
Código do centro de trabalho: CT-002 - Data: 26/10/98					
Semana atual: 350					
Fator de tolerância em relação ao desvio acumulado: ± 30 horas-máquina					
Semana "terminando" (final)	346	347	348	349	350
Saída planejada (horas-máquina)	225	225	200	200	200
Saída real (horas-máquina)	220	220	180	185	-
Desvio acumulado (horas-máquina)	- 5	- 10	- 30	- 45	-

FIGURA 59 - O relatório de entrada/saída.

Fonte: RITZMAN; KRAJEWSKI & MOURA (1996).

Com relação à figura 59, o fator de tolerância é inserido nos relatórios de entrada/saída para se determinar um possível descontrole do centro de trabalho. Caso uma saída real esteja muito abaixo da saída planejada, um problema sério de capacidade no centro de trabalho pode estar ocorrendo. Com a análise dos dados de entrada do relatório, pode ser que o problema relativo à capacidade no centro de trabalho tenha se originado no centro de

trabalho precedente. Neste caso, possivelmente a entrada real simplesmente pode não ter acompanhado a entrada planejada, trazendo problemas ao centro de trabalho subsequente.

O fator de tolerância em relação ao desvio acumulado determina em que ponto deve haver a consideração de algum tipo de problema que justifique uma intervenção no centro de trabalho para uma efetiva correção dos planos de produção. O fator de tolerância restringe o número de centros de trabalho que devem receber consideração especial em relação ao monitoramento, simplificando o controle dos processos de produção.

Portanto, o relatório de carga do centro de trabalho mede a quantidade de ordens a serem atendidas e o relatório de entrada/saída do centro de trabalho mede o fluxo de trabalho, baseado no plano de necessidades de capacidade, que utiliza as ordens planejadas que adentram no futuro. O relatório de entrada/saída proporciona ao planejador a “visão à frente” da produção e as informações confiáveis relacionadas à capacidade produtiva nos centros de trabalho.

De acordo com SACOMANO (1990), a última etapa do planejamento detalhado da capacidade é a programação da produção, resultante da programação das ordens de fabricação para cada operação e realizada para a obtenção do plano de necessidades de capacidade. A programação da produção possui a forma de uma lista de liberação de ordens, exibindo a seqüência das prioridades de execução das operações em cada centro de trabalho.

Código do centro de trabalho: CT-002				
Data de início da operação	Código da operação	Código do item	Descrição do item	Tempo de operação (horas-máquina)
201	15131	E002	Eixo	11,4
203	15143	C004	Cubo	20,6
205	15145	H006	Haste	4,3
207	15712	R010	Roda	6,5
208	15313	E008	Eixo	4,6

FIGURA 60 - A lista de liberação de ordens. Fonte: SACOMANO (1990).

As listas de liberação de ordens também podem exibir a relação das operações programadas para o centro de trabalho precedente em relação àquele que está focalizado no roteiro de produção. Estas listas são documentos impressos, via computador, e semelhantes às ordens de fabricação tradicionais, onde a eliminação das ordens em papéis pode ser obtida

através da colocação de computadores ou terminais nos centros de trabalho, destinado à transmissão das informações de execução das operações.

3.2.5 - O Controle da Fábrica (SFC)

O subsistema de Controle da Fábrica (*Shop Floor Control*) faz o seqüenciamento das ordens de fabricação em cada centro de trabalho e o controle da manufatura no nível do piso de fábrica em um dado período, garantindo a efetividade dos planos de produção. O SFC é baseado na manufatura *job shop*, caracterizado pelo arranjo físico funcional (*layout departamental*), onde os centros de trabalho são agrupados por função ou similaridades operacionais, acarretando longos *leadtimes*, elevados níveis de estoque em processo, altas taxas de utilização de equipamentos e significativa quantidade de ordens de fabricação em *stand-by* para o processamento nos recursos produtivos.

O SFC exige um grande volume de informações de apontamento da produção, transferido de forma detalhada e precisa. As principais informações que o SFC utiliza são os roteiros de produção, as mudanças nos planos de materiais (como revisões de prazos e quantidades de ordens “já abertas”) e as capacidades produtivas de cada centro de trabalho. Estas informações devem estar presentes na base de dados do MRP II.

O SFC usa algoritmos de programação finita, baseados em regras de seqüenciação, para proceder ao carregamento detalhado das ordens de fabricação nos centros de trabalho dentro de um período de planejamento, definindo todas as seqüências de execução.

As atividades do SFC são iniciadas no momento da liberação da ordem de fabricação. A partir disto, é executado o procedimento de estabelecimento das prioridades de processamento no piso de fábrica, onde é feita a interação dos sistemas de controle e acompanhamento, buscando o cumprimento os prazos. O SFC interage continuamente com o MRP e o CRP. As realimentações do SFC pelos subsistemas MRP e CRP classificam-se em:

- (1) Informações de *status*, que correspondem à localização das ordens de fabricação, às contagens de verificação de quantidades e ao fechamento de ordens de fabricação.
- (2) “Sinais de alerta”, cujo objetivo é o aviso ao planejador de possíveis inviabilidades na execução do plano de materiais.

O SFC está fundamentado no Planejamento e no Controle das Prioridades. O Planejamento das Prioridades se baseia na ordenação das ordens de fabricação, segundo as relações de prioridade estabelecidas para o cumprimento dos prazos. Assim, são formadas listas de prioridades de acordo com as capacidades dos centros de trabalho, visando a maximização da capacidade disponível.

O Planejamento das Prioridades executa o aprazamento das ordens, estipulando as datas para cada pedido e estabelecendo prioridades no sistema de manufatura em função dos prazos (datas de término). Portanto, as prioridades das operações de manufatura são dependentes das prioridades dos pedidos relacionados às ordens de fabricação.

A lógica do Planejamento das Prioridades é baseada no atravessamento da ordem pelos centros de trabalho, observando-se o prazo (data atual) e comparando-se ao prazo do pedido (data de término ou finalização). O prazo máximo deve sempre coincidir com a data da necessidade do pedido. O SFC necessita ser constantemente atualizado em relação aos *leadtimes*, ao aprazamento e às possíveis modificações nas datas das ordens.

Dentre os conceitos abordados pelo Planejamento das Prioridades estão as dependências de prioridades, que são as relações entre os itens da estrutura do produto. Os tipos de dependência de prioridades são:

- (1) A dependência horizontal, onde a prioridade de um item está ligada à prioridade de outros itens do mesmo nível da estrutura do produto. Se houver uma modificação de prioridade de um item do mesmo nível, também deverá ser alterada a prioridade de outros itens deste nível.
- (2) A dependência vertical ou dependência pai-filho, onde a prioridade de um dado item-filho é uma função da prioridade de seu item-pai. Se a prioridade dos itens-pais for alterada, a prioridade dos itens-filhos deve ser ajustada novamente.

A alteração de prioridade de dependência horizontal ou vertical é propagada pela estrutura do produto, item a item, modificando o aprazamento dos pedidos relativos às ordens de fabricação. Este efeito, designado por ondulação, é transferido através de todo o percurso de cada ordem de fabricação, gerando reprogramações e novos aprazamentos das ordens em relação aos diversos centros de trabalho.

O adiamento ou postergação de uma ordem, é geralmente executado de forma automática pelos subsistemas MRP e SFC, que geram a reprogramação das outras ordens que estavam aguardando na “fila de processamento”. A reprogramação leva em consideração as condições de carga do centro de trabalho, determinando os momentos de início das operações que estão em *stand-by*. As causas mais freqüentes de reprogramações são os cancelamentos de pedidos dos clientes, as mudanças na ordem de programação dos pedidos, as quebras de equipamentos e os altos índices de rejeição e retrabalho.

O Planejamento das Prioridades deve considerar os aspectos de utilização do MRP II, de acordo com os seguintes critérios de planejamento da produção:

- (1) O sistema regenerativo, onde é executada uma “explosão total” do programa mestre, que o modifica inteiramente. Caso a freqüência de reprogramação for muito alta, o desempenho do sistema regenerativo não será satisfatório se o *time bucket* for muito curto, como por exemplo, uma semana). Em contrapartida, para os ambientes de manufatura estáveis, este sistema é viável e apresenta baixos custos de processamento em relação às reprogramações das ordens de fabricação e montagem.
- (2) O sistema de mudanças líquidas (*net change*), que é bastante utilizado em situações onde hajam muitas atualizações de prioridades. Este sistema envolve apenas “explosões parciais” do programa mestre, adaptando-se aos ambientes de manufatura muito dinâmicos.

O Controle das Prioridades visa estabelecer as interfaces entre as saídas do MRP e as entradas do SFC, buscando ajustar as prioridades operacionais às prioridades dos pedidos. As prioridades operacionais representam a forma como as ordens de fabricação e montagem serão executadas. O Controle das Prioridades é baseado no plano diário de produção do centro de trabalho, que é o principal documento gerado pelo SFC.

Código do centro de trabalho: CT-002 - Data: 26/10/98 Semana atual: 446						
Item	Pedido e prioridade	Operação	Itens e horas necessárias	Destino	Semanas de trabalho remanescentes	Semanas de tempo remanescentes
004	438C24 (0,467)	020	153 (12,2)	CT-003	15,0	7,0
002	438E35 (1,143)	010	84 (7,1)	T-003	10,5	12,0
010	420R44 (1,440)	030	217 (17,3)	T-003	24,3	35,0

FIGURA 61 - O plano diário de produção.

Fonte: RITZMAN; KRAJEWSKI & MOURA (1996).

A análise da figura 61 mostra a sistemática de controle de prioridades nos centros de trabalho interligados, sendo que alguns detalhes serão abordados na seqüência desta explanação. A empresa em questão optou por um sistema de mudança diária nos lotes de produção (*net change*). Diariamente, são gerados estes planos para os centros de trabalho com o intuito de lhes fornecer informações sobre a execução das operações e as respectivas prioridades associadas. As quantidades a serem processadas e os respectivos tempos de produção dizem respeito aos tempos-padrões de manufatura naquele centro de trabalho.

Na figura 61, as prioridades de processamentos são determinadas pela quociente (semanas de tempo remanescentes) / (semanas de trabalho remanescentes). As semanas de trabalho remanescentes compreendem o tempo restante para se completar a produção de um item do centro de trabalho atual até o centro de trabalho onde será finalizado este processo, tomando este item um produto acabado. As semanas de tempo remanescentes são definidas como a diferença entre o prazo especificado no pedido (data de término) e a data atual.

As prioridades de processamento, dentro do plano diário de produção, podem assumir três valores distintos:

- (1) A prioridade de processamento igual a um, significando que o centro de trabalho está dentro do prazo estipulado para as operações.
- (2) A prioridade de processamento maior que um, significando que o centro de trabalho está antecipado em relação ao prazo estipulado para a execução das operações.
- (3) A prioridade de processamento menor que um, significando que o centro de trabalho está atrasado em relação ao prazo estipulado para a execução das operações.

No caso de ocorrer uma reprogramação do prazo do item 004 em relação à data de término da operação 020, esta mudança traria uma alteração na prioridade de processamento. Por exemplo, se o prazo for prorrogado da semana 453 (semana atual + 7,0) para a semana 461, as semanas de tempo remanescentes passariam a 15,0 ao invés de 7,0 e o índice crítico passaria a 1,00 ao invés de 0,467.

O Controle da Fábrica (*Shop Floor Control*) é executado pelos administradores com o auxílio das listas de liberação de ordens, dos relatórios de entrada/saída e dos planos diários de produção nos centros de trabalho. Estes documentos são atualizados diariamente através do lançamento de dados referentes à execução das operações, coletadas em computadores ou terminais distribuídos pelo piso de fábrica.

O subsistema de Controle da Fábrica (SFC) é bastante sofisticado em relação às suas variáveis de entrada (*inputs*) que compreendem os roteiros de fabricação, os tempos-padrões das operações, as estimativas dos tempos de espera e os prazos relacionados às ordens de fabricação. A mudança de prioridades no piso de fábrica não significa que uma operação em um item deva ser interrompida. Apenas, quando este item passar à operação seguinte, a sua prioridade de processamento será menor e o centro de trabalho que acumulará os pedidos possuirá a informação de que este item não terá prioridade tão alta em relação a outros itens que estão na “fila de processamento”.

O Controle das Prioridades configura-se na base do subsistema SFC, fazendo com que as ordens fluam pelos centros de trabalho com prioridades definidas pelas reprogramações, de acordo com as condições dinâmicas de manufatura e mercado. Portanto, o SFC pode ser considerado como um mecanismo de atenuação das oscilações de produção, reprogramando as datas de término e as prioridades das operações de processamento.

3.3 - As considerações acerca do MRP II

O MRP II é baseado em sistema de informações que centraliza o processo de determinação das necessidades dos recursos necessários à execução das atividades referentes à administração da produção e materiais. A figura 62 exibe o *closed loop* do MRP II que, segundo SACOMANO (1990), representa uma avaliação de resultados obtidos durante a execução do planejamento ao se comparar “o planejado com o executado”. Assim, os

resultados obtidos na operação da fábrica podem ser confrontados com os padrões de desempenho estabelecidos pela administração da empresa.

O MRP II exige um alto nível de integração entre o sistema e as diversas áreas funcionais da empresa. Cada área funcional deve contribuir com informações para o sistema, de modo que este possa ser executado em todo o seu *closed loop* e, então, fornecer informações de cada uma destas áreas, de acordo com suas necessidades particulares.

As informações devem ser muito precisas e alimentadas no momento exato, de forma que o sistema possa gerar outras informações que possam cumprir seus objetivos, ou seja, a facilitação da tomada de decisões gerenciais. O MRP II configura-se em um sistema bastante centralizado de tomada de decisões, impondo o cumprimento muito estreito dos planos e permitindo uma quantidade muito restrita de alterações locais, como os ajustes localizados dos planos de produção nos centros de trabalho.

As questões anteriores tendem a gerar implicações nos níveis de responsabilidade e comprometimento da mão-de-obra, influenciando a capacidade de resolução de problemas relacionados ao sistema produtivo. Os critérios de desempenho privilegiados pelo MRP II, como a minimização dos estoques e o cumprimento de prazos, podem interferir de forma negativa na reprogramação de ordens de fabricação e montagem, onde as variações de carga nos centros de trabalho têm altos custos, comprometendo a eficiência e a eficácia do sistema.

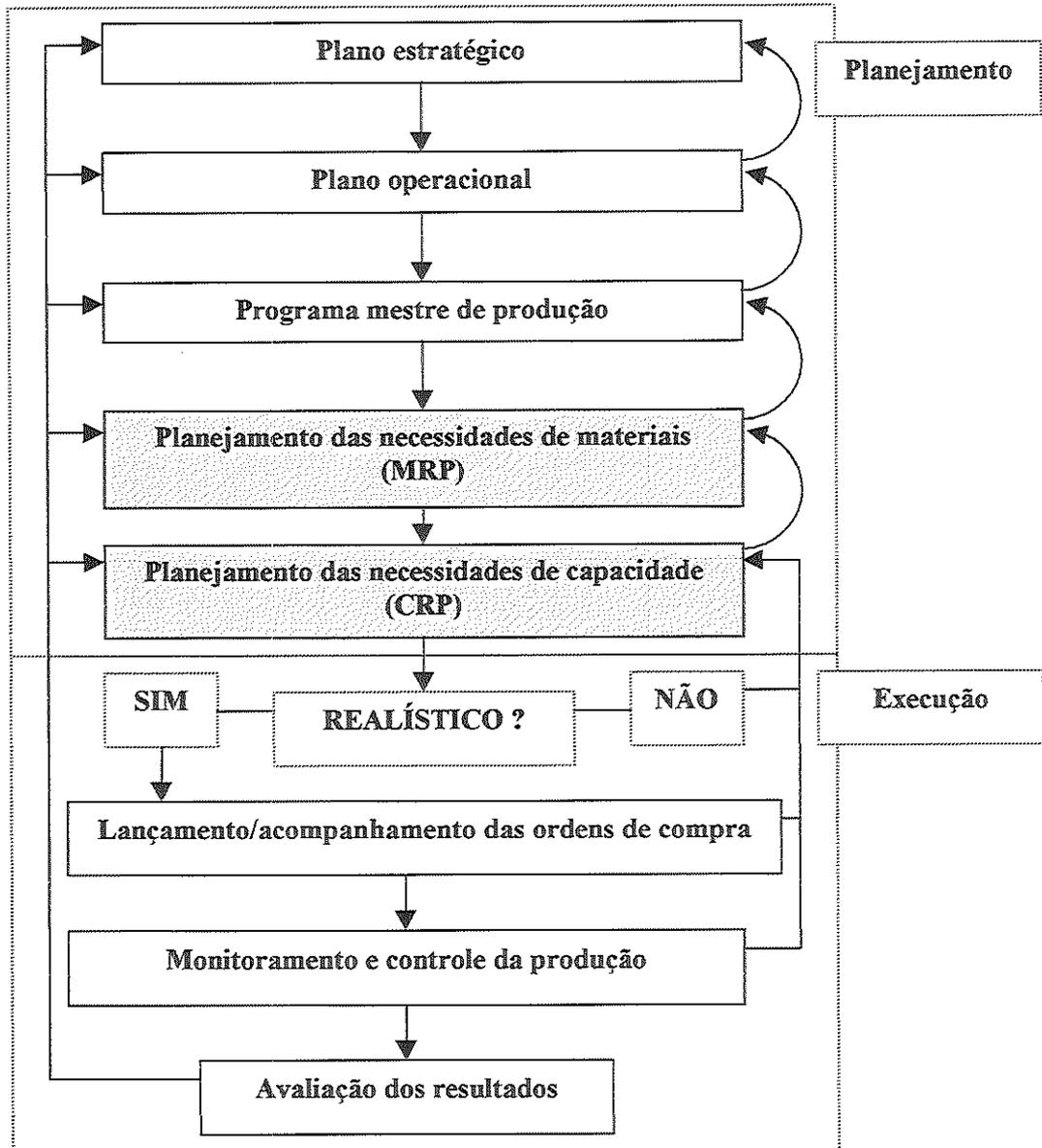


FIGURA 62 - O *closed loop* completo do MRP II. Fonte: SACOMANO (1990).

Para a implantação do MRP II ocorre a necessidade de organização da função de Planejamento e Controle da Produção (PCP) através da incorporação de novas tecnologias com base na informática, com a finalidade de melhoria da competitividade da empresa.

Antes do início do projeto de implantação do MRP II, é necessário que os registros de estoques apresentem acuidade mínima de 95% (RITZMAN; KRAJEWSKI & MOURA, 1996). Dentre os pré-requisitos para a implantação, encontram-se a alta precisão dos níveis de inventários, das listas de materiais, dos *leadtimes* de manufatura e aquisição de materiais e dos roteiros de produção, o apoio da alta e da média administração (diretorias e gerências

departamentais), a definição de um plano de educação e treinamento aos funcionários e o estabelecimento de compromissos para a sustentação do MRP II.

Os aspectos que devem ser considerados para a aplicação do MRP II são:

- (1) O comprometimento da alta direção da empresa com os resultados, não bastando o mero envolvimento na implantação.
- (2) A escolha adequada de *hardware* e *software*, garantindo a adequação do MRP II aos processos produtivos, com relação às necessidades de capacidade de processamento de informações e à disponibilidade de informações para o processo de tomada de decisões.
- (3) A aplicação de treinamento e educação aos funcionários em todos os níveis hierárquicos da organização (usuários diretos e indiretos do sistema), de forma a reduzir a resistência às mudanças e aumentar os esforços para a efetivação do sistema após a implantação.
- (4) O criterioso gerenciamento da implantação, de forma a gerar o comprometimento dos funcionários desde as primeiras etapas do processo de implantação.
- (5) A busca pela acuidade das variáveis de entrada para a elaboração de uma base de dados confiável, demandando um longo processo de mudanças de rotinas e procedimentos.

No planejamento da implantação, os seguintes pontos devem ser observados:

- (1) O diagnóstico da situação, onde é determinada a filosofia de planejamento e seus potenciais benefícios à empresa.
- (2) O plano de ação, onde são determinadas os requisitos computacionais, as possíveis mudanças organizacionais, as necessidades de informação e as estratégias industriais.
- (3) A avaliação de custos, onde são determinados o *software*, o *hardware*, as necessidades de pessoal e a relação custo/benefício do projeto.
- (4) O ensino e o treinamento, onde é estabelecido um plano formal, que se configura em uma das partes mais importantes do projeto de implantação do MRP II.
- (5) A preparação, onde são feitos o levantamento de necessidades, a revisão da documentação e dos fluxos de documentos, a determinação das modificações no *software*, a instalação de *hardwares*, a identificação das interfaces com outros sistemas e a aprovação das modificações nas propostas de formulários, relatórios e telas.
- (6) A instalação, onde são feitos os levantamentos de dados, a melhoria da acurácia e a conversão dos dados, a preparação de um programa de implantação, as modificações no sistema, a programação de interfaces e a execução do plano de treinamento operacional.
- (7) O controle, onde são criados os procedimentos gerenciais de verificação da consecução de metas através da execução dos planos de ação.

Outras condições para uma implantação bem-sucedida do MRP II são a formalização de todos os sistemas internos da empresa, o estabelecimento do espírito de cooperação entre os departamentos e a participação efetiva do coordenador de projetos com o total apoio da alta administração.

As principais vantagens associadas à utilização do MRP II são:

- (1) O caráter dinâmico, que pressupõe a natureza reativa do sistema em relação às mudanças de ambientes competitivos turbulentos.
- (2) A adaptabilidade às complexas estruturas dos produtos e às instabilidades de demandas, permitindo um adequado tratamento dos itens de demanda dependente.
- (3) A concepção integrada, onde o MRP II é configurado como um sistema de informações utilizado por um grande número de usuários dentro da organização.

O MRP II também possui algumas limitações devido ao fato de estar baseado em *software* grande e complexo e, geralmente, de elevado custo de aquisição. Apresenta certa inflexibilidade no tocante à adaptação às necessidades da empresa usuária. Estas alterações, ainda que possíveis, demandam muitos esforços e investimentos. Praticamente, algumas empresas se sentem obrigadas a se adaptar à ferramenta, o que nem sempre é recomendável.

O grande esforço de organização da empresa antes da implantação e o ambiente altamente informatizado são considerados outras desvantagens associadas à utilização do MRP II. Apesar de muitas informações estarem disponíveis aos usuários, os *inputs* devem ser informados ao sistema de forma periódica e sistemática, demandando forte disciplina em seus procedimentos de trabalho e na alimentação de dados.

CORRÊA & GIANESI (1993) consideram o MRP II um sistema “passivo” na medida em que aceita, sem avaliação prévia, as variáveis de entrada. Também, não apresenta uma sistemática de melhoramento destes parâmetros. Pelo caráter “passivo” e centralizado, não estimula o engajamento da mão-de-obra no aprimoramento do sistema de manufatura.

O MRP II apresenta uma nítida tendência de separação das funções de planejamento, controle e execução, pois a tomada de decisões é feita em níveis hierárquicos mais elevados em relação ao piso de fábrica. Portanto, o sistema não propicia uma melhoria significativa das operações ligadas à manufatura, exigindo investimentos para a manutenção de *hardwares* e *softwares* e para o treinamento constante da mão-de-obra direta e *staff*.

Concluindo, o MRP II exige dados de entrada altamente precisos para que o mesmo possa fornecer informações confiáveis. A natureza dinâmica de uma empresa de manufatura de produtos pode não propiciar a precisão e a acurácia exigidas pelo sistema. Os *leadtimes* dos processos tendem a ter um comportamento não-determinístico e aleatório, impossibilitando alimentações confiáveis, principalmente aos subsistemas CRP e SFC. A determinação das datas e dos centros de trabalho para a execução das operações é muito difícil, porque os *leadtimes* de processamento apresentam uma natureza fixa e de curta duração. A partir desta exposição, conclui-se que é muito difícil estabelecer, na realidade prática da maioria das empresas, o *closed loop* completo do MRP II.

CAPÍTULO 4

A INTEGRAÇÃO DO *JUST-IN-TIME* E DO MRP II

A comprovação da adequação de um sistema de administração da manufatura a um particular sistema produtivo não assegura a otimização de todo o seu potencial de gestão e melhoramentos no ambiente em questão, comprometendo, inclusive, a sua efetividade, caso o processo de implantação seja deficiente. Os aspectos mais importantes na escolha de um sistema de administração da produção que se adeque às necessidades estratégicas de uma organização são os recursos estruturais (recursos humanos e tecnológicos) e os recursos infra-estruturais (sistemas de informações de apoio à decisão e os recursos organizacionais).

A escolha estratégica e a gestão dos sistemas de administração da manufatura devem ser coerentes com os objetivos estratégicos da empresa, com os processos produtivos envolvidos, com o ramo de negócios e com o seu foco de atuação. Esta escolha está ligada às políticas de *marketing*, que refletem diferenças entre os segmentos de mercado a serem atingidos ou mantidos, como as diferentes necessidades dos modelos de produtos, a variedade da linha de produtos, os tamanhos dos pedidos dos clientes, a quantidade e a frequência de mudanças no projeto dos produtos e a forma de introdução de novos produtos.

O entendimento das diferenças de competição é determinante para a correta formulação de uma estratégia de manufatura e a conseqüente escolha do sistema de administração da produção, visto que os diferentes segmentos de mercado vão demandar diferentes níveis de desempenho nos critérios de qualidade, custo, entrega e flexibilidade.

Para que um sistema de administração da manufatura seja factível é necessário que os investimentos sejam coerentes com a estratégia global, que estes investimentos sejam coerentes entre si e que sejam compatíveis com a gestão dos recursos humanos, tecnológicos e infra-estruturais. As tecnologias envolvidas nos processos produtivos interferem significativamente na opção por um determinado sistema de administração da produção.

CORRÊA & GIANESI (1993) apontam algumas considerações estratégicas para a adequação dos sistemas de administração da manufatura *Just-In-Time* e MRP II:

- (1) A variedade de produtos oferecidos dentro do *mix* final.
- (2) O nível de controle e o horizonte de planejamento do conjunto de tarefas.
- (3) A complexidade e a variabilidade dos roteiros das ordens de produção.
- (4) A introdução de novos e diferentes produtos.
- (5) A complexidade das estruturas dos produtos.
- (6) A variabilidade dos *leadtimes* envolvidos.
- (7) A centralização da tomada de decisões nos processos de planejamento e controle.
- (8) O favorecimento do processo de melhoria contínua do sistema produtivo.
- (9) A complexidade em relação aos algoritmos e sistemáticas de cálculo.

A variedade de produtos oferecidos dentro do *mix* final impacta diretamente na estrutura fabril. As empresas que possuem um *mix* com menor variedade de produtos contam com equipamentos mais especializados, que produzem maiores volumes de produção por produto, competindo com base em economia de escala. Por outro lado, as empresas com um *mix* que contemple maior variedade de produtos, têm de ser mais flexíveis, produzindo volumes menores por determinado produto.

Os sistemas que operam com grandes quantidades de produtos diferentes, em geral, não são um bom ambiente para a implantação generalizada do *Just-In-Time*, principalmente no que se refere à gestão do fluxo de materiais. O *Kanban*, por exemplo, exige que seja mantida uma certa quantidade de estoque entre cada operação e sua operação subsequente. Esta “certa quantidade” poderia transformar-se, na análise agregada, em grandes estoques em processo em decorrência da fabricação de muitos produtos (com os correspondentes pares de operações consecutivas). Além disto, caso os produtos sejam muito diferentes, devem também ter roteiros de produção bastante diferentes, dificultando a determinação dos roteiros e fluxos preferenciais que o *Just-In-Time* exige para sua efetividade.

O nível de controle e o horizonte de planejamento das tarefas está relacionado com o fluxo nas áreas produtivas. O alto nível de controle está relacionado à coordenação do fluxo de materiais para os diversos setores da fábrica, indicando quais os níveis globais de saída esperados em períodos futuros. Já, o médio nível de controle pressupõe a alocação, de forma mais desagregada, de ordens de produção para os diversos setores da fábrica. O baixo

nível de controle indica o monitoramento detalhado e o reajustamento das atividades no nível dos recursos individuais da fábrica.

O MRP II é um sistema hierárquico, com vários níveis de planejamento, desde o planejamento agregado de produção, passando pela programação-mestre até o detalhamento das necessidades de materiais e recursos específicos, auxiliando a tomada de decisão em um nível mais agregado, de longo prazo. No entanto, alguns problemas podem ocorrer quando o MRP II tenta gerenciar os níveis mais baixos e detalhados de atividades, tornando-se muito complexo, exigindo que as pessoas envolvidas nas atividades da fábrica tenham uma atitude formal e disciplinada para transmitir, freqüente e sistematicamente, informações detalhadas ao sistema. Por sua vez, o *Just-In-Time* é um sistema descentralizado ao nível da fábrica mas, em compensação, não possui nenhuma técnica formal para o planejamento agregado dos sistemas de manufatura.

A complexidade e a variabilidade dos roteiros das ordens de produção definem a utilização dos equipamentos e dos setores produtivos. Os roteiros menos complexos definem fluxos de produção preferenciais ou de ocorrência mais freqüente, favorecendo o arranjo físico por produto (células de manufatura e linhas baseadas na tecnologia de grupo). Em contrapartida, quando se têm roteiros muito complexos e variados, há menor tendência do uso de roteiros ou fluxos preferenciais. Neste caso, as ordens podem ter vários destinos, com probabilidades similares, sendo adotado o arranjo por processo (*job shop*), em que se agrupam as máquinas que têm função semelhante em setores produtivos.

O *Just-In-Time* trabalha com fluxos de produção bem definidos, balanceados e estabilizados. Os arranjos físicos mais adequados são os *layouts* celulares, os *layouts* em linha e os *layouts* organizados por produtos ou famílias de produtos com roteiros similares. Ao contrário do MRP II, a introdução de produtos muito diferentes dos já produzidos pode ser difícil quando se adota o *Just-In-Time*, em virtude de que o novo produto poderá demandar um rearranjo dos equipamentos e operações. A introdução de produtos com roteiros similares àqueles já produzidos é simples e rápida, tanto no JIT quanto no MRP II.

A freqüência de introduções de novos e diferentes produtos não é tão discriminante em relação à escolha dos sistemas de administração da produção, em comparação com o grau de diferença entre os produtos existentes e os produtos introduzidos. A explicação está baseada nos mesmos argumentos usados para o entendimento da complexidade e a

variabilidade dos roteiros das ordens de produção em relação à utilização dos equipamentos e dos setores produtivos, discutidos anteriormente.

A complexidade das estruturas representa a “forma” das estruturas dos produtos que devem ser gerenciados pelos sistemas de administração da produção. As estruturas são classificadas como mais complexas quanto maiores os números de níveis e de itens por nível. As estruturas que apresentam poucos níveis (formas “horizontais”) ou poucos itens por nível (formas “verticais”) são consideradas menos complexas. O MRP II lida facilmente com problemas complexos de gestão de suprimentos, que é geralmente o caso dos sistemas produtivos que trabalham com produtos que têm estruturas complexas. Os níveis de planejamento do MRP II permitem um grande detalhamento das necessidades de recursos materiais da organização.

A variabilidade dos *leadtimes* envolvidos está diretamente relacionada ao processamento dos produtos. Caso o *mix* de produtos tenha mudanças freqüentes, é também provável que a situação das ordens na fábrica possa sofrer freqüentes mudanças. Neste caso, a situação das filas das ordens aguardando processamento muda ao longo do tempo e, portanto, o tempo que as ordens gastam nas filas também muda. Conseqüentemente, no caso do *mix* de produção variar pouco, espera-se que os *leadtimes* envolvidos sejam também mais constantes ao longo do tempo.

O problema da variabilidade dos *leadtimes* é bastante sentido pelo MRP II, que *a priori* os assume fixos e determinados para o planejamento das necessidades. Caso os *leadtimes* reais sejam muito variáveis, pode haver a baixa aderência entre os *leadtimes* registrados no sistema e os *leadtimes* reais da fábrica. A falta de aderência dos dados pode comprometer o desempenho de todo o sistema de manufatura.

A centralização da tomada de decisões nos processos de planejamento e controle interfere na coordenação das operações ao nível da fábrica. O processo muito centralizado é aquele no qual os operadores são apenas “cumpridores” de um programa definido de forma centralizada, fazendo a produção aderir o máximo possível ao programa preestabelecido. Um sistema menos centralizado conta com certo discernimento e responsabilidade, por parte dos operadores, para interferir no processo de estabelecimento dos programas.

O favorecimento do processo de melhoria contínua do sistema produtivo é importante para a criação de um ambiente participativo. Se um sistema de produção assume variáveis (como os níveis de refugos e os tempos de preparação de equipamentos, entre outros) como dados de entrada, sem questioná-los ou prover mecanismos para melhorá-los, então considera-se que o mesmo favorece pouco o processo de melhoria contínua dos processos produtivos. No caso do sistema de administração da produção possuir mecanismos de questionamento e agir ativamente em relação às melhorias dos parâmetros, considera-se que o mesmo privilegia mais o processo de melhoria contínua do sistema de manufatura.

O MRP II é considerado um sistema “passivo”, que aceita os parâmetros de operação (níveis de qualidade, *leadtimes* e níveis de confiabilidade de equipamentos) como hipóteses e parte destes para executar sua sistemática de cálculos e programação. Na realidade, o MRP II não possui mecanismos para o questionamento e melhoramento dos parâmetros. O *Just-In-Time*, por outro lado, facilita bastante a melhoria contínua pela sucessiva busca e eliminação de problemas. O JIT é um sistema simples e intuitivo, que não depende de sofisticados programas de computador necessitando, entretanto, de mudanças importantes de atitudes e cultura.

A complexidade do sistema de administração da produção em relação aos algoritmos e sistemáticas de cálculo diz respeito à complexidade de alteração do sistema de manufatura para adaptá-lo às necessidades da empresa. O MRP II depende de programas de computador de grande porte e com certo grau de sofisticação, geralmente agregando certa complexidade na sua gestão. Em contrapartida, o *Just-In-Time* envolve importantes aspectos culturais e organizacionais que devem ser levados em consideração para a sua efetividade de longo prazo.

Variedade dos produtos	(Baixa)	<i>Just-In-Time</i>	MRP II	(Alta)
Complexidade dos roteiros	(Baixa)	<i>Just-In-Time</i>	MRP II	(Alta)
Novos produtos introduzidos	(Similares)	<i>Just-In-Time</i>	MRP II	(Diferentes)
Complexidade dos estruturas	(Baixa)	<i>Just-In-Time</i>	MRP II	(Alta)
Variabilidade dos <i>leadtimes</i>	(Baixa)	<i>Just-In-Time</i>	MRP II	(Alto)
Nível de controle	(Baixo)	<i>Just-In-Time</i>	MRP II	(Alta)
Centralização na tomada de decisões	(Baixa)	<i>Just-In-Time</i>	MRP II	(Alta)
Favorecimento da melhoria contínua	(Baixo)	MRP II	<i>Just-In-Time</i>	(Alto)
Simplicidade do sistema	(Baixa)	MRP II	<i>Just-In-Time</i>	(Alta)

FIGURA 63 - A análise JIT/MRP II segundo as considerações estratégicas.

Fonte: CORRÊA & GIANESI (1993).

A figura 63 apresenta uma análise para a utilização do *Just-In-Time* e do MRP II em relação às variáveis anteriormente analisadas. A análise da adequação de dado sistema produtivo não deve ser feita de forma isolada, prevalecendo a análise individual de cada aspecto, que deve ser analisado em todo seu contexto.

4.1 - A implantação do *Just-In-Time* e do MRP II

Tanto na implantação do *Just-In-Time* quanto do MRP II são registrados muitos insucessos pela desconsideração de alguns fatores-chaves, como o empenho organizacional advindo da alta direção, a educação e o treinamento a todos os níveis relevantes e o gerenciamento adequado do processo de implantação. No caso dos sistemas que se utilizam



de recursos de informática (o caso do MRP II), outros aspectos a serem considerados são a acuidade dos dados de entrada (*inputs*), o *software* e o *hardware* utilizados.

O empenho organizacional traduz o comprometimento da alta administração em relação aos objetivos da implantação. Este aspecto depende da modificação da sistemática de trabalho de uma organização, que tende a acarretar mudanças na distribuição de poder, de informações e de responsabilidades. As possíveis situações de conflito que podem ocorrer, devem ser contornadas pela alta administração da melhor forma possível.

A alta cúpula administrativa deve participar ativamente do processo de implantação, providenciando os recursos necessários ao projeto e mantendo-se informada acerca do seu correto andamento. Deve, também, exercer o efetivo controle sobre o projeto de implantação em um nível adequado a seu escalão gerencial. O engajamento da alta administração (diretorias e presidência) envolve a compreensão de que alguns dos melhores elementos da empresa terão que abandonar temporariamente seus cargos de linha e trocá-los pela participação no projeto e na equipe de implantação, muitas vezes em tempo integral. A nomeação do líder da implantação, que deve também ser do alto escalão gerencial (por exemplo, um membro da diretoria da empresa), deve ser feita pela presidência, recebendo dela as atribuições necessárias para exercer suas funções na equipe de implantação.

O processo educacional compreende o amplo entendimento do sistema de administração da produção a ser implantado, através da transferência do conhecimento relacionado aos princípios e à filosofia de gestão. Já, o treinamento diz respeito aos conhecimentos mais detalhados em relação à operação do sistema. O treinamento deficiente é um dos principais responsáveis pelos insucessos de algumas implantações. A desinformação tende a propagar o “medo do desconhecido”, sendo considerado um dos principais fatores de resistência à mudança dentro da organização. A resistência é sentida, principalmente, nos funcionários mais antigos, que tendem a reagir contrariamente à perspectiva do novo aprendizado e da reformulação do trabalho.

De acordo com CORRÊA & GIANESI (1993), os quatro níveis de educação e treinamento que devem ser contemplados no processo de implantação são:

- (1) O nível da alta direção, que deve ser educado sobre os princípios do novo sistema em relação ao seu potencial de obtenção de resultados estratégicos, às suas limitações e aos

pressupostos. Os membros da alta direção devem comparecer regularmente a seminários e palestras. A constante leitura é necessária à atualização de conhecimentos.

- (2) O nível da equipe de implantação, onde está pressuposto que o treinamento da equipe multidisciplinar e multifuncional de implantação deve ser bastante completo, com o objetivo de formar especialistas com conhecimentos em “estado da arte” no assunto. Para tanto, a equipe de projeto deve comparecer aos seminários e às conferências e interagir com outros profissionais de sua área de atuação no projeto.
- (3) O nível da gerência intermediária, que deve receber treinamento na forma de seminários, de preferência feito em ambiente externo à empresa, sobre os aspectos principais do novo sistema de administração da produção. A visita a outras empresas é importante para o acúmulo de conhecimentos e para a discussão de experiências de outros projetos de implantação. O treinamento aos gerentes deve ser ministrado por membros da equipe de implantação educados e treinados no assunto. Ministar treinamento é também uma forma de se conseguir ascendência sobre o grupo treinado, facilitando o futuro trabalho em equipe para adaptar o novo sistema às particulares necessidades da organização.
- (4) O nível da supervisão e dos demais usuários operacionais, que é determinante, em última análise, para o sucesso da implantação do novo sistema. É essencial que os usuários operacionais aprendam precisamente como operar o sistema a ser implantado e saibam as conseqüências, em todos os níveis, das ações tomadas. O treinamento deve ser dado sempre dentro da empresa, simulando situações reais de operação e enfatizando as conseqüências estratégicas das ações operacionais. Além do programa de educação e treinamento com a finalidade de preparação da implantação, é necessária a definição da sistemática de reciclagem dos conhecimentos e de educação do novo pessoal, resultado da rotatividade natural de mão-de-obra (*turnover*).

O gerenciamento adequado de implantação compreende a elaboração, o acompanhamento e o controle do projeto. A gestão do projeto de implantação do *Just-In-Time* ou do MRP II numa organização, demanda certos cuidados e observação de alguns critérios, incluindo a elaboração inicial de um plano de ação. O passo inicial para a elaboração de um plano de ação é a definição do objetivo global (ou objetivo sistêmico). Os próximos passos são a transformação deste objetivo em metas controláveis e o estabelecimento de resultados, que uma vez atingidos, caracterizam o final do projeto.

A etapa crucial do plano de ação é o processo de desmembramento da estrutura do projeto (*project breakdown structure*), que pressupõe o refinamento do projeto em atividades

mais detalhadas e controláveis. O objetivo é a redução da periodicidade de controle a intervalos menores do que a duração total do projeto, com a finalidade de confronto do “planejado com o executado” e tomar medidas corretivas em caso de não coincidência.

Dentro do gerenciamento adequado de implantação, além do período ou frequência de controle, outros critérios necessitam ser levados em consideração para o refinamento do projeto, como a especialidade profissional referente ao escopo das atividades e as áreas onde devem ser exercidas as atividades pertinentes ao projeto, como o treinamento e o levantamento de informações.

O resultado da divisão analítica do projeto é uma lista de atividades controláveis, que devem ser identificadas e definidas através do estabelecimento individual dos seguintes aspectos:

- (1) O objetivo e o escopo, que compreendem a explicitação do objetivo da execução das atividades e a abrangência que deve ter tal execução, bem como o seu relacionamento com o objetivo global do projeto.
- (2) O produto final, que está relacionado com definição objetiva do produto final da atividade, de modo a permitir o controle sobre sua execução. Assim que for obtido o produto final especificado, a atividade é encerrada. O produto final de uma atividade pode ser a especificação de um documento, o desempenho de determinada área ou o estado de determinado grupo em relação a um aspecto.
- (3) O método, que compreende a especificação da metodologia recomendada para a execução da atividade, com base em seu objetivo e escopo. A definição do método visa uniformizar os procedimentos e focar as linhas básicas para a execução da atividade.
- (4) Os recursos necessários e a duração prevista, onde está pressuposto que a duração de uma atividade é dependente da quantidade de recursos alocados. Portanto, deve-se estimar o par recursos/duração para cada atividade a ser desenvolvida. Em relação aos recursos humanos, devem ser consideradas as diferentes especialidades profissionais.
- (5) As responsabilidades, que em linhas gerais visa a atribuição de responsabilidade pela execução de dada atividade. Em geral, os responsáveis pelas atividades ligadas ao projeto de implantação, são os membros da gerência intermediária ou os principais usuários de uma determinada área da empresa.
- (6) As relações de dependência, que estabelecem quais os produtos de outras atividades que dependem diretamente a efetividade de uma dada atividade. Visa definir a configuração da rede de atividades do projeto.

A partir da especificação destes seis aspectos apresentados e relacionados às atividades nas quais o projeto foi dividido, considera-se que o plano de ação está definido. A próxima etapa é a definição do cronograma do projeto e analisar, em função do tempo, o nível de ocupação dos recursos necessários, visualizando determinados recursos limitantes e administrando as folgas de prazos e as ociosidades.

Elaborado o plano em sua forma final, é importante a sua validação junto à alta direção, para autorizar a utilização dos recursos necessários e junto à gerência intermediária, que deve participar ativamente para a execução do plano. A validação compreende eventuais ajustes no plano final, demandando negociações entre as diversas áreas da empresa para o estabelecimento das responsabilidades para a execução das atividades. A alta direção deve administrar os conflitos que possam surgir destas negociações.

Na implantação de sistemas de administração da produção que demandam recursos de informática para o planejamento e o controle, os seguintes tópicos devem ser observados:

- (1) O *hardware* e o *software* adotados. A avaliação da capacidade de armazenamento e processamento de dados, a confiabilidade do equipamento, a facilidade de adaptação do *software* original às necessidades específicas do usuário, o uso de ferramentas de apoio ao desenvolvimento e manutenção do sistema, a compatibilidade do *software* com o equipamento utilizado, a especificação das alterações do *software* original quando necessárias, o método para a realização das alterações especificadas no *software* são fatores primordiais ao sucesso do processo de implantação.
- (2) A acuidade dos dados. Está relacionada ao projeto do sistema de informações e ao cumprimento de normas e procedimentos. Os processos de educação e treinamento proporcionam a redução e a eliminação de problemas relativos ao descumprimento sistemático dos procedimentos estabelecidos. O projeto do sistema de procedimentos envolve a alocação de esforços para que o desenvolvimento seja feito de forma participativa (grande interação entre implementadores e usuários).

Os projetos-pilotos para a implantação dos sistemas de administração da produção é bastante recomendado para se percorrer a curva de aprendizado sem que todo o sistema produtivo sofra as possíveis conseqüências advindas das modificações introduzidas (como a redução da eficiência, o aumento da turbulência e da incerteza que as mudanças inseridas pelo novo sistema). Deve-se partir de áreas da empresa onde níveis mínimos de organização já tenham sido atingidos, garantindo que a preocupação central estará relacionada apenas

com o transcurso normal da implantação e não com a solução de antigos problemas anteriores à introdução do novo sistema.

A adequação estratégica do sistema de administração da produção à organização é dependente da identificação e da análise contextual e compartilhada de diversas variáveis. Desta forma, a dedicação e o direcionamento de esforços na implantação assegura o funcionamento adequado, a obtenção de resultados potenciais e a perpetuação do novo sistema de administração da produção.

4.2 - A integração *Just-In-Time* e MRP II

A filosofia de manufatura *Just-In-Time* e o sistema MRP II aparentam apresentar princípios e técnicas antagônicas. O *Just-In-Time* é baseado em um sistema de planejamento e controle “puxado”, incentivando o questionamento de procedimentos de trabalho para o aprimoramento contínuo dos índices de qualidade, flexibilidade e produtividade. O MRP II é essencialmente um sistema de determinação de recursos para apoiar as funções de planejamento e controle da produção, apoiando-se nos sistemas de “manufatura empurrada”. Apesar da oposição inicial de pressupostos, o JIT e o MRP II podem coexistir dentro de um mesmo sistema de manufatura, desde que seus respectivos pontos-fortes sejam preservados.

O JIT e o MRP II podem ser considerados como sistemas complementares de administração da produção. O *Just-In-Time* executa a gestão da produção de forma mais descentralizada e localizada, simplificando a utilização do MRP II, na medida em que faria a administração de uma quantidade menor de itens manufaturados, a geração de uma quantidade menor de ordens de produção e o efetivo controle de uma quantidade menor de transações de realimentação de informações, a despeito de reprogramações e variações naturais dos níveis de produção.

O MRP II é mais apropriado para níveis mais altos de controle, como o planejamento agregado da produção, a programação-mestre e o planejamento de insumos, sendo considerado complexo, detalhado e centralizado, quando se aborda o controle das atividades do piso de fábrica. É considerado um importante sistema de planejamento e controle de atividades, sendo pouco eficaz na melhoria da qualidade dos produtos e na redução dos custos e dos *leadtimes* de produção.

O *Just-In-Time* propicia a redução gradual de desperdícios e dos *leadtimes* produtivos e incrementos constantes dos níveis de qualidade, porém não possuindo sistemas eficazes de planejamento para níveis mais altos. A utilização complementar do JIT e do MRP II é salutar, pois cada um tem o potencial de preencher alguns pontos-fracos do outro. É estabelecida, desta forma, uma ótima sinergia entre os dois sistemas de administração da produção e o novo sistema híbrido de manufatura teria as vantagens de ambos.

SACOMANO (1990) aponta que o sistema estruturado *Just-In-Time* + MRP II se utiliza da fusão de ambos, remetendo o planejamento para o MRP II e a operação da fábrica para o JIT. As empresas que trabalham segundo este sistema têm como procedimento usual a emissão de ordens, feitas posteriormente à determinação das necessidades líquidas pelo MRP, às células de manufatura e linhas de montagem. O programa de produção e montagem final são “puxados” pelo *Kanban*, de forma distinta das ordens propostas pelo MRP II.

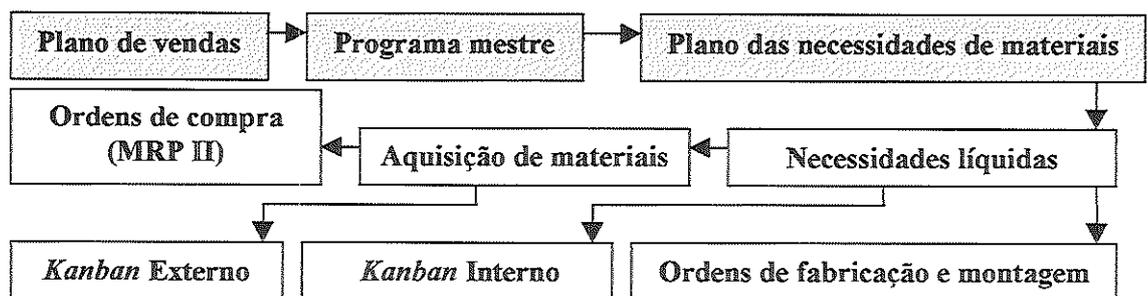


FIGURA 64 - O esquema de integração do *Just-In-Time* e do MRP II.

A integração *Just-In-Time* + MRP II é baseada no direcionamento da produção ao consumo real. A manufatura em dado estágio produtivo é autorizada somente com a comprovação do consumo em um outro estágio produtivo subsequente. Neste sistema híbrido de produção, as listas de ordens de fabricação e compra geradas pelo MRP II podem ser substituídas pelo *Kanban*, que deve executar o controle da manufatura dentro da maioria das áreas fabris.

O MRP II é um sistema de planejamento e controle paralelo à produção, com a vantagem de possibilitar que a informação flua diretamente dos pontos de consumo (processos de manufatura) aos pontos de suprimento de matérias-primas. Em contrapartida, o JIT é um sistema de informações intrínseco à produção, executando manualmente a

transferência de materiais e informações entre os postos de trabalho, segundo a lógica do *Kanban*.

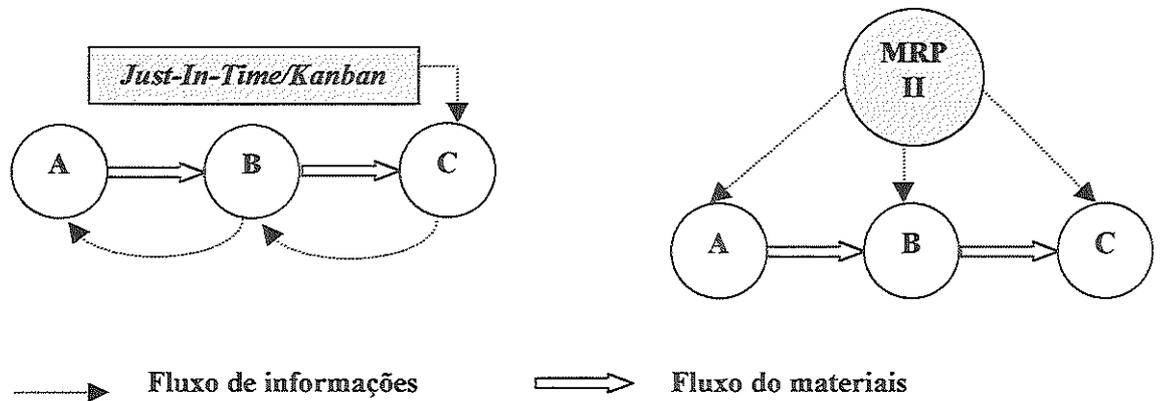


FIGURA 65 - Os fluxos de informações e materiais no *Just-In-Time* e no MRP II.

As possibilidades da utilização conjunta do *Just-In-Time* e do MRP II, é feita somente com base em seus pontos-fortes. O MRP II executa o planejamento eficiente da produção quando há a necessidade da antecipação das demandas futuras dos produtos acabados, utilizando as listas de materiais para o cálculo da quantidade dos itens que precisam ser solicitados dos estágios anteriores do fluxo produtivo e, para estes, os itens ou materiais devem ser solicitados de fornecedores, fechando o ciclo da cadeia de suprimentos.

Além disto, o MRP II funciona muito bem em ambientes complexos, trabalhando com as necessidades detalhadas dos componentes produzidos esporadicamente ou em grandes quantidades. Em contrapartida, o *Just-In-Time* trabalha melhor em ambientes de baixa complexidade, onde as estruturas do produto são relativamente simples e a demanda possui comportamento estável em um período de tempo. Os fluxos de materiais no JIT precisam estar claramente definidos para que os seus pressupostos de aprimoramento contínuo da qualidade dos produtos e dos processos tenham aderência ao nível da fábrica, promovendo o controle simplificado dos processos e a disciplina em atividades do dia-a-dia.

O objetivo fundamental dos sistemas híbridos *Just-In-Time* + MRP II é a administração das necessidades de materiais de demanda repetitiva, com base no “controle puxado” da manufatura através do *Kanban*. O JIT pressupõe a fabricação de itens a partir de materiais e componentes relativamente padronizados até um ponto mais elevado da estrutura do produto. Neste ponto, o programação mestre é executado de maneira a utilizar a

sistemática das listas de materiais e ordens geradas pelo MRP II. Assim, o arquivo que contém as listas de materiais também pode armazenar informações adicionais acerca dos itens controlados pelo JIT, como a capacidade dos *containers* e os pontos de controle para a redução dos estoques quando da realização das metas de produção (diárias ou semanais).

SLACK et al. (1997) propõem duas formas de se fazer a integração *Just-In-Time* e MRP II. A primeira consiste na utilização da “programação puxada”, materializada no piso da fábrica pelo *Kanban*, para os itens de alto fluxo e de grande repetitividade. Desta forma, o MRP II pode ser utilizado para os itens de demanda esporádica (itens eventuais), para os quais devem ser emitidas as ordens de fabricação tradicionais, de modo que o trabalho seja monitorado em cada estágio do processo de manufatura. A vantagem associada é o aumento da velocidade de fluxo e a redução dos estoques em processo.

A oportunidade da utilização da “programação puxada” para itens comuns, controlados pelo conceito de taxa de necessidade semanal sem a necessidade dos complexos registros, facilita o projeto dos produtos de forma a aumentar o número de itens comuns e a simplificação do MRP II.

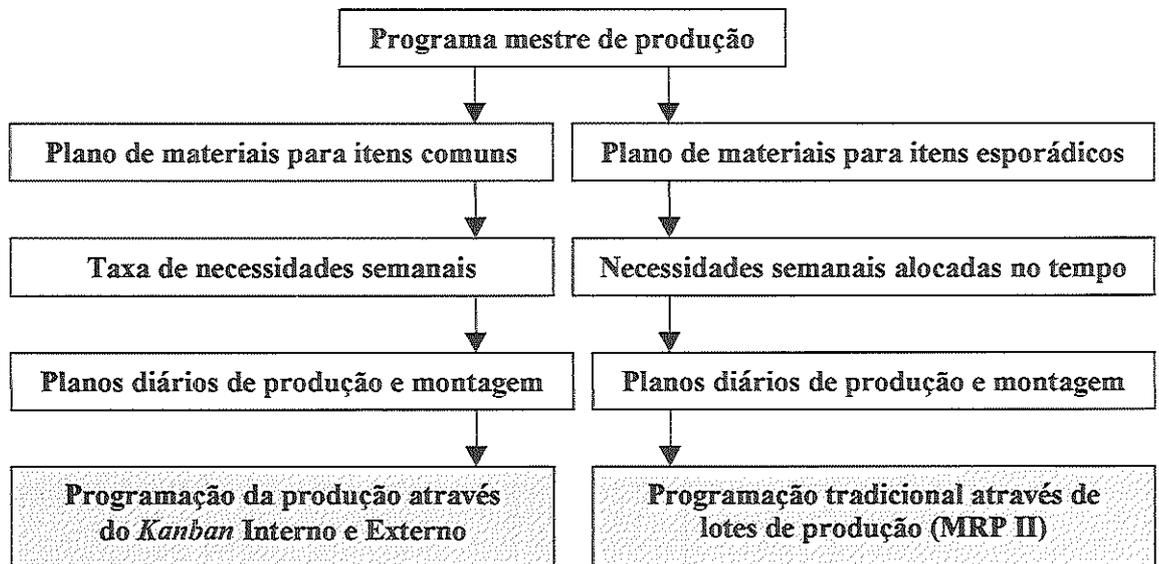


FIGURA 66 - A utilização do *Kanban* para a programação de itens de alto volume e do MRP II para a programação de itens de baixo volume.

A segunda forma de integração é baseada na idéia de que o planejamento dos materiais comprados visa basicamente garantir que as quantidades suficientes de itens

estejam disponíveis no sistema de manufatura, para que possam ser “puxadas” pelo *Just-In-Time*. A lógica da “programação puxada” é usada em conjunto com o MRP II para a compra e o suprimento dos materiais de fornecedores externos.

O funcionamento é explicado a partir da “explosão” do programa mestre de produção pelo MRP, que gera os planos de programação dos fornecedores, através da determinação das demandas futuras dentro do período de planejamento. As necessidades reais de materiais adquiridos das empresas subcontratadas são sinalizadas pelo *Kanban Externo*, viabilizando o suprimento *Just-In-Time*. Ao nível da fábrica, os processos de fabricação e montagem são controlados pelo *Kanban Interno*.

Algumas vantagens da segunda forma de integração *Just-In-Time* e MRP II, proposta por SLACK et al. (1997):

- (1) A ausência de ordens fabricação e montagem entre os estágios produtivos.
- (2) O estoque em processo necessita ser monitorado somente entre as células e não mais para cada atividade exercida nos centros de trabalho dos processos de manufatura.
- (3) A lista de materiais passa a ter menos níveis em relação ao MRP II convencional.
- (4) A simplificação de informações contidas nos roteiros de fabricação.
- (5) A simplificação do planejamento e do controle dos centros de trabalho.
- (6) A redução dos *leadtimes* de produção e dos níveis de estoques em processo.

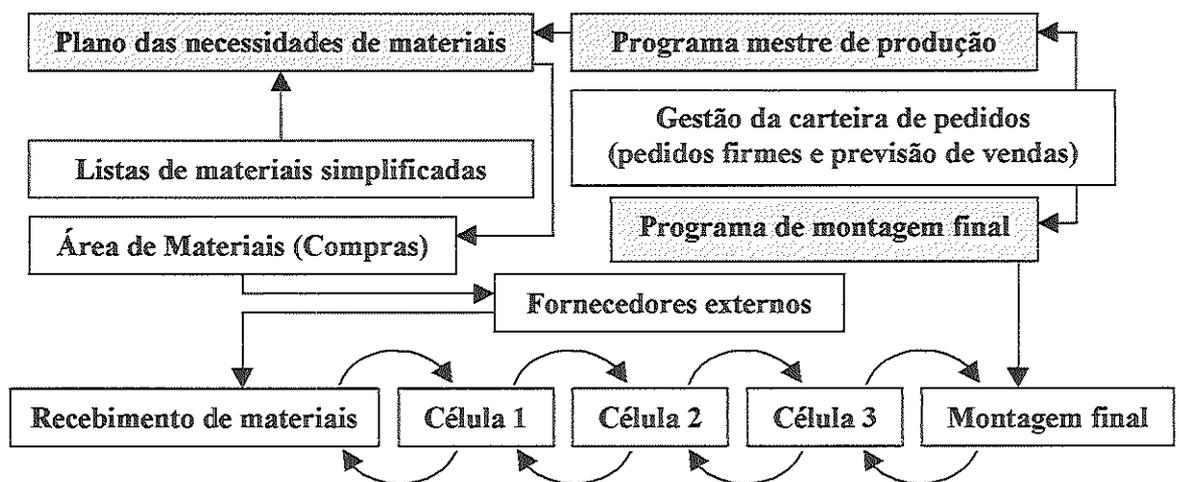


FIGURA 67 - A utilização do MRP II para o controle do programa de montagem final e compras dos materiais e do JIT para o controle dos fluxos internos.

De acordo com SACOMANO (1990), a utilização conjunta de técnicas oriundas de sistemas de manufatura distintos amplifica o conceito de “hibridismo funcional”, definido como a tentativa de se agregar sistemas de administração da produção que têm, pelo menos, duas características distintas, quando não, antagônicas.

O resultado final da aglutinação entre *Just-In-Time* e MRP II contemplaria somente as partes mutuamente benéficas e intercambiáveis de cada um dos sistemas de administração da produção, como por exemplo, o conceito de Qualidade Total proposta pelo *Just-In-Time* e o eficiente planejamento da produção do MRP II. O novo sistema de administração da manufatura abordaria aspectos de planejamento e controle em tempo real das atividades no piso de fábrica e forte embasamento da qualidade no sistema fabril.

Em relação ao “hibridismo” *Just-In-Time* e MRP II, tem-se que:

- (1) O MRP II, de forte suporte computacional, é baseado no conceito de “empurrar a produção”, onde a emissão de ordens é nitidamente destinada ao início das linhas de produção e montagem. Por outro lado, o JIT é fundamentado no conceito de “puxar a produção”, onde a emissão de ordens é feita ao final das linhas e células de manufatura.
- (2) Quando considerados de modo global, os sistemas em questão possuem velocidades diferentes. O MRP II está embasado em forte apoio computacional para o processamento de dados e para as reprogramações em tempo real, enquanto que o *Just-In-Time/Kanban* é praticamente um sistema visual e manual de controle e planejamento das operações.

Com relação à adequação do programa mestre da produção e da manufatura controlada pelo *JIT/Kanban*, RITZMAN; KRAJEWSKI & MOURA (1996) propõem que o subsistema MPS deve ser adaptado aos conceitos de nivelamento e seqüenciamento do *mix* de produção. Com a definição do programa mestre, o MRP II pode calcular as necessidades dos itens com base na distribuição uniforme das quantidades a serem produzidas em um pequeno intervalo de tempo, geralmente períodos de base semanal ou diária.

Na manufatura *Just-In-Time*, o MRP II tem como funções primordiais a “explosão” do programa mestre de produção nivelado e a determinação do momento das necessidades dos itens produzidos nas células de manufatura. O CRP considera as células de manufatura como um centro de trabalho convencional para a sistemática de planejamento da capacidade produtiva. O procedimento de *backflushing* do MRP II é imprescindível ao sistema híbrido, para que seja feita a invalidação da função de liberação de pedidos para os itens controlados

pelo *Just-In-Time*. O programa diário de produção necessita apenas ser informado às células de montagem e aos últimos estágios das linhas de produção, que devem executar os pressupostos da “manufatura puxada” no piso de fábrica.

Os mecanismos de *backflushing* e itens-fantasmas são muito úteis para a utilização complementar do *Just-In-Time* e MRP II. A lógica do *backflushing* para o planejamento e controle da produção no *Just-In-Time* está baseada do fato que o JIT opera, em grande parte, segundo taxas de produção, mais do que com ordens de fabricação, exigindo que o material necessário em uma operação subsequente seja “puxado” de uma operação precedente. Por sua vez, o MRP II, se usado conforme sua concepção mais pura, trabalha somente com ordens de fabricação. A lógica do MRP II é a seguinte: as ordens de fabricação são abertas, o material é liberado para os processos, o lote de produção é completado e, então, as ordens são fechadas.

O *backflushing* viabiliza a “manufatura puxada”, possibilitando que os registros de estoques se mantenham corretos e atualizados na medida em que os produtos finais são retirados da linha, sem gerar a necessidade da formalização (informação ao sistema) de cada passo do processo produtivo. Para que o sistema MRP II não demande o fechamento das ordens de produção dos itens intermediários, cuja manufatura é controlada pelo *Just-In-Time*, o usuário deve marcar estes itens como itens-fantasmas, determinando assim, a não geração das suas ordens de fabricação.

O MRP II fará a abertura de ordens periódicas para os itens finais ou itens-pais de submontagens controladas apenas com o JIT/*Kanban*. Portanto, as ordens periódicas de itens finais representam o programa mestre do *Just-In-Time*. Os itens intermediários entre estes itens finais e os materiais comprados, também serão controlados pelo JIT, sendo também marcados como itens-fantasmas, para a devida utilização do MRP II.

À medida que os itens finais vão sendo finalizados, o MRP II, de posse destas informações, vai automaticamente “completando” a ordem de fabricação aberta dos produtos finais e das submontagens controladas pelo JIT, até o momento em que as mesmas são fechadas. Simultaneamente, através do *backflushing*, o MRP II executa a “baixa” nos estoques de matérias-primas das quantidades-padrão para completar os itens finais, sem a necessidade de fazê-la a cada retirada dos estoques de matérias-primas e componentes.

As mudanças de parâmetros do MRP II, para o funcionamento adequado nos ambientes *Just-In-Time*, englobam revisões dos tamanhos dos lotes de produção e compra, dos estoques de segurança e dos *leadtimes*. Por exemplo, a quantidade planejada da ordem de fluxo controlada pelo *Kanban* deve ser calculada a partir dos múltiplos das quantidades estipuladas para os *containers* padronizados definidas para cada item manufaturado.

No sistema híbrido *Just-In-Time* + MRP II, as células de manufatura podem ser tratadas como um centro de trabalho único para fins de determinação da capacidade requerida e carregamento. Assim, a célula é carregada até a capacidade delimitada pelo processo ou equipamento restritivo (recurso gargalo) e pela disponibilidade de mão-de-obra, de modo que a base de dados do CRP seja alterada, para refletir as mudanças no arranjo físico que, por sua vez, se traduzem na otimização dos tempos de fila, de preparação e de processamento de cada item.

Com relação aos roteiros de fabricação, o MRP II requer definições precisas das operações, da mão-de-obra utilizada e dos tempos de preparação associados. Em sentido oposto, o *Just-In-Time* pressupõe a utilização da tecnologia de grupo, priorizando o trabalho em células de manufatura. Para a eficiente integração é necessária a eliminação dos roteiros de fabricação, pois é desnecessária a manutenção de especificações de operações individuais em células de manufatura apoiadas na tecnologia de grupo.

Entretanto, em muitos casos é necessário um sistema de roteamento de operações para permitir a descrição mais detalhada dos processos produtivos. Neste caso, o principal requisito, dentro da manufatura *Just-In-Time*, é que este sistema tenha roteiros de fabricação fixos que possam ser associados a qualquer item, ou família de itens, que utilizem os mesmos recursos, apoiando as atividades executadas nas células de manufatura. No modelo de produção sob encomenda, o processamento de um pedido específico requer que o roteiro de fabricação associado seja elaborado segundo as opções e particularidades requeridas.

O sistema de roteamento das operações em um ambiente híbrido *Just-In-Time* e MRP II precisa ter a capacidade de controlar operações paralelas e sobrepostas. As operações paralelas significam, por exemplo, que um roteiro de fabricação pode consistir de múltiplas operações de manufatura ocorrendo simultaneamente em diferentes setores. A sobreposição de operações significa que uma segunda operação poderá ser iniciada antes que a primeira esteja finalizada.

Na manufatura combinada JIT + MRP II, o controle da produção ao nível da fábrica deve, preferencialmente, ser executado pelo *Kanban*, que deve apoiar a produção baseada na tecnologia de grupo e na programação segundo taxas de fabricação alocadas no tempo. Assim, as tradicionais ordens de fabricação emitidas pelo MRP II são eliminadas. Os dados, como horas de mão-de-obra e quantidade consumida de material, são contabilizados como custo de processo e computado em rotinas de fluxo inverso do MRP II, como o *backflushing*.

Com respeito à sistemática de compras de materiais, o sistema híbrido tem como ênfase a programação do fornecedor, com a quantidade e o momento dos suprimentos baseados nos resultados da “explosão” do programa mestre da produção feita pelo MRP. Os abastecimentos dos materiais podem ser diretamente acionados através do *Kanban Externo*, com possível aplicação do conceito de intercâmbio eletrônico de dados (EDI). Para isto, os programas de entregas dos fornecedores devem possuir elevada confiabilidade e os materiais fornecidos, preferencialmente, devem ter o *status* de qualidade assegurada.

A contabilidade de custos em um ambiente integrado tende a simplificar os controles de custos e inventários, o apontamento da mão-de-obra e a distribuição de despesas gerais que incidem sobre a manufatura. À medida que se inicia a fabricação através das células de manufatura, deve haver a alteração das ordens de fabricação para os índices de fluxos de trabalho, ou seja, as taxas de produção alocadas no tempo. Conseqüentemente, haverá certa tendência para a definição do custo dos processos, onde as células e as linhas de montagem passam a representar centros de custos onde são acumulados os custos diretos e indiretos.

Neste raciocínio, os custos dos processos são distribuídos para os produtos em função da quantidade de horas de mão-de-obra alocada, do *mix* manufaturado e do tempo de manufatura de cada produto. A base para a distribuição das despesas gerais de manufatura é a quantidade total de horas de mão-de-obra necessária ao funcionamento das células.

A determinação do custo-padrão dos processos é baseada na rápida transformação das matérias-primas em produtos acabados. Por exemplo, o custo de produção de um produto é determinado a partir da somatória dos custos de mão-de-obra direta, de material, de mão-de-obra indireta e de despesas gerais, que seria dividida pela quantidade manufaturada. O custo do processo é calculado segundo a idéia de custo global de fabricação de uma célula ou

área produtiva qualquer, que leva em consideração o custo agregado de todas operações referentes a um processo produtivo específico.

O detalhamento aprofundado dos custos é inviável do ponto de vista da disponibilização dos recursos necessários para tal análise. Basicamente, o *Just-In-Time* propicia a eliminação das complexidades da sistemática tradicional de custeio do MRP II, simplificando a determinação dos custos-padrões através, da delimitação de listas de itens e de roteiros de fabricação nas células de manufatura e linhas de montagem.

A integração do *Just-In-Time/Kanban* e MRP II é feita a partir do pressuposto de que o MRP II é mais eficiente e preciso do que o *Just-In-Time* na determinação das necessidades de material e capacidade produtiva. Assim, os processos de “manufatura puxada” necessitam de sistemas de grande desempenho que possam executar o planejamento mais amplo dos recursos produtivos necessários, mesmo em um ambiente fabril estável e altamente repetitivo com baixos níveis de estoques de materiais e de produtos acabados.

Em ambientes de demanda estável, o *Kanban* é utilizado somente como técnica de controle de estoques e da produção ao nível da fábrica, regulando o ritmo da produção *Just-In-Time*, substituindo algumas funções de controle da manufatura do MRP II e eliminando, praticamente, o módulo de Controle da Fábrica (SFC).

A utilização do *Kanban* é explicada pelo fato de que nos ambientes *Just-In-Time* existe grande flexibilidade na utilização dos recursos (os níveis de estoque em processo e os *leadtimes* de produção são bastante otimizados), não favorecendo o uso do MRP II no piso de fábrica, sobretudo devido ao controle bastante centralizado que este impõe às atividades rotineiras de manufatura. Assim, a diferença de complexidade observada no controle da produção e estoques observada entre o JIT e o MRP II força a aglutinação de ambos para que enfoques diferentes sejam dados ao planejamento e ao controle da produção.

O MRP II é muito útil nas atividades de macroplanejamento, projetando o programa mestre de produção dentro de um certo intervalo de tempo (horizonte de planejamento) e as necessidades de capacidade produtiva em termos de material, mão-de-obra e equipamentos. Por outro lado, cabe ao *Kanban*, a execução em tempo real e o controle do plano de produção ao nível da fábrica, proporcionando os sinais de reabastecimento dirigidos ao consumo (demanda observada) e não à demanda antecipada.

Os sinais repassados à produção pelo *Kanban* devem ser interpretados como resultado do consumo real e atual. Por exemplo, caso o consumo de dado material exceda um índice diário projetado, o respectivo centro de trabalho deve enviar um sinal antecipado sem a necessidade de sistemas informatizados. Desta maneira, caso o aumento da demanda represente um desvio inferior a 10%, o consumo excedente pode ser rapidamente absorvido pelo sistema de manufatura como um todo, implicando no realinhamento de todos os centros de trabalho precedentes em relação ao novo nível de consumo do material em questão.

HAMMONS (1997) propõe um modelo de funcionamento do *Kanban* Interno e do *Kanban* Externo utilizando o EDI, dentro de um sistema de manufatura com planejamento MRP II. O *input* para o planejamento mensal é o programa mestre de produção, confeccionado a partir das informações de distribuidores de atacado e da previsão de vendas. A partir do programa mestre é construído um plano de produção mensal, que contempla as listas de materiais, as especificações e os detalhes dos produtos acabados.



FIGURA 68 - O uso do MRP II e do *Kanban* Interno e Externo. Fonte: HAMMONS (1997).

Em seguida, é executado o cálculo da capacidade necessária ao cumprimento do plano de produção mensal através do subsistema de CRP. A programação dos itens necessários à montagem final é feita com base no programa mestre, na “explosão” das necessidades e nas listas de materiais. O programa mestre é utilizado pelo fabricante para o planejamento da produção em todo o horizonte de planejamento.

O programa de montagem final (FAS), confeccionado a partir do programa mestre, é utilizado pelos fornecedores para o planejamento do suprimento dos materiais. O plano de produção mensal é desmembrado em planos de produção diários, que contêm a seqüência e o *mix* de produtos a serem fabricados, segundo a produção nivelada.

Completada a fase de planejamento da produção, as próximas etapas são a execução e o controle da programação diária através da lógica da “produção puxada”. O fluxo de informações criam reações que controlam harmoniosamente a produção ou o suprimento dos materiais necessários, nas quantidades necessárias e no tempo necessário em todos os processos da fábrica. Este sistema está baseado nos seguintes requisitos:

- (1) As regras da “produção puxada” (*pull rules*) que estão baseadas no *Kanban*.
- (2) Os modelos de “produção puxada” (*pull signal designs*)
- (3) O programa diário de produção (*daily production schedule*).

Os modelos de “produção puxada” são utilizados para a orientação dos processos produtivos no fabricante e para o suprimento de materiais pelo fornecedor. São divididos em dois tipos básicos:

- (1) Os sinais internos (*internal pull signals*), baseados em métodos visuais que controlam a produção no piso da fábrica, incluindo os cartões que acompanham itens e que devem indicar as necessidades ao processo subsequente.
- (2) Os sinais externos (*external pull signals*), que têm como objetivo manter o controle e a acurácia de dados de consumidores finais enviados ao fabricante pelos distribuidores de atacado. Estes dados são usados na elaboração do plano de produção para a montagem final e do plano de suprimento de materiais para os fornecedores. Através de sistemas integrados de informações, os distribuidores transmitem os dados relativos às vendas para o departamento de planejamento da produção da fábrica. O próximo passo é a compilação e posterior transmissão destas informações aos fornecedores para que estes executem o suprimento dos materiais necessários.

Os dados relativos às vendas, obtidos a partir dos níveis de demanda dos produtos finais (resultado direto das vendas dos distribuidores de atacado), são convertidos em um plano diário de produção, devidamente seqüenciado. Os distribuidores são importantes na determinação dos *leadtimes* de transporte e entrega dos produtos. Os quatro passos que antecedem uma alteração no plano diário de montagem final dos produtos, são:

- (1) Cada distribuidor deve enviar as necessidades de produtos (resultado das vendas) via EDI com sete a quinze dias de antecedência, incluindo as especificações para cada modelo. Com a chegada destes dados, é feita uma rápida checagem da capacidade de produção. A quantidade a ser produzida é definida, aproximadamente, sete dias antes da data-limite para a montagem final dos produtos.
- (2) Os distribuidores somente poderão alterar o passo 1, em conjunto com o departamento de vendas, até quatro dias anteriores à data-limite da montagem final dos produtos. Após esta data, nenhuma mudança poderá ser feita nos planos diários de produção. Na Toyota tolera-se uma variação em torno de 10% a 23% (em casos extremos) nas quantidades a serem produzidas, definidas pelo plano diário de produção. Se for necessário, certa quantidade de estoque pode ser utilizada para compensar esta variação.
- (3) Este passo diz respeito à adequação do nível de produção diária e das listas de materiais, em relação aos diferenciais de cada modelo de produto. Esta combinação de dados é então remetida às linhas de produção específicas com três dias de antecedência da data-limite da montagem final dos produtos.
- (4) A elaboração de uma nova programação para a linha de produção específica, determinando-se o novo *mix* de produção. Aproximadamente dois dias antes da data-limite da montagem final dos produtos, a nova programação é enviada ao departamento de montagem, sendo que este representa o sinal interno para a montagem dar início os procedimentos de “produção puxada” dos diferentes modelos de produtos finais.

MOURA (1996) comenta como principais vantagens associadas ao modelo integrado *Just-In-Time* + MRP II:

- (1) A ausência de emissão de ordens entre os estágios produtivos.
- (2) A necessidade do monitoramento do estoque em processo entre as células ao invés do monitoramento mais detalhado ao nível de seções ou equipamentos.
- (3) A necessidade de mínima utilização de mão-de-obra indireta (supervisão) associada ao controle da produção e ao processamento de informações.

- (4) A ausência de listas de materiais de vários níveis como forma de apoio às ordens de fabricação e montagem. Desta maneira, há a redução do *staff* para as atividades de compra dos materiais e da necessidade de manutenção de uma grande base de dados.
- (5) A eliminação dos altos níveis de estoques intermediários para proteção dos estágios produtivos. Há apenas estoques estratégicos antes da primeira célula de manufatura e depois da célula de montagem final (estoque de produtos acabados).
- (6) A simplificação do fluxo dos materiais em processo, provocando a diminuição de *leadtimes* de produção e de estoques de materiais.
- (7) A facilitação do planejamento da capacidade produtiva em cada célula de manufatura.
- (8) A utilização de *containers* padronizados para o processamento de pequenas quantidades fixas de cada item, controlando e mantendo a seqüência de manufatura dos produtos, a quantidade física, os níveis de estoque em processo e o tamanho dos lotes de produção.

O *Kanban* Eletrônico representa a tradicional evolução do *Kanban* tradicional dentro do sistema híbrido. É extremamente desejável o apoio computacional ao *Kanban* tradicional para a obtenção de coordenação e visibilidade totais do controle ao nível da fábrica. Desta forma, o tempo e os níveis de estoques disponíveis e necessários podem ser exibidos em terminais e as etiquetas de produção e requisição (*kanbans*) podem ser impressas e distribuídas em tempo real nos processos de manufatura.

Os objetivos do *Kanban* Eletrônico são:

- (1) Ajustar o momento das necessidades recomendadas pelo MRP II e controlar as necessidades das células e das linhas de produção em tempo real.
- (2) Produzir e movimentar os itens somente quando houver comprovação de necessidade com base na manufatura em pequenos lotes e nas quantidades reais.
- (3) Fornecer relatórios detalhados de controle do tipo entrada-saída, como suplemento de controle e planejamento para o MRP II.

O *Kanban* Eletrônico utiliza automaticamente as informações contidas no programa mestre e os planos de capacidade dos centros de trabalho ou das células de manufatura (ambos gerados pelo MRP II) para exercer o controle do ritmo da produção e dos níveis de estoques em processo e para a verificação da disponibilidade dos itens em tempo real. O plano detalhado diário de produção e as listas resumidas de materiais são úteis no auxílio ao sistema eletrônico de “manufatura puxada”. As informações contidas nestes

planos podem ser armazenadas em um microcomputador que possua as funções de controle e processamento local e de interação com o *mainframe* e com a rede de informações.

O microcomputador/terminal colocado nas células de manufatura possibilita a alimentação direta dos dados de produção, aumentando significativamente a velocidade e a precisão do processamento de informações. O conjunto de microcomputadores/terminais, colocados nas diversas células de produção e montagem, permite a integração e o compartilhamento das informações, contidas na base de dados do *mainframe*.

As informações dos diversos centros de trabalho são recebidas regularmente na estrutura principal para que sejam analisadas, de modo que o replanejamento e as simulações sejam feitas de forma parcial (mudança *net change*), sem a necessidade de “rodar” o MRP por completo. No entanto, as informações relacionadas aos términos de ordens de fabricação (finalização de *kanbans*) e aos níveis de estoques podem adiar qualquer alteração nos planos iniciais de produção e, assim, o MRP não realizará qualquer reprogramação.

Os centros de trabalho (células de manufatura e linhas de produção e montagem) têm autonomia para definir internamente as necessidades de manufatura, inclusive mudando temporariamente os *leadtimes* e os níveis ou taxas de produção, de modo a especificar listas de materiais e roteiros alternativos para os produtos. As configurações iniciais e as alterações são registradas, localmente, para o ajuste dos níveis de estoques dos materiais.

Os princípios do *Just-In-Time/Kanban* são incorporados ao sistema computacional, controlando o fluxo dos materiais e os estoques em processo. O *Kanban* Eletrônico funciona em sentido retroativo de programação, autorizando a transferência de materiais do ponto de saída dos materiais do centro de trabalho precedente para o ponto de entrada do centro de trabalho subsequente, à medida em que é observada a demanda no segundo centro de trabalho. Os itens finalizados nos vários centros de trabalho devem, obrigatoriamente, preencher as necessidades do programa mestre de produção.

O progresso dos processos de manufatura e a transferência dos materiais são relatados continuamente ao sistema computacional, sendo que os relatórios de entrada-saída são gerados para cada centro de trabalho. Os planos de entrada-saída gerados pelo MRP II são programas baseados no conceito de “manufatura empurrada”. As informações de entrada-saída reais são dados relativos ao “controle puxado” ditado pelo *Kanban* Eletrônico.

Por consequência, o desempenho registrado, as variações naturais em relação aos planos e o desempenho das operações-restritivas são relatados e analisados pela estrutura principal de processamento de informações. Os desvios em relação ao planejado devem ser resolvidos por interferência humana adequada e efetiva, contribuindo para que o *Kanban* Eletrônico assuma a função de controle local do fluxo de materiais e dos níveis de produção.

4.3 - O MRP Sincronizado: a combinação entre o MRP II e o *Kanban*

Como exemplo de integração *Just-In-Time* e MRP II, foi feita uma explanação a partir do modelo descrito por MOURA (1996). O MRP Sincronizado (MRP II + *Kanban*) foi desenvolvido pela Yamaha Motor Company, sendo denominado de *Pan Yamaha Manufacturing Control* (PYMAC). A sua estruturação aborda quatro pontos básicos:

- (1) A diferenciação entre os departamentos de manufatura (departamentos de produção sob encomenda e departamentos de manufatura repetitiva). Os departamentos de produção sob encomenda operam através de um sistema de emissão de ordens de serviços, enquanto que os repetitivos, operam com base em um plano de produção diário.
- (2) As freqüentes alterações de projeto dos produtos (mudanças de engenharia).
- (3) A manufatura em grande escala, baseada no modelo da produção em massa.
- (4) A existência de linhas muito diversificadas de produção, onde o *mix* de produtos acabados possui muitas opções e modelos.

Os objetivos que nortearam o desenvolvimento do MRP Sincronizado foram:

- (1) A gestão eficiente de diferentes departamentos em relação ao planejamento e ao controle da produção em cada centro de trabalho.
- (2) A administração dos departamentos de fabricação a partir de um plano detalhado de produção, correspondente a um resumo do plano diário de montagem final. Este procedimento evita desvios entre o plano de montagem final e o plano de materiais.
- (3) A gestão do piso de fábrica através de um sistema que permita pequenos ajustes nos planos e nos fluxos de produção sem reprogramação computadorizada. O planejamento via MRP II deve ser estabilizado a partir das pequenas flutuações na demanda final.
- (4) A manutenção mínima de “papéis” no piso de fábrica, segundo os princípios do *Kanban*.
- (5) A redução dos *leadtimes* de produção e dos estoques em processo, ocasionando a otimização dos *leadtimes* de planejamento e execução.

- (6) O desenvolvimento do comprometimento e da cooperação entre os funcionários para a realização de melhoramentos nos níveis de produtividade, qualidade e flexibilidade do sistema de manufatura.

O MRP Sincronizado depende de alguns fatores e exigências, que também são comuns ao *Just-In-Time/Kanban*:

- (1) Os tempos de preparação devem ser reduzidos ao máximo, permitindo pequenos tamanhos dos lotes de produção, *leadtimes* curtos e baixos níveis de inventários.
- (2) Os planos de produção devem ser nivelados durante curtos espaços de tempo, em média uma quinzena (dez dias úteis de produção).
- (3) As pequenas variações dos planos de produção são dependentes da alta confiabilidade das operações e da estabilização dos níveis de qualidade.
- (4) A utilização rigorosa de *containers* padronizados para todos os itens manufaturados.

O controle da produção e materiais do MRP Sincronizado é baseado em um plano detalhado de montagem final, elaborado para os pedidos firmes em períodos de dez dias úteis. Em cada período de dez dias, o plano de montagem final é devidamente nivelado a partir da demanda dos produtos acabados. O plano diário da montagem final, para o período de dez dias, é praticamente idêntico em relação às quantidades e ao *mix* de produção. As mesmas quantidades dos itens finais são montadas diariamente dentro do período de dez dias.

O plano de montagem final, para o período de dez dias, provoca a geração de cartões sincronizados (análogos aos *kanbans*) para os itens cuja manufatura deva ser controlada nos departamentos de manufatura repetitiva, inclusive as operações de montagem final. Os cartões sincronizados de requisição são emitidos para os centros de trabalho ou pontos específicos da linha de montagem, como autorização para a movimentação dos itens que serão utilizados. Já, os cartões sincronizados de produção são emitidos para o centro de trabalho, que produz os itens consumidos por um determinado centro de trabalho adjacente.

O sistema informatizado é responsável pela emissão de planos diários de produção dos itens manufaturados, em cada centro de trabalho repetitivo. Para os centros de trabalho dos departamentos de produção sob encomenda, são emitidas listas diárias de ordens de fabricação, com prazos de entrega e prioridades atualizadas. Para ambos os tipos de centros

de trabalho, os tamanhos dos lote para cada item são múltiplos da quantidade estabelecida para os *containers* padronizados.

Os planos diários transmitidos aos centros de trabalho repetitivos, também podem especificar o horário em que as quantidades de um dado item devem estar disponíveis. Devido ao nivelamento do programa mestre, o plano de produção dos itens em cada centro de trabalho repetitivo é quase idêntico para cada dia do período de dez dias.

Os cartões sincronizados são emitidos através de um sistema de processamento de dados. O nível de estoque de um item corresponde ao número total emitido de cartões sincronizados de requisição e produção. Os procedimentos para a utilização dos cartões são análogos aos adotados pelo *Kanban*. Os centros de trabalho também devem consultar o plano de produção, forçando a sincronização através da utilização real dos materiais e dos planos confeccionados pelo MRP II. Os centros de trabalho sob encomenda somente operam com base nas listas de prioridades e nas ordens de fabricação e montagem convencionais.

Em cada centro de trabalho, a manufatura de um *container* padronizado de itens, destinado à reposição, exige três sinais de autorização:

- (1) A indicação de um plano de produção ou de uma ordem de fabricação do MRP II.
- (2) A chegada dos itens necessários aos centros de trabalho subseqüentes vindos dos centros de trabalho precedentes.
- (3) A presença de um cartão de requisição em um centro de trabalho subseqüente.

Os níveis de estoques dos itens em produção são controlados pelos sistemas computadorizados de piso de fábrica. Os cartões de produção são gerados e lidos pelos terminais de computador, antes de serem anexados a cada *container* de itens, não sendo necessária a digitação de dados para qualquer transação normal. Os itens refugados devem ser tratados de forma independente, como uma redução no nível de estoque disponível.

Os procedimentos relacionados aos cartões sincronizados visam o tratamento de uma célula de manufatura como um único centro de trabalho. O fluxo de materiais através dos centros de trabalho não necessita de registros adicionais.

Os departamentos de produção sob encomenda são operados pelo MRP II, que executa a emissão de ordens aos centros de trabalho. As ordens são registradas nos roteiros

de fabricação dos itens pelos centros de trabalho subseqüentes. Cada centro de trabalho recebe relatórios diários, mostrando as ordens de fabricação com prioridades atualizadas. O registro do item manufaturado é feito pela leitura dos cartões sincronizados. Os *containers* e os cartões permitem que os centros de trabalho repetitivo retirem itens dos pontos de saída de estoque dos centros de trabalho sob encomenda, de forma que haja a sincronização de todo o sistema de manufatura.

Os centros de trabalho que recebem diariamente materiais de fornecedores externos operam segundo a lógica do *Kanban* Externo tradicional. As entregas reais e os níveis de estoques dos materiais precisam ser comparados com as quantidades de itens demandados pelos planos de produção e montagem (pedidos “abertos”) liberados através do MRP II.

O MRP Sincronizado segue basicamente o mesmo plano de produção todos os dias, durante o período de dez dias úteis. Posteriormente, um plano diário diferente deve ser seguido todos os dias, durante mais dez dias e assim por diante. A cada dez dias, ocorre o término de um plano e o início de um plano mais novo. As mudanças entre os planos de dez dias podem ser muito significativas. Um item pode continuar em produção por muitos dias através de repetidas mudanças do plano de produção e, mesmo assim, as quantidades diárias deste item, constantes no plano de produção, podem mudar significativamente.

As alterações no plano diário de produção provocam mudanças no número de cartões sincronizados. Para cada item, o sistema gera cartões de requisição e os envia para cada centro de trabalho “consumidor” deste item. Conseqüentemente, o sistema também gera cartões de produção e os envia para o centro de trabalho “fornecedor” deste item. No ponto de estoque de saída de cada centro de trabalho, os antigos cartões de produção, relativos ao plano de produção anterior de dez dias, são removidos de cada um dos *containers* completados. Então, novos cartões de produção são neles colocados.

Caso o número de cartões de produção for maior que o número de *containers* completados, os cartões de produção restantes são colocados no quadro de *kanbans* do centro de trabalho, como autorização para a produção adicional de itens. Em contrapartida, pode haver mais *containers* completados do que cartões de produção, devido ao fato da nova taxa de processamento do item ser consideravelmente menor do que a anterior. Neste caso, os *containers* que não tiverem um cartão de produção anexado, são colocados em um local onde possam ser utilizados pelos centros de trabalho subseqüentes.

A autorização para a produção de um *container*, para a reposição dos itens, somente é feita depois que o primeiro cartão de produção é retirado de um *container* de itens. No ponto de entrada de materiais de cada centro de trabalho, os antigos cartões de requisição são retirados dos *containers* e os novos cartões sincronizados de requisição são, então, colocados.

Se existirem *containers* sem cartões de requisição anexados, o excesso de cartões permitirá que o centro trabalho possa retirar mais *containers* de itens. A supervisão pode decidir qual o nível de estoque em processo adequado e retirar o excesso de cartões de requisição. Caso não existam cartões de requisição suficientes em um ponto de estoque de entrada, os *containers* sem cartões devem ser utilizados em primeiro lugar.

As alterações de engenharia são planejadas através do MRP II e executadas através dos planos de produção e do controle pelos cartões sincronizados. Basicamente, as alterações de projeto são mudanças nos códigos dos itens mostrados nos planos diários de produção, envolvendo todo o roteiro de fabricação dos produtos, desde a montagem final até os centros de trabalho iniciais. O planejamento da alteração de projeto de um item é iniciado pelo programa mestre de produção, repassado aos diversos centros de trabalho, inclusive a montagem final.

Caso os balanços de estoques em processo estejam corretos, o planejamento deve ajustar o período relativo à mudança de projeto, para que os itens revisados sejam processados nos respectivos centros de trabalho, apenas no momento em que são necessários nos centros de trabalho subseqüentes. Há uma grande facilitação do trabalho se as mudanças de engenharia forem planejadas para uma das trocas de planos de produção de dez dias.

O MRP II é responsável pela geração dos cartões sincronizados dos novos itens para os centros de trabalhos afetados pelas mudanças. A produção dos antigos itens será interrompida na data em que os códigos não mais constarem no plano de produção diário. Na referida data, os cartões de produção devem constar juntos aos cartões de requisição que autorizam a retirada dos itens dos centros de trabalho precedentes. Portanto, os cartões e o novo plano de produção autorizam o processamento dos novos itens.

variável com maior probabilidade de modificação dentro de um período de dez dias para outro. A demanda diária é obtida com a explosão do programa mestre exibido na figura 69.

Modelo	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Totais
A	210	240	210	210	210	240	210	240	210	210	2.190
B	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	1.530
C	60	60	60	90	60	60	60	60	60	60	660
D	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	150
Totais	453	453	453	453	453	453	453	453	453	453	4.530

FIGURA 69 - O programa mestre simplificado do MRP Sincronizado dentro de um período de dez dias úteis (resumo do plano diário de montagem final).

Como observações referentes à figura 69, destacam-se:

- (1) A quantidade necessária para o período de 10 dias: 4.530 unidades.
- (2) A determinação da carga de trabalho nivelada: $4.530 / 10 = 453$ unidades/dia.
- (3) A determinação do tempo de ciclo para a fixação da velocidade da linha: 480 minutos de montagem por dia / 453 unidades por dia = $1,06$ minutos/unidade.

Os dados sobre os tempos de espera devem considerar a regularidade da utilização dos itens nos centros de trabalho. Na figura 69, um item exclusivo do modelo D é utilizado apenas em dias alternados nas linhas de montagem. Caso os itens necessários ao modelo D fossem processados todos os dias nos respectivos centros de trabalho, haveria a necessidade de se manter, no mínimo, 0,5 dia de estoque de itens para a montagem final. Em relação aos centros de trabalho, o tempo de fila está relacionado ao tamanho do *container* padronizado e à frequência de reposição dos itens. Para fornecedores externos, a frequência de entrega deve ser utilizada na geração do plano de suprimentos e dos respectivos cartões sincronizados.

Os tempos de processamento são dependentes de certa regularidade na fabricação dos itens. Caso o item seja fabricado de modo repetitivo, o estoque em processo pode ser formado com base nas necessidades diárias e nos tempos relativos à movimentação. No entanto, se houverem problemas de preparação dos equipamentos deverá ser mantido um estoque excedente do item em questão (*buffer stock*). Em centros de trabalho sob encomenda, as preparações não podem ser planejadas com antecedência e suas operações dependem da tradicional emissão de ordens de fabricação.

Para cada item, a capacidade e o modelo do *container* padronizado devem ser mantidos no arquivo do MRP II. Os *containers* são muito importantes para a administração eficiente do grande número de transações.

Os cartões sincronizados são sempre reemitidos no início de cada período de dez dias, pois os itens podem ser produzidos em quantidades e modelos diferentes. Com a nova emissão dos cartões sincronizados, o sistema reconhece quaisquer mudanças no melhoramento da produtividade que possam ter ocorrido no período anterior. Os principais dados contidos nos cartões sincronizados são:

- (1) O código do item ou material.
- (2) Os centros de trabalho precedente e subsequente.
- (3) A identificação do ponto do estoque de saída do centro de trabalho precedente.
- (4) A identificação do ponto do estoque de entrada do centro de trabalho subsequente.
- (5) A identificação e a capacidade do *container* padronizado.
- (6) O número de cartões de requisição e produção emitidos.
- (7) O período do plano detalhado de montagem.

O desenvolvimento do MRP Sincronizado está apoiado em alguns pressupostos:

- (1) O estabelecimento de contratos com os fornecedores para as compras de materiais.
- (2) Os pequenos *leadtimes* de desenvolvimento de novos produtos.
- (3) O programa mestre destinado à elaboração dos planos de montagem final. Quando informações mais precisas dos pedidos de vendas estiverem disponíveis, os planejadores poderão modificar as quantidades dos itens finais contidas no programa mestre.
- (4) O nivelamento do programa mestre de produção para períodos de dez dias.

O novo período de dez dias do programa mestre planejado, é firmado, cerca de vinte dias úteis antes de sua efetivação. Este procedimento permite que vinte a trinta dias dos planos apresentados aos centros de trabalho e aos fornecedores sejam firmes. O MRP Sincronizado é baseado em um mês de planos praticamente congelados, que são atualizados em ciclos de planejamento de dez dias. O segundo mês é quase firme, permitindo que os fornecedores e os centros de trabalho façam o planejamento antecipado das atividades.

Os meses 3, 4 e 5 do programa mestre também são planejados em períodos de dez dias e, dentro de cada período, nivelados a cada dia. Estas informações são utilizadas para o planejamento da capacidade produtiva. A capacidade é planejada através de métodos

aproximados. O planejamento mais importante da capacidade vem dos representantes dos departamentos produtivos e dos fornecedores, que participam das reuniões regulares para decidir sobre a factibilidade dos planos propostos. O plano de montagem final é um resumo diário do programa mestre de produção.

Portanto, não deve existir nenhuma lacuna entre o plano de suprimento dos materiais e os planos diários de montagem final. O programa mestre e, conseqüentemente, o plano de montagem final, são nivelados em base diária, dentro do período de dez dias. A carga de trabalho e os planos diários de produção para cada um dos dez dias são praticamente idênticos. Os planos diários resultantes serão praticamente idênticos para todos os centros de trabalho e todos os fornecedores externos.

A primeira etapa na elaboração dos planos detalhados de montagem é a determinação da quantidade de cada item final a ser montada durante cada dia do período de dez dias. As quantidades planejadas para cada um dos dez dias são praticamente idênticas. A partir da quantidade total de itens processados diariamente, é determinado o tempo de ciclo da linha de montagem para organizar a mão-de-obra e ajustar o tempo de chegada do material na linha.

O *mix* de modelos em uma seqüência de montagem predeterminada permite que a linha de montagem final seja balanceada no início de cada dia, através de uma única preparação diária. A montagem do *mix* de modelos, em uma única seqüência, também distribui diariamente a utilização de cada item, permitindo pequenos tamanhos dos lotes e entregas JIT dos itens para todas as linhas de montagem. Este aspecto permite que os itens adquiridos de fornecedores sejam supridos, diariamente, através de múltiplas entregas.

O programa mestre de produção é iniciado, na forma aproximada, no quinto mês a partir da produção atual e se torna mais aperfeiçoado com o tempo, à medida que, dados mais exatos sobre as necessidades dos itens finais e do *mix* de modelos, ficam disponíveis.

Pouco antes do “congelamento” de cada período de dez dias do programa mestre, são feitos ajustes no *mix* de itens finais. Este procedimento é feito de acordo com os números designados para as ordens e para as instruções geradas a partir da elaboração dos cartões sincronizados e dos documentos para o controle da produção. Durante cada período de dez

dias são melhoradas as partes do programa mestre que ainda estão no estágio de planejamento.

A “explosão” do programa mestre não é executada em uma base de planos diários, segundo as quantidades de entrega. Utiliza as listas de materiais e é baseada nas ordens planejadas. Para tal, deve-se usar, apenas, as quantidades do resumo de dez dias como programa mestre para a “explosão” das necessidades em si, para períodos de dez dias úteis.

Para fins de controle, as ordens planejadas geradas pela “explosão” das necessidades, são convertidas em dois tipos diferentes. As ordens de serviço recebem um número de identificação e especificam os códigos dos itens, as quantidades a serem processadas, as datas de liberação e os prazos de entrega. As ordens de serviço são emitidas para os departamentos e para os centros de trabalho que funcionam segundo o modelo de produção sob encomenda, sendo utilizadas da mesma forma que as ordens do MRP II.

No segundo tipo, as ordens de fluxo são utilizadas em conjunto com o plano de produção e controlam as atividades e as quantidades de entrega. Estas ordens recebem um número de identificação e especificam o código do item e a quantidade a ser processada em um dado intervalo de tempo. Durante o processamento, segundo o plano de produção, os itens finalizados são creditados às ordens de fluxo.

As ordens de fluxo devem ser liquidadas no final do período do programa mestre. Assim, quando o plano é completado, os balanços de estoques dos itens são aumentados contra as ordens de fluxo até que esta seja finalmente completada. A emissão de ordens do MRP II é feita sempre no início do período compreendido pelo programa mestre. A partir da ordem planejada pelo MRP II, um número de identificação é criado para uma ordem de fluxo e o plano de produção para determinado item é, então, gerado.

Para o MRP Sincronizado, é muito importante o crédito dos itens produzidos segundo as ordens de fluxo. No momento em que os cartões de produção são lidos, as quantidades dos itens são automaticamente acrescentadas ao balanço de estoques disponíveis, designado às ordens de fluxo mais antigas, ainda abertas para aqueles códigos de item. Quando uma ordem de fluxo tiver sido completada, a produção adicional dos itens é automaticamente creditada à segunda ordem de fluxo aberta mais antiga e assim por diante, reduzindo o nível de controle no piso de fábrica.

Na implantação do MRP Sincronizado é necessária a preparação do processo de produção em termos de mudanças físicas do ambiente fabril. A preparação das instalações de manufatura e da força de trabalho é chamada de *Ukezara*, onde, os gerentes de manufatura e os operários do piso de fábrica, devem empreender projetos de melhoramento.

Em comparação com o MRP II, o MRP Sincronizado não exige que os processos de produção sejam tão uniformes e balanceados, não necessitando de uma condição de equilíbrio perfeito. Em contrapartida, o planejamento no MRP Sincronizado é mais complexo e abrangente, exigindo que o processamento de dados seja feito de maneira muito eficiente. O MRP Sincronizado configura-se em um “sistema de MRP sem período”, cuja lógica de operação é baseada na eliminação de períodos de tempo, determinando com precisão o término dos pedidos para horários específicas do dia útil de trabalho.

CAPÍTULO 5

A PESQUISA

Os aspectos relevantes do trabalho dizem respeito às modificações técnicas e organizacionais inseridas em uma empresa industrial e está fundamentado nas atividades de pesquisa-ação baseada em arcabouço teórico definido. A pesquisa está sedimentada na análise e na revisão da literatura acerca da Administração da Produção e Materiais, Sistemas de Manufatura, Logística de Suprimento e Qualidade, com o intuito de estudar detalhadamente a implantação do *Just-In-Time* e a sua posterior integração do ao MRP II.

A partir de toda a fundamentação teórica, foi montado o roteiro da pesquisa-ação, contemplando a investigação de cunho prático. O trabalho prático é concebido e conduzido através de investigações e intervenções sobre a tecnologia dos processos de manufatura e a organização do trabalho. A metodologia adotada visou a avaliação de técnicas de pesquisa e a experimentação de novos métodos com respeito à observação e análise de fatos relevantes.

A metodologia pode ser considerada como o conhecimento e a habilidade que são necessários ao pesquisador para se orientar no processo de investigação, tomar decisões oportunas, selecionar conceitos, hipóteses, técnicas e dados adequados. Dentro da questão da metodologia, os processos de levantamento de dados e investigação estão apoiados na utilização adequada de teorias, na conceitualização dos problemas, na formulação de hipóteses e na construção, verificação e validação de modelos. Assim, o processo de investigação é decomposto em seis grandes fases:

- (1) A delimitação teórico-conceitual, ou seja, a definição do problema em termos teóricos com seleção dos elementos explicativos disponíveis.
- (2) A delimitação do objeto observado correspondente ao problema geral, ligado à fixação de limites da realidade observada e à definição de dados relevantes a serem alcançados.
- (3) A formulação de hipóteses relacionando as duas fases anteriores.
- (4) A escolha de métodos e técnicas para a obtenção de dados e a verificação das hipóteses.
- (5) A observação, a experimentação, a obtenção de dados e o processamento.

- (6) A verificação de hipóteses, a formulação de resultados e, eventualmente, a substituição, a alteração ou o aprofundamento das explicações iniciais.

No caso da investigação associada à projeção de problemas complexos, a metodologia vislumbra a concretização do conhecimento disponível para ser aplicado na resolução de problemas práticos correspondentes às características dos objetos projetados, favorecendo a visão do conjunto e tornando o pesquisador mais hábil na seleção e na conjugação de vários métodos ou procedimentos.

O desenvolvimento da investigação científica a partir da observação empírica da realidade deve afastar os preconceitos, a subjetividade do investigador e as doutrinas preestabelecidas. A investigação e os estudos de disciplinas aplicadas, como a tecnologia e a organização do trabalho, levam em consideração os aspectos descritivos e os aspectos normativos ou avaliativos. Os aspectos descritivos contemplam a mera descrição de implicações na análise dos objetos de estudo. Os aspectos normativos são formados pelo conjunto de conhecimentos técnicos (bases científicas e sistematização do conhecimento empírico) e normas (critérios ou regras de naturezas culturais, sociais, econômicas etc.).

Dentro do contexto da tecnologia, o conjunto de normas e procedimentos pode ser visto como um código articulado com o componente explicativo e descritivo, sustentado pelas bases científicas e aplicado como elemento de orientação, programação, decisão, controle e avaliação. O componente normativo da tecnologia, com vistas à organização industrial, depende de exigências em termos de critérios de rendimento, produtividade e eficiência. Portanto, pode-se afirmar que o componente normativo dos estudos possui sempre um critério intrínseco de avaliação de rendimento.

As normas organizacionais têm implicação direta nas estratégias e táticas de poder, tendo em vista a manutenção do consenso, da integração social, da participação e da cooperação entre as partes, de modo a otimizar a produtividade e a intensidade de conflitos.

A partir do exposto, THIOLENT (1983) comenta que os métodos científicos tradicionais consistem principalmente em uma metodologia de investigação descritiva (ou experimental), incluindo eventualmente a questão da explicação científica. É muito raro que esta metodologia leve em consideração a especificidade dos aspectos normativos da tecnologia. Em contrapartida, a orientação empírico-analítica de investigação seguida neste

trabalho, presume as exigências de experimentação, formulação e comprovação de hipóteses, forçando o equilíbrio entre a observação relativa aos fatos de interesse e o tratamento teórico relativo às prescrições. A metodologia adotada adquiriu uma dimensão crítica no sentido de contribuir para o questionamento da atividade técnica-científica.

THIOLLENT (1981) comenta que o arcabouço teórico propicia uma investigação mais detalhada do objeto de estudo, propiciando um melhor entendimento da realidade na qual está inserida a investigação realizada dentro do estudo de campo. No tocante à pesquisa, a metodologia utilizada não pautou pelo excesso de empirismo (a observação realizada sem conhecimento teórico) ou pelo excesso de formalismo (a utilização de teorias formalizadas com a ausência de uma observação mais realística do objeto de estudo). Abandonou-se uma postura de investigação e análise rígidas, evitando a negligência de detalhes de interesse. O embasamento científico foi a parte do conhecimento considerada como consequência da investigação a ser momentaneamente separada do quadro normativo no qual está inserido.

A experiência e o bom senso são insuficientes para o estudo de problemas complexos. Para estes casos, há a necessidade de se utilizar algum quadro teórico-conceitual, mesmo rudimentar, para a orientação da investigação científica. Este *status* é alcançado através do conhecimento das disciplinas nas quais se acumulou e estruturou o saber até hoje alcançado em determinada área de pesquisa ou estudo. A partir de uma postura metodológica concisa pode-se criticamente controlar os aspectos da atividade técnico-organizacional nos diversos níveis do processo de investigação e projeção.

O presente trabalho segue a orientação metodológica empírico-analítica, cujo interesse associado ao conhecimento é de cunho técnico. Prevê a possibilidade de utilização ou aplicação do conhecimento para se atingir um objetivo técnico e intervém na seleção dos objetos investigados. Dentro deste contexto, a teoria é formulada a partir de um conjunto de proposições a serem empiricamente e coerentemente comprovadas.

A orientação empírico-analítica consistiu na formulação de hipóteses a serem verificadas por meio de observação controlada e experimentação. A partir da comprovação empírica, o conhecimento obtido foi progressivamente generalizado dentro de limitações predeterminadas, visando a elaboração de correlações, analogias etc. A experimentação apoiou-se na quantificação do conteúdo das atividades planejadas e desempenhadas pelo pesquisador, com vistas no interesse técnico e na contribuição acadêmica.

Neste trabalho, a principal tendência metodológica associada é a orientação crítica, cuja característica é a proposição de perspectivas distintas das precedentes, correspondentes a um interesse na mudança e na transformação da realidade existente, em contraposição à simples manutenção ou otimização. A orientação crítica possui como premissas fundamentais a avaliação dos fatos, os modos de consideração dos fatos ou de utilização do conhecimento sobre os fatos, a presença de normas e a influência de circunstâncias socialmente determinadas, ideologicamente definidas e politicamente transformáveis. Esta tendência representa o processo de auto-reflexão, onde as condições de utilização dos resultados obtidos estão sempre sujeitas ao questionamento que visa o aprimoramento.

A pesquisa calcada na investigação de problemas complexos apoia-se na captação de informações de várias categorias que serão selecionadas, processadas e interpretadas dentro de um quadro técnico-metodológico específico. Neste trabalho, a técnica de investigação utilizada é a pesquisa-ação, que possui como principais campos de aplicação a análise de sistemas e o desenvolvimento organizacional. O objetivo é a resolução de problemas de organização e comunicação com a participação do pessoal envolvido.

A pesquisa-ação representa uma proposta diferente de investigação, na medida em que estabelece uma cooperação entre o pesquisador e os usuários para resolverem juntos problemas de ordem técnico-organizacional. Através disto, pretende-se reduzir o isolamento dos indivíduos e envolvê-los com atividades de caráter mais coletivo. Dentro da organização, a pesquisa-ação procura facilitar a mudança de comportamentos, a minimização de conflitos, o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade dos produtos e do trabalho.

THIOLLENT (1983) comenta que a pesquisa-ação possui como princípio fundamental a intervenção dentro da organização, onde os seus membros e o pesquisador colaboram na definição do problema, na busca das soluções e no aprofundamento do conhecimento científico disponível.

A pesquisa-ação deve ser acompanhada por práticas pedagógicas, como a difusão de conhecimentos através de treinamento e simulação. Consiste na identificação e análise de problemas e no desenvolvimento de um plano de ação a ser acompanhado e avaliado.

A pesquisa de campo tem por base o delineamento do estudo de caso realizado em uma empresa metal-mecânica multinacional. Os objetos de estudo da pesquisa foram o

método específico de implantação do JIT e a viabilização do modelo combinado *Just-In-Time* e MRP II.

A metodologia aplicada à pesquisa seguiu um modelo bastante particular, pois o estudo de caso está integralmente baseado no trabalho de consultoria na empresa, prestado pelo orientado ao longo de quase três anos. As atividades de assessoria técnica em gestão de produção e materiais tiveram a efetiva supervisão e monitoramento do orientador, que também manteve participação decisiva em questões complexas, relativas ao processo de implantação do *Just-In-Time/Kanban*. Esta metodologia, apesar do seu caráter bastante específico, segue algumas tendências investigativas de trabalhos como os apresentados por SACOMANO (1990) e MARTINS (1993).

A pesquisa de campo está fundamentada na implantação e na observação das técnicas relativas à organização do trabalho e ao planejamento e controle da produção e materiais. Na análise das atividades produtivas e administrativas, buscou-se sempre o estreitamento da relação entre o arquétipo teórico e o objeto de pesquisa.

A estratégia usada na realização do estudo de caso segue uma exaustiva revisão bibliográfica, que também foi aplicada no transcorrer das atividades de consultoria. Desta forma, houve a implantação de modelos adaptados de técnicas e princípios *Just-In-Time* conforme às particularidades da empresa. O desenvolvimento do sistema híbrido JIT/MRP II visou a efetividade das modificações inseridas no sistema de manufatura original.

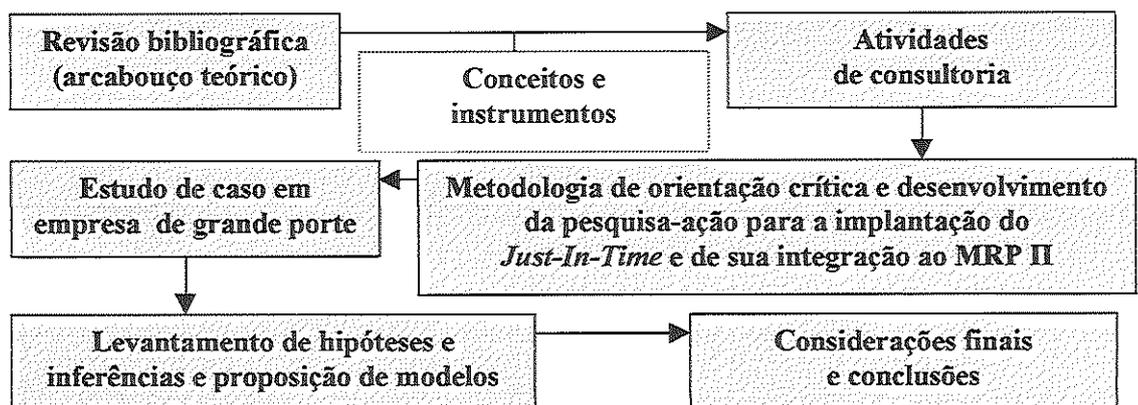


FIGURA 70 - A estratégia de elaboração do trabalho.

Fundamentalmente, o estudo de caso está baseado na investigação dinâmica dos processos produtivos e logísticos internos e externos (fornecedores). As atividades internas e externas permitiram ao orientado a adaptação de diversas técnicas clássicas de administração da manufatura ao contexto competitivo da empresa.

As informações e os dados foram obtidos a partir das atividades rotineiras de assessoria técnica. O uso de entrevistas informais, possibilitou a coleta de informações acerca das impressões pessoais a respeito da cultura organizacional e dos ganhos alcançados pela introdução do *Just-In-Time* no sistema de manufatura original.

SACOMANO (1990) salienta que a relevância do estudo de caso está ligada à participação significativa da empresa no mercado em termos quantitativos (*market-share*). Esta afirmação está apoiada na expectativa de se poder observar diversas fases dos processos de manufatura, de forma que a capacidade produtiva esteja equilibrada com a demanda final, para análise de situações de restrições e de recursos limitantes da capacidade produtiva.

A minuciosa observação do sistema de manufatura em funcionamento faz parte da metodologia de orientação crítica das características do processo de organização do trabalho industrial. Assim, a análise a nível da organização da produção é um estágio imediatamente anterior ao início das atividades ligadas à implantação do *Just-In-Time* para o aprimoramento do atual sistema de manufatura e da integração do JIT ao MRP II.

5.1 - A caracterização do trabalho

A caracterização do trabalho leva em consideração o levantamento exploratório-descritivo e, posteriormente, as atividades associadas à metodologia de pesquisa-ação. A pesquisa descritiva, cujos objetivos são a descrição das características do objeto e a relação entre o observado e o arquétipo teórico, atenta-se aos seguintes pontos:

- (1) A empresa pertencia exclusivamente a um segmento industrial específico, ou seja, o setor metal-mecânico. O modelo de produção em lotes, o considerável *market-share* e a respeitabilidade no ramo de atuação foram os fatores importantes para a consistência do trabalho. A explicação do exposto está baseada no fato de que tanto o JIT quanto o MRP II normalmente encontram condições mais favoráveis à efetividade nas grandes empresas, devido à presença de estruturas mais formais de organização do trabalho.

- (2) A estabilidade do ponto de vista da definição das atividades produtivas e administrativas e alta repetibilidade dos processos produtivos dentro da manufatura do tipo *job shop*.
- (3) O método de estudo de casos *ex-post-facto*, pois os dados coletados segundo as observações e as inferências às atividades de implantação do *Just-In-Time* e à integração JIT e MRP II estão relacionados a fatos já ocorridos. Este aspecto possibilitou a avaliação dos processos em estado de equilíbrio após a inserção das principais técnicas e princípios da filosofia *Just-In-Time* e à posterior adaptação do JIT ao MRP II.
- (4) A análise da empresa como um entidade sistêmica e de seus subsistemas, em particular as áreas de Materiais e Manufatura.

A elaboração do roteiro da pesquisa foi feita a partir da teoria delimitada durante a revisão bibliográfica. A pesquisa-ação permitiu o caráter de informalidade e de liberdade para que todos os tópicos abordados fossem imparcialmente examinados. O abandono do formalismo na investigação não relevou aspectos mais minuciosos do objeto de pesquisa.

A observação e a coleta de dados e informações foram fundamentadas no confronto da realidade prática às inferências e aos modelos propostos em literatura utilizada na revisão bibliográfica. A percepção das particularidades do sistema de manufatura e a avaliação da cultura organizacional foram facilitadas pelo convívio e pela participação ativa no cotidiano da empresa, que permitiram a ampliação do *range* da pesquisa.

O caráter multidisciplinar (que envolveu desde a Diretoria Industrial até o piso de fábrica), a autonomia da consultoria, a elevada carga de trabalho (em média 160 horas mensais), a ótima interação orientado-orientador-empresa e as atividades em equipes interdepartamentais com relativa independência e conhecimento nos assuntos abordados, propiciaram grande efetividade e direcionamento das ações para a implantação focalizada e, posteriormente, sistêmica do *Just-In-Time*.

Na fase inicial do trabalho, iniciada em junho de 1996, houve o delineamento de um exaustivo trabalho de campo, norteado pela profunda investigação da estrutura fabril e organizacional da empresa. A primeira fase, centrada no Departamento de Materiais e Logística (M&L) constituiu-se de uma análise detalhada da gestão de suprimentos, que culminou com a apresentação de um plano de melhoramentos. Este plano previa a redução dos estoques internos de materiais diretos e a implantação de técnicas de otimização da logística interna e externa das matérias-primas adquiridas das firmas subcontratadas. Em

outubro de 1996 foi formalmente iniciado o plano de implantação do subsistema de suprimentos *Just-In-Time*, centrado na aplicação de *Kanban* Externo e no roteamento dos veículos de transporte.

Paralelamente, para a eficácia do *Kanban* Externo e para a integração de diversas áreas dentro da estrutura fabril e organizacional, outros princípios e técnicas *Just-In-Time* foram gradualmente implementados, visando a redução sustentável dos custos atrelados à cadeia de suprimentos e à gestão dos materiais. Como principais objetivos foram definidos o aumento da qualidade dos materiais fornecidos, a busca de flexibilidade de resposta dos fornecedores externos, a melhoria da produtividade das atividades internas de recebimento, movimentação e armazenagem, a redução dos custos de aquisição dos materiais diretos e o estreitamento de laços com os fornecedores para a resolução de antigos problemas.

Dentre as técnicas e os princípios aplicados posteriormente à introdução do *Kanban* Externo para a consecução destes objetivos, encontraram-se:

- (1) A implementação multidisciplinar do *Kanban* Externo.
- (2) A adaptação do MRP II ao sistema de suprimento externo *Just-In-Time*.
- (3) A otimização das atividades relacionadas à logística e ao suprimento internos.
- (4) A implantação de *Housekeeping* em pontos de recebimento e armazenagem de materiais.
- (5) O desenvolvimento de sistemas de informações vinculados ao suprimento *Just-In-Time*, visando a implantação de *Kanban* Eletrônico baseado em EDI.
- (6) O desenvolvimento de sistemas subcontratados de transportes e o delineamento da rede de suprimentos de materiais, centrado em fornecedores externos.
- (7) A implantação simultânea de *Kanban* Interno de modo a viabilizar o fluxo otimizado de materiais de acordo com a filosofia *Just-In-Time*.
- (8) A implantação de *Kanban* Interno em fornecedores estratégicos.
- (9) O desenvolvimento de um plano de capacitação *Just-In-Time*, com uma política de treinamentos internos e externos. As ênfases dadas ao plano de treinamentos foram o *Kanban* Externo, o *Kanban* Interno, o *Kaizen*, a TPM, a redução de *setup*, a Qualidade Total (TQC) e o *Housekeeping* (5S). A meta esteve ligada à disseminação dos princípios *Just-In-Time*, de modo a estabelecer uma nova cultura corporativa.

Na análise dos dados obtidos seguiram tratamentos diferenciados. As observações a respeito das técnicas e dos princípios introduzidos pela filosofia *Just-In-Time* possibilitaram a realização de inferências para a constatação da efetividade da implantação

do JIT e da sua integração ao MRP II, sob os pontos de vista da adequação operacional, da importância estratégica e competitiva, da organização industrial e da cultura corporativa e particularidades resultantes.

5.2 - A caracterização da corporação industrial

A Tecumseh do Brasil Ltda. é uma tradicional indústria do setor metal-mecânico que está instalada em São Carlos/SP. Subsidiária brasileira do grupo Tecumseh Products Co. (EUA), líder mundial na fabricação de compressores herméticos para refrigeração, foi fundada por um grupo de três empresas: General Electric do Brasil, Pereira Lopes Ibesa e Tool Research Argentina em novembro de 1972.

O grupo Tecumseh Products Company (TPCo), fundado em 1934 em Tecumseh (Michigan/EUA), é o maior fabricante mundial independente de compressores destinados à refrigeração doméstica e comercial, com vendas globais da ordem de US\$ 2 bilhões/ano.

O grupo TPCo está presente em todo o mundo, atuando nos ramos de refrigeração, autopeças, motores à combustão e bombas de água. Os países que possuem subsidiárias do grupo são o Brasil (Tecumseh do Brasil), o Canadá (TPCo Canada), a Polônia (PZL Hydral), a França (Tecumseh Europe), a Venezuela (Vecomesa), A China (Hua-Yi Electrical), a Austrália (James N. Kirby), a Tailândia (Kulthorn-Kirby), a Turquia (Turk Electric) e a Índia (Tecumseh India). Nos EUA, além da matriz em Michigan, possui filiais em Ohio, Wisconsin, Georgia, Indiana, Kentucky, Oklahoma, Tennessee, Mississipi e Rhode Island.

Em 1984, o controle acionário da filial brasileira foi adquirido em sua totalidade pelo grupo TPCo, que imprimiu novas estratégias de mercado e manufatura, incrementando os níveis de produção, de tecnologia e de qualidade incorporada nos produtos e nos processos. Desta forma, foi possível o desenvolvimento e a fabricação de compressores herméticos para uso em refrigeração doméstica e comercial, que atendessem aos requisitos de alta eficiência, de baixos níveis de ruído e de consumo reduzido de energia elétrica.

Em maio de 1996 ocorreram mudanças significativas na alta administração da Tecumseh do Brasil, que provocaram alterações na estrutura hierárquica e na organização industrial. Foram criadas as Unidades de Negócio de Manufatura (*Manufacturing Business*

Unity/MBU) e as Unidades de Negócio de Vendas (*Sales Business Unity/SBU*), representando o processo de descentralização e de autonomia dadas às áreas componentes da empresa. As SBU's estão ligadas à Área Comercial, diretamente vinculadas à Presidência.

As MBU's funcionam como minifábricas, responsabilizando-se diretamente pelos processos produtivos, pelos níveis de qualidade, pelo planejamento e controle da produção e materiais e pela manutenção fabril. Apesar da descentralização e da atribuição de novas responsabilidades, os controles dos resultados e dos custos das MBU's são coordenados pela Diretoria Industrial e preparados em conjunto com a área corporativa de Controladoria, Preços e Orçamentos.

A partir destas alterações, a estrutura organizacional deixou de ser altamente centralizada e burocratizada. De um maneira geral, já em 1996 as MBU's conferiram grande autonomia aos funcionários, facilitando a focalização e a resolução de problemas antigos, melhorando o clima de respeito e integrando a fábrica em uma mesma sistemática de negócios e manufatura extremamente ágil e flexível em relação ao mercado.

A responsabilidade pela administração das MBU's está vinculada aos gerentes, administradores-chefes e supervisores. Assim, os gerentes de produção têm responsabilidade por todas as atividades de organização que contribuem para a produção efetiva dos bens, sendo que a administração da manufatura constitui apenas como uma destas atividades.

As atividades ligadas às responsabilidades diretas dos gerentes estão atreladas aos conceitos de cliente e fornecedor internos, que busca a otimização do atendimento das necessidades das funções internas. A administração das MBU's deve ser baseada na atuação independente e empreendedora, coordenada pela Diretoria Industrial. Dentre os principais objetivos das MBU's encontram-se:

- (1) A facilitação da administração autônoma em todos os níveis hierárquicos.
- (2) A redução dos custos globais, maximizando os resultados e os padrões de qualidade.
- (3) A delegação de responsabilidades, baseada na liderança e na autoridade.
- (4) A descentralização e a rapidez na tomada de decisões.
- (5) A motivação de todas as pessoas envolvidas nas atividades produtivas e administrativas.
- (6) A redução dos custos de *overhead* e o aumento da competitividade da empresa.

As MBU's têm autonomia em relação ao controle de custos, às metas vinculadas à qualidade, aos objetivos de produtividade e às atividades de manutenção. Atualmente, a empresa é composta pelas seguintes MBU's:

- (1) MBU I: Fundição (fusão, moldagem e rebarbação). Localizada na Planta 1, executa a fundição de ferro cinzento para a formação de componentes como o corpo da bomba, cabeçote, biela, tampa-mufla e mancal. Além disto, executa a fundição em ferro nodular para a formação dos eixos dos compressores.
- (2) MBU II: Motor Elétrico, que está subdividida em Motor I (estampagem e tratamento térmico de lâmina, fabricação de estator soldado e estator bonderizado), Motor II (bobinagem) e Motor III (produção de rotores e injeção de alumínio-bielas e cabeçotes). Localizada na Planta 1, a Fábrica de Motores faz a estampagem das lâminas do estator e do rotor, a formação dos pacotes, a bobinagem, a montagem e teste do estator e a fundição de alumínio para a construção do rotor.
- (3) MBU III: Usinagem, Montagem, Processo Final (pintura e embalagem) e Unidade Condensadora, compreendendo cinco famílias de compressores. Localizada na Planta 2, esta MBU executa a usinagem de todas as partes dos compressores, a montagem, a pintura, os testes e a embalagem.
- (4) MBU IV: Estamparia (estamparia leve e pesada, soldagem de carcaças e tampas, fabricação de tubos e subconjuntos). Localizada na Planta 2 executa a estampagem das carcaças de todas as famílias e de diversos itens internos e externos dos compressores.
- (5) MBU V: Usinagem, Montagem e Processo Final (pintura e embalagem), compreendendo três famílias de compressores. Localizada na Planta 2, executa a usinagem de todas as partes dos compressores, a montagem, a pintura, os testes e a embalagem.
- (6) MBU VI: Compela (Componentes Elétricos e Eletrônicos Ltda.). Empresa coligada fabricante de componentes elétricos, instalada na Planta 2 da Tecumseh do Brasil, esta MBU fabrica a grande maioria dos relês de arranque e dos protetores térmicos usados nos compressores herméticos e nas unidades condensadoras.

Outras áreas vinculadas à Diretoria Industrial permanecem com o *status* de unidades corporativas dentro da empresa, destacando-se:

- (1) O Departamento de Negociação, Compras e Administração de Materiais (antigo Departamento de Materiais e Logística), composto pelas áreas de Compras de Materiais Diretos e Indiretos, Desenvolvimento de Fornecedores, Administração da Importação e Programação e Qualidade Assegurada de Materiais (Recebimento e Almoxarifados).
- (2) Engenharia Industrial Avançada (Novos Projetos, Processos e Tecnologias).

- (3) Unidade de Serviços (Construção e Reforma de Equipamentos e Ferramentaria).
- (4) Manutenção (Manutenção das MBU's, Manutenção Predial, Administração de Obras e Sistema Ambiental ISO 14000).

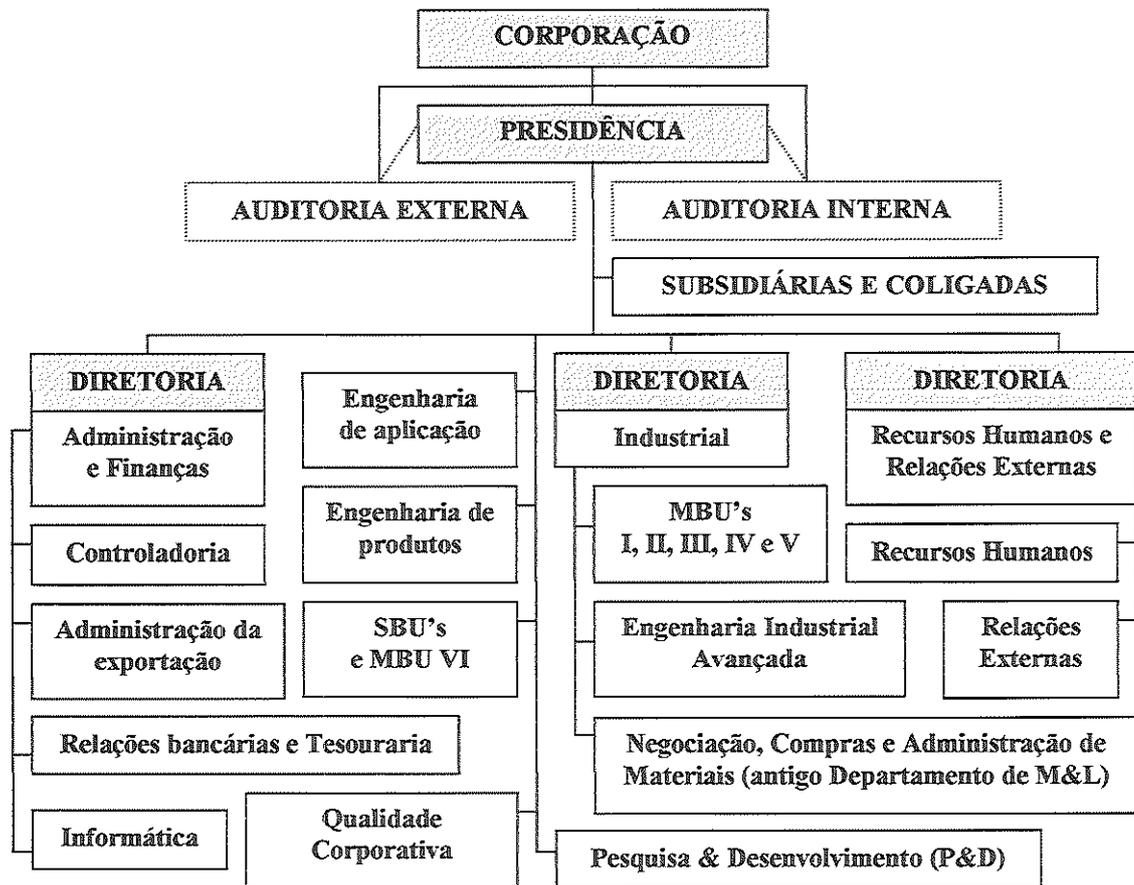


FIGURA 71 - O organograma geral da empresa.

A configuração do sistema de manufatura é baseada em processo produtivo repetitivo de alta escala, com fabricação metal-mecânica convencional, com montagem mecânica e eletro-eletrônica. O arranjo físico predominante é o *layout* funcional, mas também são encontrados alguns *layouts* dedicados, como algumas células de montagem final e expedição dos produtos para alguns modelos de compressores.

Os níveis de estoques dos materiais diretos giram em torno de 10 dias de autonomia de produção. Os estoques de itens importados têm autonomia de 75 dias. Os estoques em processo contemplam um nível médio de 3 dias de produção. Os estoques de produtos acabados são baixos e a maior parte dos pedidos são devidos às encomendas antecipadas.

A produção segue o modelo *job shop*, com atendimento preferencial da carteira de pedidos firmes e atendimento de inclusões de pedidos de acordo com a disponibilidade de capacidade produtiva. O Planejamento e Controle da Produção e Materiais (PCPM) trabalha com ordens de fabricação para a produção de lotes semanais, com uma programação firme da ordem de 15 dias e uma previsão de vendas de 30 dias. Há muitas reprogramações de produção, devido às oscilações da demanda do mercado, relacionadas diretamente com as alterações de pedidos firmes de clientes mais importantes (inclusões ou cancelamentos).

A linha de compressores herméticos se divide em nove famílias principais. Cada família possui várias possibilidades em relação ao *range* de modelos, destinados à aplicações diversas. Assim, dentro das várias aplicações, os compressores de uma determinada família devem possuir algumas características específicas relacionadas às exigências de projeto e utilização dos clientes, o que explica o abrangente *mix* de produtos manufaturados, totalizando mais de 100 modelos distintos. O nível médio diário de produção está na faixa de 40.000 produtos/dia entre compressores e unidades condensadoras.

As vendas praticamente se igualam entre o mercado interno e externo. Cerca de 48% da produção é destinada a clientes brasileiros e 52% é destinada à exportação. Da quantidade total exportada, 45% destina-se à América do Norte e 55% a outros países.

Os outros produtos fabricados pela empresa são as unidades condensadoras (para aplicação em câmaras e balcões frigoríficos) e a ignição eletrônica destinada à exportação à matriz norte-americana em regime de *draw-back* para aplicação em pequenos motores de combustão interna, como veículos cortadores de grama e removedores de neve.

As principais famílias de compressores herméticos são:

- (1) Família AE: compressores de alta eficiência, baixo consumo de energia elétrica e baixo nível de ruído de trabalho. Operam em variadas condições de operação e pressões de trabalho e podem utilizar vários tipos de gases refrigerantes.
- (2) Família AK: compressores desenvolvidos para condições severas de funcionamento, apresentando baixo nível de ruído e alta eficiência mecânica e elétrica. Utilizam dois tipos de gás refrigerante.
- (3) Família AZ: compressores compactos de aplicação leve, desenvolvidos para aplicação em *freezers* e refrigeradores domésticos. Caracterizam-se pelo baixo consumo de energia elétrica e pequeno nível de ruído de trabalho. Utilizam dois tipos de gases refrigerantes.

- (4) Família RG: compressores rotativos destinados à aplicação em condicionadores de ar, apresentando maior rendimento energético e menores dimensões, em comparação com os compressores tradicionais baseados na compressão “câmara-pistão-êmbolo”.
- (5) Família RK: compressores rotativos de elevada capacidade de refrigeração. São fabricados com componentes de elevada precisão dimensional em relação às tolerâncias de medidas. Operam com apenas um tipo de gás refrigerante, apresentando elevada vida útil e alto rendimento de trabalho.
- (6) Família TH: considerada a evolução da tradicional família AZ, estes compressores possuem maiores eficiências elétricas e mecânicas, com menor consumo de energia elétrica, maior rendimento frigorífico e reduzido nível de ruído
- (7) Família TP: “compressores ecológicos”, desenvolvidos para a operação com o gases refrigerantes que sejam inofensivos à camada de ozônio. Possuem alta eficiência energética, baixo consumo de energia elétrica e baixo nível de ruído de trabalho. É a família de compressores destinados principalmente à exportação.
- (8) Família TW: considerada a evolução do projeto AE, estes compressores aproveitam a grande confiabilidade dos compressores desta família, com maior rendimento elétrico e menor nível de ruído.

Razão social	Tecumseh do Brasil Ltda.
Ramo de atividade	Indústria e comércio de compressores herméticos para refrigeração doméstica e comercial, aparelhos de ar condicionado e unidades condensadoras
Origem do capital	Norte-americano
Posição no mercado interno	Segundo lugar
Número de funcionários	Cerca de 4.700 funcionários diretos e indiretos
Capacidade de produção	Acima de 11 milhões de unidades/ano
Países que exporta	Cerca de 60 países
Prazo médio de compras	30 dias
Prazo médio de faturamento	17 dias (mercado interno) e 45 dias (mercado externo)
Área aproximada da empresa	Área total: 539.950 m ² (Plantas 1e 2) Área construída: 97.430 m ² (Plantas 1e 2) Outras áreas: 237.890 m ² (total) e 140 m ² (construída)
Faturamento anual (US\$ mil)	302.810 (1995); 299.780 (1996); 113.550 (até abril/97)
Faturamento mensal (US\$ mil)	25.230 (1995); 24.980 (1996); 28.387 (até abril/97)

FIGURA 72 - As informações relacionadas à caracterização geral da empresa.

A Tecumseh do Brasil encontra-se dentre as primeiras empresas da América do Sul a receber a Certificação ISO 9001, homologando e garantindo o sistema de qualidade conforme padrões mundiais em relação à abrangência de projeto, desenvolvimento,

produção, instalação e assistência técnica. A Certificação ISO 9001 foi conferida pelo *Bureau Veritas Quality International (BVQI)* em outubro de 1992, configurando-se como um sistema formal de atendimento das exigências do mercado externo e interno relacionadas com a qualidade dos produtos. Em 1994, novamente a empresa também foi pioneira em receber a certificação ISO 9001 de acordo com a reformulação da norma.

Em outubro de 1995 e em outubro de 1998, a empresa obteve novas certificações ISO 9001 (BVQI), representando a homologação do sistema de qualidade estruturado que visa o atendimento de exigentes normas internacionais. O aprimoramento e manutenção dos sistemas de manufatura e qualidade são feitos através da participação e do direcionamento dos esforços dos funcionários.

5.3 - A análise relacionada à administração da produção

A empresa possui a função de Planejamento e Controle da Produção e Materiais (PCPM) estruturada por MRP, com atividades baseadas no PCP convencional, apoiado na lógica *Just-In-Case*. O PCP convencional procura interpretar o mercado de maneira restritiva, maximizando a utilização dos recursos e administrando os processos de manufatura com base em economias de escala, segundo as sistemáticas dos lotes econômicos de produção e compra. Neste modelo, os estoques são utilizados para atenuar as condições de variabilidade da demanda e as aleatoriedades do sistema produtivo.

Característica dos processos produtivos ou produtos	Status
Grau de automação em processos	Médio
Grau de automação em Engenharia	Médio
Tempo de introdução de novos produtos	2 a 3 anos
Variabilidade do <i>mix</i> final	Em torno de 100 modelos
Vida média dos produtos	5 a 7 anos
Tipo de <i>layout</i> predominante	Funcional
Escala de repetitividade das operações	Alta
Treinamento de mão-de-obra	Constante
<i>Turnover</i> médio anual	Médio, aproximadamente 1,5 %
Absenteísmo médio anual	Alto, aproximadamente 4,0 %

FIGURA 73 - Os aspectos relacionados aos produtos e aos processos produtivos.

Características do PCPM	Status
Localização (Responsabilidade)	Descentralizado por MBU
Nível de aplicação de recursos computacionais	Médio, com terminais ligados em rede, microcomputadores e <i>mainframe</i>
Nível de formalização das atividades	Médio
Previsão de demanda dos produtos	Executada por Vendas
Planejamento agregado da produção	Não executa
Programação mestre da produção	Executa (sem aplicação de MPS)
Planejamento da capacidade produtiva	Estimativa da capacidade "bruta" (sem aplicação de CRP)
Planejamento de materiais	Aplicação de MRP
Sistema principal de emissão de ordens de fabricação e montagem	Via MRP após checagem manual
Sistema principal de emissão de ordens de compra de materiais diretos	Via MRP, através da integração <i>mainframe</i> , microcomputador e <i>fax</i>
Programação da produção	Manual, executada para os centros de trabalho
Controle de estoques dos materiais em processo	Via MRP e <i>Kanban</i> (parcialmente)
Controle da produção	Emissão de relatórios de produção em cada turno de trabalho
Integração do PCPM com demais áreas	Forte integração com Manufatura, Vendas e Compras

FIGURA 74 - As características da função de PCPM.

As explicações para a convivência do sistema de PCP estruturado por MRP e as técnicas de PCP convencional são as contínuas reprogramações de prioridades da produção, onde o sistema formal de PCP não consegue executar o processamento das informações, a tempo, para a segura tomada de decisões em relação às mudanças de demanda final.

Atividade	Característica	Status
Previsão de demanda dos produtos	Horizonte	4 a 8 semanas, dependente da família de produto
	Composição	Pedidos firmes + pedidos planejados
	Ajuste	Executa a cada 2 semanas
Programação mestre da produção	Horizonte	2 a 4 semanas (predominância de 2 semanas)
	Método	Alimentação manual (sem aplicação de MPS)
	Técnica	Julgamento pessoal (figura do "planejador mestre")
Planejamento da capacidade Produtiva	Horizonte	4 a 8 semanas
	Método	Análise "bruta" (agregada, baseada em restrições)
	Técnica	Julgamento pessoal, sem planejamento detalhado
	Controle	Não executa (não possui CRP instalado)

FIGURA 75 - As principais características da previsão de demanda, da programação mestre e do planejamento da capacidade produtiva.

A previsão de demanda dos produtos acabados é realizada com base em reuniões quinzenais entre as áreas de Vendas, PCPM e áreas produtivas de cada MBU. O resultado é a elaboração de um plano de vendas para 4 semanas em média, com 75% do período relativo às vendas “firmes” (pedidos em carteira) e 25% relativo às vendas “planejadas”. O subsistema MPS não é utilizado e o programação mestre da produção é realizado com base no plano de vendas definido previamente e acordado entre as três funções anteriores. As metas comerciais a serem cumpridas pela empresa se baseiam no atendimento mínimo de 98% da demanda final.

O planejamento da capacidade é executado através da mera avaliação da capacidade produtiva baseada na experiência pessoal, em dados relacionados aos gargalos previamente determinados e nas condições operacionais dos equipamentos. Como restrição principal do sistema de manufatura destacam-se as horas de mão-de-obra direta (MOD). A estratégia da empresa para contornar os problemas relacionados à capacidade é a utilização de horas-extras e de dias de trabalho adicionais (como feriados não obrigatórios) obtendo, assim, maior flexibilidade em relação ao volume demandado.

As restrições de recursos produtivos são observadas normalmente nos processos de fabricação de algumas famílias de componentes. Nas linhas de montagem podem ocorrer falta de capacidade devido a inesperados aumentos de demanda final, com a inserção de pedidos adicionais de clientes. As decisões sobre a realização de horas-extras são consideradas estratégicas, sendo definidas com os sindicatos e com os próprios funcionários.

As principais razões para não se realizar o planejamento superficial e o planejamento detalhado da capacidade são a dificuldade de obtenção de dados acurados a respeito das operações contidas nos roteiros de fabricação e as constantes reprogramações de prioridades em relação às mudanças de demanda, resultantes de oscilações de mercado.

Atividade	Característica	Status
Planejamento dos materiais necessários	Horizonte	2 a 4 semanas (predominância de 2 semanas)
	Método	Alimentação por <i>mainframe</i>
	Técnica	Aplicação de MRP
	Controle de estoques	MRP e <i>Kanban</i> (materiais diretos) e ponto de encomenda (materiais indiretos)
	Política de estoques dos materiais e de produtos acabados	Itens importados: 60 a 75 dias Itens nacionais: 7 a 10 dias Itens em <i>Kanban</i> : 2 a 4 dias Produtos acabados: baixos
	Emissão de ordens	Via MRP, com liberação após checagem manual Aplicação de <i>Kanban</i> em alguns casos
	Frequência de planejamento	Semanal
Programação da produção	Horizonte	2 semanas
	Método	Manual, auxiliada por <i>mainframe</i> e executada para todos os centros de trabalho
	Técnica	Julgamento pessoal
	Frequência de programação	Semanal, com correções diárias de desvios
	Seqüenciamento da produção	Sugestivo com controle descentralizado ao nível da fábrica com objetivo de cumprimento de prazos
Controle da produção	Método	Manual, com relatórios para apontamento da produção
	Responsabilidade	Supervisão da produção
	Técnica	Relatórios de produção em cada centro de trabalho para baixa via MRP, com emissão de listas de materiais críticos e prioridades (uso de <i>backflushing</i>)

FIGURA 76 - As características do planejamento dos materiais e da programação e controle da produção.

O planejamento de materiais é executado com base no Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP). Este subsistema parte integrante de um pacote completo de MRP II da Cincom Control Manufacturing. A empresa implementou o módulo de MRP, sendo que os subsistemas MPS e CRP não foram de fato implantados, sendo apenas utilizados em simulações esporádicas.

Há a presença de terminais e *mainframes* de grande capacidade de processamento, executando a transferência direta de informações. O transporte das informações aos centros de trabalho é realizada segundo intervenção humana. São utilizadas planilhas eletrônicas e listas de prioridades geradas pelo MRP. A introdução do MRP forçou uma maior integração

entre o PCPM e outras áreas de manufatura, sendo esta uma condição à eficácia das bases de dados que o MRP utiliza para a determinação das necessidades de materiais.

A técnica do ponto de encomenda, caracterizada pela baixa complexidade e reduzido custo de aplicação, é utilizada para o controle dos estoques de materiais e itens “C” dentro da Análise de Pareto. Há um grande esforço de caráter multidisciplinar para baixar os níveis de estoques de produtos acabados e de matérias-primas. Os níveis de estoques intermediários são consequência do desbalanceamento entre os processos produtivos, causados, sobretudo, por variações de demanda. O controle da produção no piso da fábrica induz ao agrupamento de diversas ordens de fabricação nos centros de trabalho, aumentando o tempo de fila das mesmas.

A emissão das ordens de fabricação e montagem é feita para os centros de trabalho, segundo a lógica da “manufatura empurrada” do PCP convencional e o procedimento de checagem manual das ordens de fabricação e montagem emitidas.

Os pedidos de compra destinados aos fornecedores subcontratados são enviados através da interface *mainframe*/microcomputador/fax, sem prévia conferência. Há também sistemas de comunicação eletrônica (EDI) com os principais fornecedores (aços e tubos), que futuramente será ampliado. O *Kanban* Externo é aplicado aos fornecedores “A” e “B”, segundo a análise de Pareto cruzada para custo dos materiais diretos e critérios logísticos, como proximidade física, facilidades de transporte, roteamento e aglutinação em regiões.

A programação e o seqüenciamento da produção são realizados através das técnicas de PCP tradicionais, com auxílio de planilhas eletrônicas confeccionadas em microcomputadores, mas sem a utilização de técnicas e algoritmos especiais. O planejador executa o carregamento dos centros de trabalho priorizando as datas-limites (prazos de entrega) e a maximização da capacidade, principalmente através da redução do número de preparações nos equipamentos considerados como recursos restritivos (operações-gargalo). A empresa procura definir, de maneira sugestiva, uma seqüência de fabricação que pode ser alterada para minimizar os *setups* e as paradas de linha ocasionadas pela falta de materiais.

O seqüenciamento das ordens de fabricação e montagem é baseado no conceito de lote econômico de produção determinado, muitas vezes, pelo julgamento pessoal do planejador. Há sistemas informais e manuais de programação e seqüenciamento da produção

para a agilização das ordens prioritárias que se encontram atrasadas. Neste caso, são utilizadas rotinas específicas do MRP de baixa *a posteriori* dos materiais, como o *backflushing* e os itens-fantasmas.

A frequência de reprogramação adotada é a semanal, devido ao fato de que a empresa exporta a maior parte de sua produção, estando sujeita às grandes variações de demanda final. A programação e a reprogramação da produção são atividades bastante centralizadas e dependentes de pessoas que detêm informações, o que acarreta perda de flexibilidade nas operações de piso de fábrica e inconsistência de informações entre os sistemas formal (MRP) e informal (sistemas manuais de reprogramação da produção).

O controle da produção é realizado sem a utilização de meios eletrônicos ou automáticos, como códigos de barras em pontos estrategicamente delimitados no processo produtivo. A codificação por barras, por exemplo, permitiria que a empresa exercesse um controle da produção mais eficiente, pois implicaria em uma seqüência mais rígida de apontamentos, caso contrário o sistema acusaria erros e não aceitaria apontamentos conflitantes ou inconsistentes. Estes dados poderiam ser remetidos periodicamente ao PCPM e posteriormente enviados às linhas de produção para um controle mais estreito do andamento das ordens no piso de fábrica.

A empresa utiliza listas de itens críticos emitidas por microcomputadores para agilizar as ordens atrasadas e os materiais necessários ao cumprimento dos planos de produção. O horizonte para a emissão destas listas é diário, possibilitando a rápida tomada de decisão em relações às ações corretivas que se fizerem necessárias.

Em relação à utilização do MRP II, a empresa destaca a necessidade de integração das funções internas para melhorar a acuidade dos dados de entrada relativos à Engenharia do Produto, Engenharia Industrial (Processos), Materiais, Manufatura e Vendas. A falta de integração entre as áreas internas foi contornada pelo PCPM, que determinou, de forma aproximada, os *leadtimes* referentes aos roteiros de fabricação, aos estoques de segurança e aos *leadtimes* de suprimento relacionados com a aquisição de materiais diretos de fornecedores. Atualmente, existe uma força-tarefa da área de Engenharia Industrial e das MBU's para o melhoramento dos *leadtimes* do sistema MRP.

Como comentários acerca do nível de compreensão da filosofia de trabalho e gestão do sistema MRP II na empresa pesquisada, destacam-se o bom nível de entendimento e utilização das rotinas do MRP. Assim, há a convivência harmoniosa de rotinas do MRP e práticas de PCP convencionais. SACOMANO (1990) comenta que este fato demonstra a incapacidade de algumas empresas basearem suas operações em novos paradigmas, pois seus sistemas produtivos e administrativos estão profundamente arraigados e baseados no paradigma Fordista-Taylorista.

A logística interna é tratada tanto a nível “macro” (que visa o estabelecimento de rotas e fluxos preferenciais entre as minifábricas - MBU's), quanto a nível “micro” (que visa a permanente otimização dos fluxos internos às minifábricas). A relação entre as MBU's é baseada na existência de clientes e fornecedores internos. Como a empresa utiliza o conceito de fabricação focalizada, nota-se que há a aplicação de tecnologia de grupo para algumas famílias de componentes e produtos acabados.

A automação é verificada em alguns processos de manufatura, como a usinagem de componentes e a montagem final de determinadas famílias de compressores. O sistema de movimentação de materiais é considerado um pouco complexo, envolvendo as duas plantas fabris e as cinco MBU's. Há uma expectativa na solução deste problema com a massiva implantação de *Kanban* Interno entre as áreas produtivas, proporcionando a melhor definição dos fluxos de componentes e submontagens e contribuiria ao melhor controle das operações e da logística interna.

CAPÍTULO 6

O ESTUDO DE CASO E OS RESULTADOS OBTIDOS

No projeto de implementação do *Just-In-Time* e a sua integração ao MRP II, as principais técnicas abordadas foram o *Kanban Externo* (*Kanban* de Fornecedores) e o *Kanban Interno*. No presente trabalho, estas duas modalidades de *Kanban* foram consideradas como as principais técnicas do JIT pois, além de viabilizarem a “manufatura puxada” no piso de fábrica, são dependentes da aplicação de outras técnicas e princípios complementares, discutidos anteriormente no capítulo 2.

O *Kanban* foi considerado um método de controle da produção, reunindo aspectos importantes, como a organização do trabalho e o aprimoramento da produtividade e da qualidade dos processos, dentre outros. Os principais objetivos foram:

- (1) A melhoria da administração da rede de suprimentos, com a definição de metas e níveis de desempenho para a otimização do atendimento dos fornecedores de materiais diretos, a diminuição dos níveis de estoques e o aumento dos índices de qualidade.
- (2) A redução dos níveis de estoques de materiais para a liberação de recursos financeiros e espaço físico destinado às áreas de armazenagem.
- (3) O desenvolvimento de um plano de melhorias abordando aspectos relacionados à produtividade do sistema de manufatura, com vistas à redução dos custos de produção e a melhoria dos índices de desempenho (níveis de refugo, retrabalho, eficiência etc.).
- (4) A ênfase no projeto de sistemas de controle de piso de fábrica, de modo a melhorar a sincronização entre os diversos centros de trabalho e as linhas de produção, prevenindo o acúmulo de materiais em processo e a falta de itens a serem trabalhados.

As particularidades do sistema de manufatura da empresa e a política de suprimento dos materiais trouxeram a necessidade de adaptação de alguns conceitos e técnicas do *Just-In-Time* para a realidade do cotidiano operacional. O estreito acompanhamento das atividades produtivas e administrativas e o monitoramento periódico

dos níveis de estoques permitiram a identificação rápida e a resolução definitiva de diversos problemas vinculados aos produtos e aos processos.

Na empresa, os processos produtivos são concebidos para a fabricação por lotes (produção intermitente), de acordo com a demanda do período analisado. O controle, o planejamento e todos os *feedbacks* do processo produtivo são executados através do MRP II. A premissa para a implantação do *Just-In-Time* é que o controle da manufatura e do suprimento externo de materiais com consumo regular, de acordo com dados históricos, devem ser feitos, respectivamente, através do *Kanban* Interno e do *Kanban* Externo.

6.1 - A implantação do *Kanban* Externo (*Kanban* de Fornecedores)

O *Kanban* Externo teve sua implantação justificada pela necessidade de recomposição dos níveis de estoques de materiais diretos, pela redução de áreas destinadas à armazenagem, pela minimização dos custos com embalagens através da utilização de *containers* retornáveis e pela facilitação da programação dos materiais necessários. As metas do *Kanban* Externo foram a redução de custos com a manutenção de estoques desnecessários e a otimização dos fluxos internos e externos de materiais, aumentando, desta forma, a produtividade dos sistemas de suprimento e manufatura.

Dentre as metas relacionadas ao desenvolvimento do projeto de implantação do *Kanban* Externo destacaram-se:

- (1) A redução dos estoques internos e externos, com o acompanhamento periódico dos níveis de estoques dos materiais.
- (1) A consolidação de um sistema eficiente de avaliação da qualidade dos materiais.
- (2) O suprimento direto dos materiais, com entregas escalonadas nos postos de trabalho.
- (3) A eliminação do tradicional controle de estoques, executado por funcionários indiretos e baseado nas contagens cíclicas de materiais nos almoxarifados.
- (4) A utilização de *containers* padronizados retornáveis, de modo a reduzir os custos associados à utilização de embalagens descartáveis.
- (5) A determinação das capacidades de produção e entrega dos principais fornecedores de materiais diretos para um estreito acompanhamento e monitoramento, visando a redução dos riscos intrínsecos ao suprimento de materiais.

- (6) O melhoramento contínuo dos pedidos de materiais através da introdução de novos sistemas informatizados e da capacitação técnica dos funcionários.
- (7) O melhoramento da qualidade das informações relativas à programação e frequentemente repassadas aos fornecedores.
- (8) A melhoria do recebimento, da armazenagem e da distribuição física dos materiais.
- (9) A compreensão das necessidades internas dos fornecedores de modo a melhorar significativamente a confiabilidade de suprimento.

A implantação do *Kanban* Externo foi iniciada com os fornecedores que detinham o *status* de Qualidade Assegurada (QA), de modo a garantir que os materiais fossem entregues diretamente nos estágios produtivos internos, sem prévia inspeção para a avaliação dos níveis de qualidade. Pelas facilidades de comunicação, transporte e segurança, a primeira etapa de implantação foi restringida aos fornecedores mais próximos da empresa.

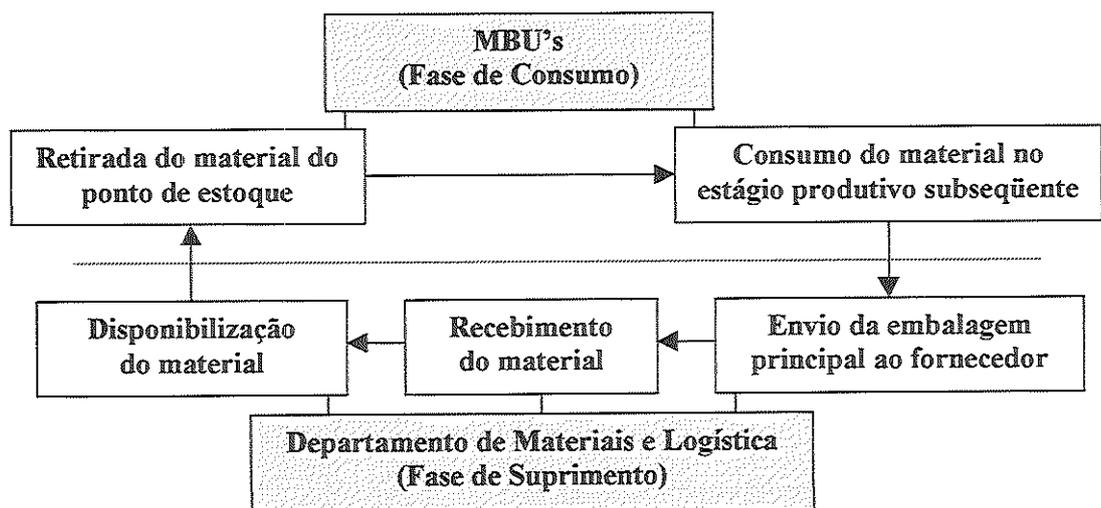


FIGURA 77 - O ciclo do *Kanban* Externo na empresa.

Os principais critérios estipulados para a aplicação do *Kanban* Externo foram a redução de estoques de materiais na empresa fabricante e o aumento da eficiência relacionada ao sistema de suprimento. Ambos os critérios privilegiaram a minimização dos recursos financeiros vinculados à manutenção de inventários excessivos de materiais, como o capital imobilizado e os custos das atividades relativas à aquisição de materiais dos fornecedores externos. Com relação ao critério de redução dos custos dos materiais estocados na empresa fabricante, o item 6.1.7 aborda uma metodologia para a análise da viabilidade de investimento para implantação do *Kanban* em fornecedores.

Valor dos estoques dos materiais diretos na empresa fabricante A = acima de US\$ 150.000 B = de 50.000 a US\$ 150.000 C = abaixo de US\$ 50.000	Classificação do custo total dos materiais diretos consumidos A = acima de US\$ 300.000 B = de 100.000 a US\$ 300.000 C = abaixo de US\$ 100.000	Facilitação para a aplicação de <i>Kanban</i> Externo A = Alta B = Média C = Baixa
A	A	A
A	B	A
A	C	B
B	A	A
B	B	B
B	C	B
C	A	B
C	B	B
C	C	C

FIGURA 78 - A aplicação de *Kanban* Externo para os materiais diretos, privilegiando o critério de redução financeira dos estoques no fabricante.

O critério relacionado à otimização do sistema de suprimento está baseado no melhoramento das atividades ligadas à logística interna e externa, apoiando-se na eliminação de desperdícios e na qualidade total em dos processos. Neste caso, são analisados os níveis de qualidade e o consumo interno dos materiais, de forma a aprimorar o fluxo produtivo interno e a reduzir os *leadtimes* de disponibilização dos materiais nos postos de trabalho.

Classificação da demanda mensal dos materiais diretos A = acima de 400.000 unidades B = de 200.000 a 300.000 unidades C = de 50.000 a 200.000 unidades	Classificação dos níveis de qualidade dos materiais diretos A = Qualidade Assegurada B = Nível 7 do sistema de <i>skip lot</i> C = Nível 6 do sistema de <i>skip lot</i>	Facilitação para a aplicação de <i>Kanban</i> Externo A = Alta B = Média C = Baixa
A	A	A
A	B	A
A	C	B
B	A	A
B	B	B
B	C	B
C	A	B
C	B	B
C	C	C

FIGURA 79 - A aplicação de *Kanban* Externo para os materiais diretos, privilegiando o critério de aumento da eficiência do sistema de suprimento para o consumo interno.

O suprimento dos materiais diretos que apresentavam regularidade de consumo foi executado através do *Kanban* Externo. No entanto, foram observados alguns pressupostos da filosofia *Just-In-Time*, como:

- (1) A alta confiabilidade do suprimento, estipulando que o material deve ter qualidade assegurada em relação aos critérios de conformidade.
- (2) Os materiais devem ter demandas previsíveis e regulares. Os materiais de consumo esporádico permaneceram dentro da sistemática de suprimento apoiada na programação via sistema MRP II.
- (3) O dimensionamento inicial de *Kanban* Externo pressupondo que os níveis de estoques internos e externos e os consumos dos materiais diretos devem ser analisados com base na capacidade máxima de produção ou no consumo histórico máximo.
- (4) O fornecedor deve ser monitorado periodicamente. Os níveis de estoque, a sistemática do recebimento de pedidos de materiais, a confiabilidade dos processos, a questão da qualidade e o comprometimento, dentre outros, necessitam de freqüente avaliação.
- (5) As áreas internas responsáveis diretamente pelo suprimento e pela utilização dos materiais diretos devem estar plenamente comprometidas com o *Kanban* Externo.

A figura 80 exhibe o dimensionamento inicial para o *Kanban* Externo, baseado no modelo de produção *job shop*, com a fabricação através de lotes intermitentes.

Os *containers* padronizados, destinados a acomodar os materiais durante o transporte, a armazenagem e o consumo interno, continham aproximadamente 10% da quantidade consumida durante o intervalo de suprimento do material. Esta condição visou garantir a rotatividade das embalagens entre o fabricante e o fornecedor.

Alguns materiais foram acondicionados em embalagens individuais (sacos plásticos e pequenas caixas de papelão), destinadas à proteção e ao fracionamento da quantidade total, permitindo o adequado manuseio e a racionalização na utilização interna, evitando perdas e esforços desnecessários.

A utilização de *containers* manuseáveis obedeceu à critérios ergonômicos, onde o somatório do peso do *container* padronizado e do peso da carga dos materiais não excedeu 12 kg para homens e 10 kg para mulheres.

					
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS & LOGÍSTICA (M&L) – MBU III					
Mês de referência			Novembro de 1998		
Fornecedor			STUMPP & SCHUELE DO BRASIL LTDA.		
Código do fornecedor			86039		
Ciclo de entrega			Diário		
Nível médio de estoque fabricante			2,0 dias		
Nível médio de estoque no fornecedor			2,0 dias		
Embalagem individual			Saco plástico reforçado de polietileno		
Container padronizado 1 (CP 1)			Caixa plástica Marfinite modelo 1002 com tampa		
Container padronizado 2 (CP 2)			Caçamba metálica Pasini modelo RCO/E n. 0		
Código do item	Consumo diário máximo (unidades)	Quantidade embalagem individual (unidades)	Container padronizado (Quantidade)	Nível de estoque fabricante (containers principais)	Nível de estoque fornecedor (containers principais)
25075-1	10.000	2.000	CP 1 (4.000)	20.000 (5)	20.000 (5)
25100	12.000	2.500	CP 1 (5.000)	25.000 (5)	25.000 (5)
25198	10.000	1.000	CP 1 (2.000)	20.000 (10)	20.000 (10)
28114	12.000	2.500	CP 1 (5.000)	25.000 (5)	25.000 (5)
AI796	20.000	500	CP 2 (10.000)	40.00 (4)	40.00 (4)
AI932-4	30.000	500	CP 2 (12.000)	60.000 (5)	60.000 (5)
AI1028	20.000	500	CP 2 (10.000)	40.000 (4)	40.000 (4)
AI1029	15.000	500	CP 2 (6.000)	30.000 (5)	30.000 (5)
...

FIGURA 80 - O dimensionamento inicial para *Kanban Externo Ato Hoju*.

					
PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO E MATERIAIS – MBU II					
Mês de referência			Março de 1999		
Quinzena de referência			Semanas 9 e 10 (01/03 a 05/03 e 08/03 a 12/03)		
Fornecedor			KAIZEN COMPONENTES ELETRICOS LTDA.		
Telefone/Fax (Localidade)			(019) 5233878 (Rio Claro/SP)		
Código do fornecedor			55072		
Código do item	Código do desenho	STATUS: PROGRAMA FIRME		STATUS: PROGRAMA PLANEJADO	
		Necessidades médias diárias em unidades (em containers)	Necessidades na quinzena em unidades (código pedido)	Necessidades no primeiro mês subsequente em unidades	Necessidades no segundo mês subsequente em unidades
BRC3051	BRC3000-A	10.000 (10)	100.000 (V249)	220.000	200.000
BRC3061	BRC3000-B	6.000 (6)	60.000 (V245)	120.00	120.00
BRM3003	BRM3003	3.000 (3)	30.000 (V232)	75.000	60.000
BRTP3011	BRTP3010	6.000 (6)	60.000 (230)	140.000	120.000
BRZC3051	BRZC3000	12.000 (8)	120.000 (248)	240.000	240.000
...

FIGURA 81 - A programação *Juwja Biki* para o *Kanban Externo*.

De acordo com a figura 81, a MBU responsável pelo consumo dos materiais faz a programação dos materiais para suprimento em *Kanban* baseada na divisão do horizonte de planejamento de seis semanas em duas semanas “firmes” e quatro semanas planejadas. À medida que uma semana firme se encerra, a semana planejada imediatamente subsequente se torna firme e, assim sucessivamente, dentro de um processo dinâmico de planejamento das necessidades de materiais. A parametrização do MRP foi alterada para a confecção de pedidos únicos quinzenais ou mensais, caso existissem pedidos firmes que preenchessem a capacidade de produção instalada.

Anteriormente, antes da implantação do *Kanban* Externo, a emissão de pedidos de compra de materiais era executada em base semanal, com reprogramações praticamente diárias. O suprimento *Just-In-Time* proporcionou maior flexibilidade na reprogramação, que sempre é feita em conjunto com o fornecedor dentro de uma semana planejada subsequente. Os objetivos, neste caso, são a minimização dos estoques, a otimização das atividades de recebimento e a liberação das matérias-primas necessárias.

As reprogramações das ordens de compra emitidas dentro da sistemática *Just-In-Time* são devidas às grandes instabilidades de mercado da chamada “linha branca” de eletrodomésticos. Assim, a empresa optou pelo replanejamento *net change* em base semanal. A reprogramação regenerativa é usada em situações mais isoladas, ante à complexidade dos cálculos envolvidos e ao maior dispêndio de tempo em comparação ao *net change*.

Os aspectos relevantes à adequação estratégica de fornecedores de materiais diretos que deveriam operar em *Kanban* foram a frequência de consumo, o custo de aquisição e a quantidade dos materiais consumidos, os níveis de qualidade associados e a presença de sistemas formais de qualidade, a localização geográfica dos fornecedores e o histórico de suprimento dos últimos dois anos.

6.1.1 - A frequência de consumo e os níveis de estoques dos materiais

A frequência de consumo está relacionada ao comportamento da demanda dos materiais em um intervalo de tempo. Assim, os materiais de demanda descontínua nos processos produtivos não foram supridos em regime *Kanban*. Em contrapartida, os materiais

de consumo regular, caracterizados por uma demanda repetitiva e razoavelmente estável no horizonte de planejamento, foram incluídos dentro da sistemática de suprimento JIT.

Para a aplicação de *Kanban* Externo, os materiais devem ter previsibilidade de demanda. Os materiais de consumo esporádico permaneceram dentro da sistemática de suprimento apoiada na programação através do MRP II. Mesmo que um material de demanda inconstante tenha elevado nível de qualidade e facilidades logísticas, a imprevisibilidade de consumo impossibilita o controle de suprimento através de *Kanban*. Os possíveis aumentos de capacidade produtiva, que está relacionado ao incremento da demanda do material, mesmo que no médio e longo prazos, precisam ser considerados para o dimensionamento dos estoques de materiais supridos em *Just-In-Time*.

No modelo de produção *job shop*, o consumo médio em um período de tempo não é um dado confiável para o dimensionamento dos estoques dos materiais em *Kanban*. Inicialmente, é mais seguro trabalhar com níveis de estoques internos um pouco elevados, como forma de prevenção de possíveis problemas de adaptação ao novo sistema. O refinamento e o monitoramento dos níveis de estoques dos materiais são fundamentais para a manutenção do *Kanban* Externo e para as atividades de aprimoramento contínuo.

Em relação à frequência de consumo dos materiais dentro do *Kanban* Externo, a figura 82 mostra os níveis iniciais dos estoques internos e externos que devem ser admitidos de acordo com a frequência de entrega dos materiais pelo fornecedor. Os níveis de estoques são definidos somente para o suprimento dos materiais, não contabilizando as ineficiências dos processos produtivos do fornecedor e os problemas logísticos internos e externos, relacionados com transporte, recebimento dos materiais, inspeções e disponibilização para consumo interno.

Frequência de entrega (ciclo de ressurgimento)	Nível de estoque interno (fabricante)	Nível de estoque externo (fornecedor)
2 vezes por semana (terças e quintas-feiras)	4,0 dias	3,0 dias
3 vezes por semana (segundas, quartas e sextas-feiras)	3,0 dias	2,0 dias
5 vezes por semana (entregas diária)	1,0 dia	1,0 dia

FIGURA 82 - Os níveis de estoques para o dimensionamento do *Kanban* Externo associados às frequências de entrega dos materiais.

Os níveis de estoques mostrados pela figura 82 foram simulados em computador através do programa ARENA, da Paragon Softwares. O esquema dos modelos de simulação utilizados são exibidos nas figuras 83 e 84.

Considerou-se que a demanda diária do material era equivalente a um *container* padronizado e que o suprimento escalonado era feito no início do turno de trabalho. Os modelos traduzem a preocupação com a determinação dos níveis de estoques necessários ao abastecimento dos postos de trabalho internos, desconsiderando o *leadtimes* associados à fabricação dos materiais pelo fornecedor, durante o tempo transcorrido para a próxima entrega. Os níveis de estoques são considerados como referência no momento da implantação do *Kanban*, podendo ser atualizados e reduzidos continuamente de acordo com o conceito de *Kaizen*.

Os níveis de estoques de segurança internos e externos variam de acordo com os riscos de atrasos nos suprimentos dos materiais, relacionados ao transporte e à possibilidade de avarias nos veículos, às pequenas variações de consumo admitidas na produção interna, às ineficiências dos processos de fabricação e aos problemas para obtenção de matérias-primas pelo fornecedor. As ineficiências produtivas e logísticas devem ser levadas em consideração para o dimensionamento dos níveis iniciais dos estoques internos e externos.

Caso o fornecedor tenha uma restrição verificada nos processos produtivos, como uma operação de *setup* que consuma 1,0 dia, deverá ser mantido um estoque excedente de 1,0 dia além do estoque inicial dimensionado para o suprimento dos materiais.

Outra situação diz respeito ao suprimento de forma indireta, feito através do ciclo fornecedor-depósito de transportadora-fabricante, que exige a transferência das cargas dos materiais de um veículo de transporte para outro. Se este procedimento consumir 0,5 dia, o fabricante deverá manter 0,5 dia de estoque adicional, prevenindo atrasos na entrega dos materiais diretos.

Pode-se concluir que as atividades de aprimoramento contínuo dos processos produtivos e logísticos do fabricante e do fornecedor são as grandes responsáveis pela minimização dos níveis de estoques internos e externos.

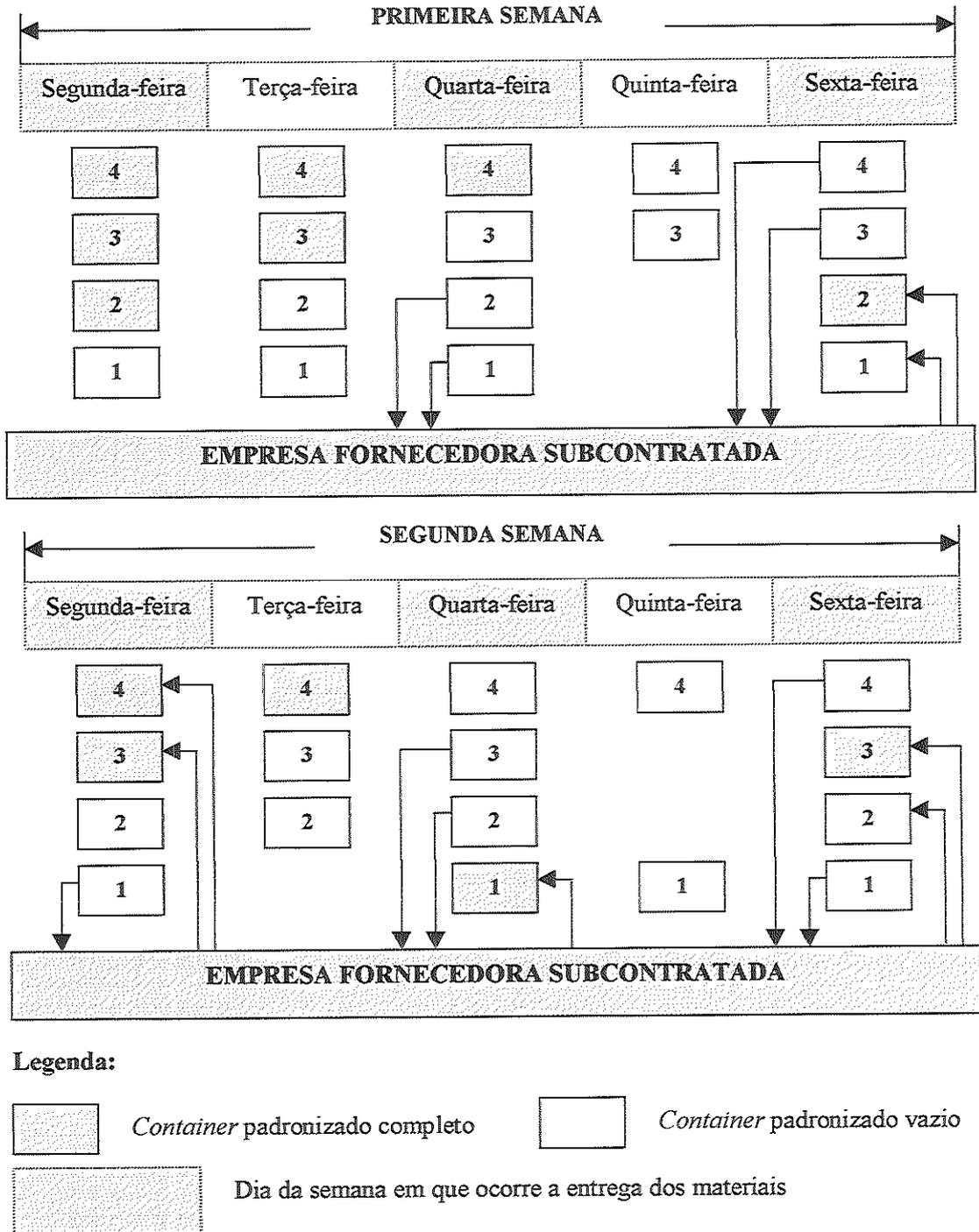
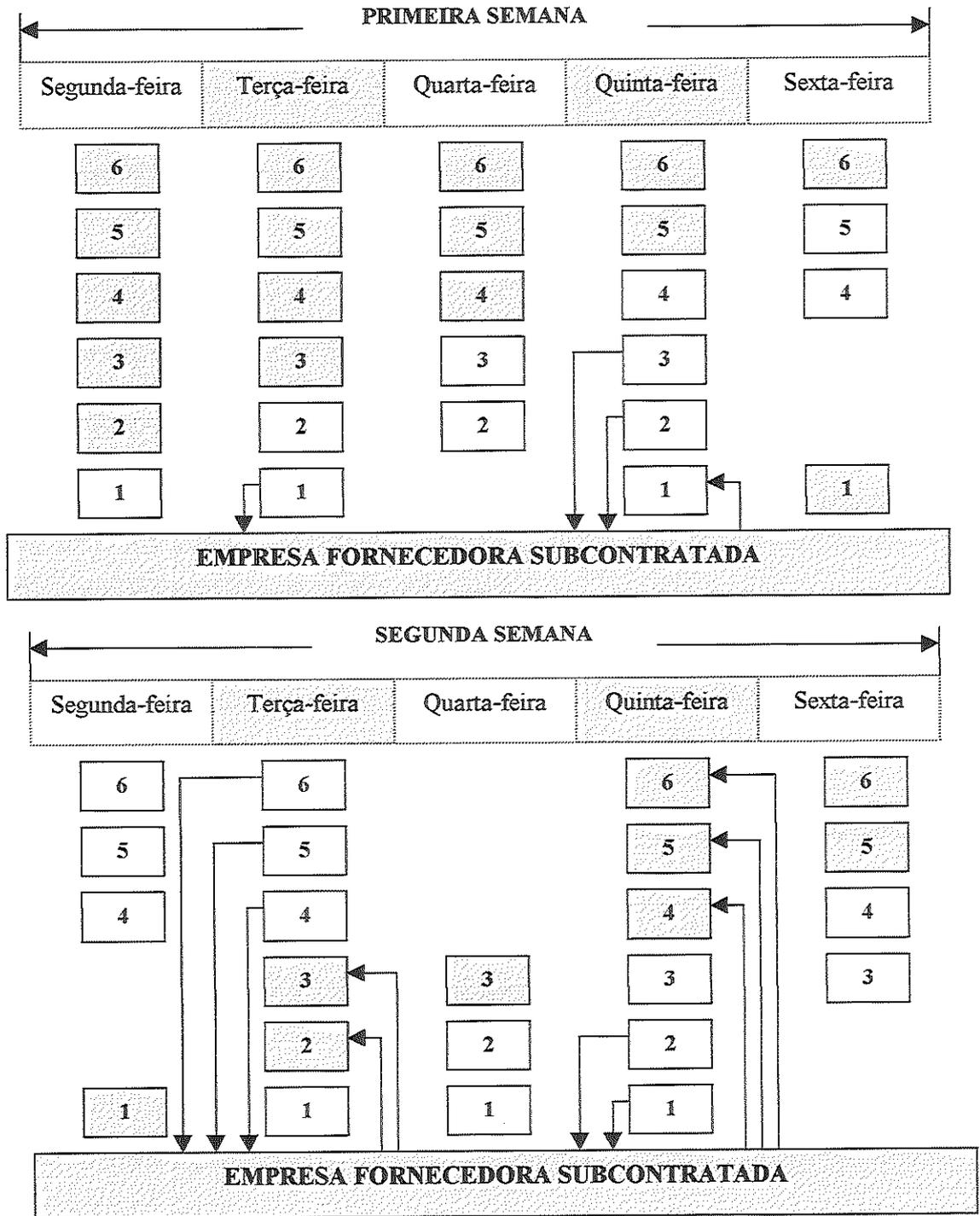


FIGURA 83 - O Kanban Externo com frequência de entrega de três dias por semana.



Legenda:

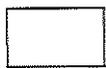
-  Container padronizado completo
-  Container padronizado vazio
-  Dia da semana em que ocorre a entrega dos materiais

FIGURA 84 - O Kanban Externo com frequência de entrega de dois dias por semana.

6.1.2 - O custo e a quantidade dos materiais consumidos

O custo de aquisição e a quantidade dos materiais consumidos foram considerados parâmetros importantes para a aplicação do *Kanban* em fornecedores de materiais diretos. A classificação ABC (Análise de Pareto) foi bastante útil para a escolha dos materiais que podem ser incluídos dentro da sistemática de suprimento do *Kanban* Externo. A figura 85 considera a relação entre a dimensão do consumo dos materiais e o custo total dos materiais consumidos para a aplicação de suprimento *Just-In-Time* através de *Kanban*.

Classificação da demanda mensal dos materiais diretos A = acima de 300.000 unidades B = de 200.000 a 300.000 unidades C = de 50.000 a 200.000 unidades	Classificação do custo total do materiais diretos consumidos A = acima de US\$ 300.000 B = de 100.000 a US\$ 300.000 C = abaixo de US\$ 100.000	Facilitação para a aplicação de <i>Kanban</i> Externo A = Alta B = Média C = Baixa
A	A	A
A	B	A
A	C	B
B	A	A
B	B	B
B	C	B
C	A	B
C	B	B
C	C	C

FIGURA 85 - A aplicação de *Kanban* Externo de acordo com a relação entre a demanda e o custo dos materiais consumidos.

Pela figura 85, um material que possua uma demanda mensal em torno de 240.000 unidades, com custo estimado em US\$ 380.000, tem alta possibilidade de ser suprido através de *Kanban* Externo, conforme este aspecto de adequação.

6.1.3 - A qualidade dos materiais e os sistemas de garantia da qualidade

Os níveis de qualidade dos materiais diretos e a presença de sistemas formais de qualidade nos fornecedores foram tratados como critérios decisivos para a aplicação de *Kanban* Externo. O desenvolvimento de fornecedores de materiais diretos que sejam capacitados para a operação em *Kanban* Externo está baseado nas etapas mostradas pela figura 86. Dentro desta metodologia, o *Kanban* Externo exige que os fornecedores de

materiais diretos estejam no estágio de qualidade assegurada ou nas etapas 6 e 7 do sistema de comutação *skip lot*. A metodologia associada é discutida na seqüência do trabalho.

Etapas	Requisitos aplicáveis
Desenvolvimento de Novos Fornecedores (DNF)	(1) Pré-qualificação técnica e comercial (2) Fornecimento de amostra inicial (3) Avaliação do sistema da qualidade (4) Fornecimento de lote-piloto
Certificação do Sistema da Qualidade	(1) Avaliação do item ou material fornecido (2) Tratamento das não-conformidades (3) Índices de qualidade (4) Classificação do fornecedor
Reciclagem dos Fornecedores	(1) Auditoria de sistema da qualidade

FIGURA 86 - O plano de qualidade voltado à aplicação de *Kanban* Externo.

O Desenvolvimento de Novos Fornecedores (DNF) é iniciado quando um novo item é projetado e liberado para a utilização em um novo produto ou em um produto que venha a sofrer alterações de projeto. Também, o processo de DNF é deflagrado caso ocorra a necessidade de fontes alternativas para os itens já desenvolvidos, motivado por questões de redução de custos ou aumento dos níveis de qualidade dos itens já fornecidos. As etapas que compõem o desenvolvimento de novos fornecedores são a pré-qualificação técnica e comercial, o fornecimento de amostra inicial, a avaliação do sistema da qualidade do fornecedor e o fornecimento do lote-piloto dos materiais.

A pré-qualificação técnica e comercial é baseada em um pesquisa de fornecedores que estão atuando em um segmento específico de mercado. Uma vez que os fornecedores foram selecionados, é feito um contato prévio para a coleta de informações e para a descrição pormenorizada da empresa em relação à estrutura organizacional, ao número de funcionários, aos equipamentos, à capacidade instalada, ao sistema de garantia da qualidade, aos principais clientes e à “saúde” financeira, dentre outros aspectos. Nesta etapa pode ser realizada uma visita para a verificação da potencialidade de suprimento do fornecedor. O resultado desta visita é formalizado através da emissão de um relatório pelo setor de DNF.

Através do envio de um desenho técnico ou especificação, é solicitada uma amostra inicial do material do fornecedor que foi aprovado na etapa de pré-qualificação técnica e comercial, para a verificação da possibilidade do fornecedor atender às especificações técnicas, de acordo com testes dimensionais e ensaios de laboratório.

Também, é solicitado ao fornecedor o envio do relatório de inspeção da amostra e do certificado de qualidade. Este certificado deve conter as cotas e as propriedades indicadas nos desenhos e nas normas aplicáveis aos materiais e os resultados obtidos na inspeção. Para algumas características do item ou material fornecido são exigidos o valor mínimo de 1,33 para o coeficiente de capacidade do processo (Cpk), que deve constar no certificado de qualidade emitido pelo fornecedor.

Após a inspeção da amostra, o setor de Qualidade Assegurada de Materiais (QAM) deve encaminhar o relatório de inspeção do material e o certificado de qualidade emitido pelo fornecedor para a análise da Engenharia do Produto, que emitirá um parecer final. Este parecer libera ou restringe o envio do lote-piloto e é apresentado aos setores de DNF, Compras e ao fornecedor em questão.

A avaliação do sistema da qualidade do fornecedor, que é realizada pelo setor de QAM e baseada no atendimento aos requisitos da Norma ISO 9002, consiste da análise de auto-avaliação e da avaliação *in loco* do sistema qualidade. A análise de auto-avaliação consiste no envio, ao fornecedor, de um questionário acerca dos tópicos relativos à qualidade após o recebimento da amostra inicial. Este questionário será a base do relatório de auto-avaliação do sistema da qualidade emitido pelo QAM.

A avaliação *in loco* do sistema qualidade é feita após a emissão do relatório de auto-avaliação, onde o fornecedor pode receber as classificações de qualificado, parcialmente qualificado (ao fornecedor é requerida a apresentação de um plano de ações corretivas a ser implementando para a correção das não-conformidades detectadas) e não-qualificado (o fornecimento é autorizado somente com a autorização explícita do Departamento de Materiais e Logística, sendo que os lotes recebidos sofrem inspeção 100%). Os fornecedores que possuem certificação de sistema de qualidade, emitida por entidades certificadoras reconhecidas e compatíveis com o sistema de qualidade adotado pela Tecumseh do Brasil, estão dispensados da avaliação *in loco*.

O fornecimento do lote-piloto do material está fundamentado na decisão final da Engenharia do Produto, em relação à aprovação da amostra inicial fornecida. Em caso afirmativo, é solicitado ao fornecedor o envio de um lote de materiais em escala normal de produção, que visa a verificação da capacidade de atendimento e da capacidade dos processos produtivos do fornecedor. O lote-piloto é utilizado nas primeiras unidades do novo

produto. As características de especificação e desempenho dos materiais fornecidos, que são emitidas pela Engenharia do Produto da Tecumseh do Brasil, com base em recomendações da Tecumseh Products Co. (matriz), são rigorosamente observadas e controladas.

A certificação do sistema da qualidade é feita para os fornecedores homologados, visando a obtenção do título de “Fornecedor Qualidade Assegurada”, que é baseado nos índices de qualidade que o fornecedor obtém através da avaliação dos materiais regularmente fornecidos. A certificação do sistema da qualidade é feita pelo setor de QAM e é composta pelas etapas de avaliação do material fornecido, tratamento das não-conformidades, determinação dos índices de qualidade do fornecedor e classificação do fornecedor.

A avaliação do material está baseada na análise regular, através da inspeção no recebimento e dos resultados obtidos durante a utilização nos postos de trabalho. O sistema adotado para a inspeção no recebimento consiste em estágios que estabelecem a frequência com que os lotes recebidos são inspecionados, representando o indicativo da confiabilidade de suprimento do fornecedor. Este sistema consiste dos estágios de inspeção para todos os lotes, de comutação para *skip lot* e de qualidade assegurada (QA), mostradas pela figura 87.

No primeiro estágio de inspeção, todos os lotes recebidos são inspecionados segundo um plano de amostragem preestabelecido, baseado no tamanho do lote recebido e no nível de qualidade aceitável (NQA), onde são definidos os tamanhos das amostras que serão avaliadas segundo o NQA de 1,0 e de 2,5 (99,0% e 97,5% dos materiais recebidos estão dentro dos padrões de qualidade especificados, respectivamente). No estágio de *skip lot*, é usado um critério estatístico para a seleção dos lotes a serem inspecionados.

O *skip lot* consiste em várias etapas de inspeção, onde a passagem de uma etapa para outra com frequência de inspeção mais reduzida depende do desempenho do material nas atividades de inspeção de recebimento. Sempre que houver algum problema de qualidade no lote inspecionado em uma etapa do *skip lot*, o fornecedor retorna ao início da etapa do estágio anterior de inspeção. Para atingir o regime de *skip lot*, os materiais fornecidos não devem ser rejeitados durante um período aproximado de 6 meses. Além disto, o fornecedor deve possuir um sistema de qualidade formal baseado na Norma ISO 9002.

RI	Status	RI = Regime de inspeção	RI	Status	RI = Regime de inspeção
01	Inspeccionar	1ª Etapa Peças acabadas: NQA=1,0 Peças brutas: NQA=2,5 Chapas em folhas: 4 amostras Chapas em bobinas: 5 amostras Tubos: 10 amostras	50	Inspeccionar	5ª Etapa Peças acabadas: NQA=2,5 Peças brutas: NQA=6,5 Chapas em folhas 4: amostras Chapas em bobinas 5: amostras Tubos: 10 amostras
02	Inspeccionar		51	Não Inspeccionar	
03	Inspeccionar		52	Não Inspeccionar	
04	Inspeccionar		53	Não Inspeccionar	
05	Inspeccionar		54	Não Inspeccionar	
06	Inspeccionar		55	Não Inspeccionar	
07	Inspeccionar		56	Não Inspeccionar	
08	Inspeccionar		57	Inspeccionar	
09	Inspeccionar		58	Não Inspeccionar	
10	Inspeccionar		59	Não Inspeccionar	
11	Inspeccionar	2ª Etapa Peças acabadas: NQA=1,0 Peças brutas: NQA=2,5 Chapas em folhas: 4 amostras Chapas em bobinas: 5 amostras Tubos: 10 amostras	60	Não Inspeccionar	6ª Etapa Peças acabadas: NQA=2,5 Peças brutas: NQA=6,5 Chapas em folhas: 4 amostras Chapas em bobinas: 5 amostras Tubos: 10 amostras
12	Inspeccionar		61	Não Inspeccionar	
13	Não Inspeccionar		62	Não Inspeccionar	
14	Inspeccionar		63	Não Inspeccionar	
15	Inspeccionar		64	Inspeccionar	
16	Não Inspeccionar		65	Não Inspeccionar	
17	Inspeccionar		66	Não Inspeccionar	
18	Inspeccionar		67	Não Inspeccionar	
19	Não Inspeccionar		68	Não Inspeccionar	
20	Inspeccionar		69	Não Inspeccionar	
21	Não Inspeccionar	3ª Etapa Peças acabadas: NQA=1,5 Peças brutas: NQA=4,0 Chapas em folhas: 4 amostras Chapas em bobinas: 5 amostras Tubos: 10 amostras	70	Não Inspeccionar	7ª Etapa Peças acabadas: NQA=2,5 Peças brutas: NQA=6,5 Chapas em folhas: 4 amostras Chapas em bobinas: 5 amostras Tubos: 10 amostras
22	Não Inspeccionar		71	Inspeccionar	
23	Inspeccionar		72	Não Inspeccionar	
24	Não Inspeccionar		73	Não Inspeccionar	
25	Não Inspeccionar		74	Não Inspeccionar	
26	Inspeccionar		75	Não Inspeccionar	
27	Não Inspeccionar		76	Não Inspeccionar	
28	Não Inspeccionar		77	Não Inspeccionar	
29	Inspeccionar		78	Não Inspeccionar	
30	Não Inspeccionar		79	Não Inspeccionar	
31	Não Inspeccionar	4ª Etapa Peças acabadas: NQA=1,5 Peças brutas: NQA=4,0 Chapas em folhas: 4 amostras Chapas em bobinas: 5 amostras Tubos: 10 amostras	80	Inspeccionar	8ª Etapa Peças acabadas: NQA=2,5 Peças brutas: NQA=6,5 Chapas em folhas: 4 amostras Chapas em bobinas: 5 amostras Tubos: 10 amostras
32	Inspeccionar		81	Não Inspeccionar	
33	Não Inspeccionar		82	Não Inspeccionar	
34	Não Inspeccionar		83	Não Inspeccionar	
35	Inspeccionar		84	Não Inspeccionar	
36	Não Inspeccionar		85	Não Inspeccionar	
37	Não Inspeccionar		86	Não Inspeccionar	
38	Não Inspeccionar		87	Não Inspeccionar	
39	Não Inspeccionar		88	Não Inspeccionar	
40	Inspeccionar		89	Não Inspeccionar	
41	Não Inspeccionar	90	Inspeccionar	Inspeccionar os lotes com RI's múltiplos de 20. Exemplo: lote 100, lote 120,...	
42	Não Inspeccionar	91	Não Inspeccionar		
43	Não Inspeccionar	92	Não Inspeccionar		
44	Não Inspeccionar	93	Não Inspeccionar		
45	Inspeccionar	94	Não Inspeccionar		
46	Não Inspeccionar	95	Não Inspeccionar		
47	Não Inspeccionar	96	Não Inspeccionar		
48	Não Inspeccionar	97	Não Inspeccionar		
49	Não Inspeccionar	98	Não Inspeccionar		
		99	Não Inspeccionar		
		100	Inspeccionar		

(1) Se um lote for rejeitado em qualquer etapa, o RI para o lote posterior será o primeiro da etapa anterior. Exemplo: Se o lote de RI 57 estiver rejeitado, o lote posterior terá RI 35.

(2) Para o NQA das etapas deve-se utilizar o Plano de Amostragem (tamanho do lote x NQA)

FIGURA 87 - A sistemática de avaliação dos materiais fornecidos.

No estágio de qualidade assegurada, os materiais que apresentam este *status* não necessitam de inspeção de recebimento e são enviados diretamente para a utilização nos postos de trabalho. Mesmo possuindo qualidade assegurada, a cada 15 lotes, o material sofre inspeção amostral normal.

Tamanho do lote	Nível de Qualidade Aceitável (NQA)														
	.010	.015	.025	.040	.065	.10	.15	.25	.40	.65	1.0	1.5	2.5	4.0	
2 a 8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	3
9 a 15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	13	8	5	3
16 a 25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	20	13	8	5	3
26 a 50	*	*	*	*	*	*	*	*	*	32	20	13	8	5	5
51 a 90	*	*	*	*	*	*	80	50	32	20	13	8	7	6	
91 a 150	*	*	*	*	*	125	80	50	32	20	13	12	11	7	
151 a 280	*	*	*	*	200	125	80	50	32	20	20	19	13	10	
281 a 500	*	*	*	315	200	125	80	50	48	47	29	21	16	11	
501 a 1200	*	800	500	315	200	125	80	75	73	47	34	27	19	15	
1201 a 3200	1250	800	500	315	200	125	120	116	73	53	42	35	23	18	
3201 a 10000	1250	800	500	315	200	192	189	116	86	68	50	38	29	22	
10001 a 35000	1250	800	500	315	300	294	189	135	108	77	60	46	35	29	
35001 a 150000	1250	800	500	490	476	294	218	170	123	96	74	56	40	29	
150001 a 500000	1250	800	750	715	476	345	270	200	156	119	90	64	40	29	
500001 e acima	1250	1200	1112	715	556	435	303	244	189	143	102	64	40	29	

Observação: (*) Indica que o lote deve ser inspecionado em regime 100%.

FIGURA 88 - O plano de amostragem para a inspeção dos materiais diretos.

O tratamento das não-conformidades compreende as etapas posteriores ao recebimento do lote onde foi detectado algum problema de qualidade. Os materiais são retidos e é emitido o Relatório de Material Não-Conforme (RMNC). O fornecedor é acionado e recebe uma cópia do RMNC, devendo apresentar um plano formal de ações corretivas, assegurando que os problemas não mais se repetirão. As quantidades rejeitadas incidem diretamente sobre os índices da qualidade do fornecedor.

Os índices de qualidade do fornecedor são calculados para se executar o monitoramento dos níveis de qualidade. Os fornecedores são monitorados e certificados através do Índice da Qualidade do Fornecedor (IQF), representado pela expressão IQF (partes por milhão/PPM) = $[(\text{quantidade rejeitada}) / (\text{quantidade recebida})] \cdot (1.000.000)$, onde a quantidade rejeitada é o percentual de itens rejeitados na amostra do lote reprovado.

A classificação do fornecedor é feita a partir da coleta de informações relacionadas à avaliação do material fornecido. Os fornecedores podem ser assim classificados: excelente (IQF de 0 a 450 PPM), capaz (IQF de 451 a 1.500 PPM), requer melhorias (IQF de 1.501 a

2.000 PPM) e desempenho inaceitável (IQF maior que 2.000 PPM). Através desta classificação, são executadas as atividades de monitoramento mensal, classificação trimestral, classificação “Fornecedor Qualidade Assegurada” e premiação “Fornecedor Alto Nível de Qualidade”.

O monitoramento mensal é executado a partir do cálculo do IQF baseado no histórico dos materiais. Os fornecedores classificados como “requer melhorias” e “desempenho inaceitável” são notificados para que apresentem um plano formal de ações corretivas, com base em um cronograma de atividades. A classificação trimestral visa apresentar ao fornecedor um resumo do desempenho dos materiais fornecidos no último trimestre e os IQF obtidos nos últimos 4 meses. Assim, o fornecedor tem condições de monitorar o desempenho dos processos e efetuar as melhorias que se fizerem necessárias.

A classificação “Fornecedor Qualidade Assegurada” é feita semestralmente com base nos requisitos aplicados ao fornecedor e nos requisitos aplicados aos materiais fornecidos. Os requisitos aplicados ao fornecedor englobam as condições de que o IQF calculado a partir dos últimos 12 meses seja menor ou igual a 450 PPM, de que o IQF trimestral seja menor ou igual a 1.500 PPM e de que o fornecimento foi regular em pelo menos três, dos quatro trimestres avaliados. Os requisitos aplicados aos materiais fornecidos obedecem ao critério de que o IQF anual seja menor ou igual a 1.000 PPM.

A premiação “Fornecedor Alto Nível de Qualidade” é conferida anualmente aos fornecedores ativos que se enquadraram nos critérios de que o IQF trimestral seja menor ou igual a 450 PPM, de que o fornecimento foi regular nos quatro trimestres englobados nesta classificação, de que, no mínimo 80% dos materiais fornecidos, possuam o *status* de qualidade assegurada e de que o atendimento aos requisitos comerciais, como prazos de entrega, quantidades fornecidas e respeito aos acordos básicos, foi considerado pleno.

A Reciclagem dos Fornecedores é feita com base na escolha anual de alguns fornecedores para o programa de reciclagem, que consiste na revisão conjunta das variáveis que envolvem a garantia da qualidade dos suprimentos. Esta revisão consiste das etapas de análise crítica das especificações (realizada em conjunto com os fornecedores), auditoria do sistema de garantia da qualidade (que visa o aperfeiçoamento do mesmo), revisão e estabelecimento dos planos de qualidade e dos certificados de conformidade e definição das metas de médio e longo prazos.

Normalmente, a auditoria de sistema da qualidade é acompanhada por uma auditoria de processo. Ambas são realizadas em conjunto pelo setor de QAM e Engenharia da Qualidade. As ênfases da auditoria de processo realizadas nos fornecedores são a observação dos métodos de controle dos processos de fabricação, a comprovação de sistemáticas de inspeção dos materiais processados e a verificação da utilização de produtos químicos, utilizados nos processos produtivos, que podem contaminar o produto final.

A relação entre os níveis de qualidade dos materiais diretos e a presença de sistemas formais de garantia da qualidade nos fornecedores são mostradas pela figura 89. Estes dois aspectos são muito importantes para a determinação da confiabilidade do suprimento de acordo com os níveis da qualidade de conformação dos materiais supridos e com a segurança embutida nos processos produtivos dos fornecedores.

Classificação dos níveis de qualidade dos materiais diretos A = Qualidade Assegurada B = Nível 7 do sistema de <i>skip lot</i> C = Nível 6 do sistema de <i>skip lot</i>	Classificação de acordo com a presença de sistemas de garantia da qualidade nos fornecedores A = formalmente instalado, baseado nas normas ISO 9000 B = instalado e documentado, em processo de certificação formal C = instalado	Facilitação para a aplicação de <i>Kanban Externo</i> A = Alta B = Média C = Baixa
A	A	A
A	B	A
A	C	B
B	A	A
B	B	B
B	C	B
C	A	B
C	B	B
C	C	C

Observação: A ausência de um sistema de garantia da qualidade formalmente constituído no fornecedor inviabiliza a implantação de *Kanban Externo*.

FIGURA 89 - A aplicação de *Kanban Externo* de acordo com os níveis de qualidade dos materiais e a presença de sistemas formais de garantia da qualidade nos fornecedores.

Pela figura 89, um material que esteja classificado segundo o nível 7 do sistema de *skip lot* e cujo fornecedor tenha um sistema de garantia da qualidade baseado nas normas ISO 9000, possui alta possibilidade de ser suprido através de *Kanban*, conforme este aspecto.

Os materiais supridos em *Just-In-Time* e, que pela dinâmica do processo de suprimento, não mais estão em qualidade assegurada, devem ter um tratamento diferenciado, no sentido de não retirá-los num primeiro momento do *Kanban* Externo, para não gerar dificuldades operacionais nos processos de recebimento e armazenagem. O objetivo é a evitar a falta, que traria prejuízos aos processos internos.

Dentre os procedimentos que garantem a confiabilidade do suprimento dos materiais que estavam e não mais estão em *Kanban*, encontram-se:

- (1) Somente devem ser mantidos no *Kanban* Externo os itens que tenham regime de inspeção *skip lot* e que estejam próximos do *step* de qualidade assegurada.
- (2) Deve-se aumentar os níveis dos estoques internos destes materiais para garantir o fornecimento interno. O novo nível de estoque destes materiais deve contemplar os *leadtimes* de disponibilização do material nos processos produtivos, tais como as inspeções eventuais, as etapas de transporte, a sistemática de recebimento interno etc.
- (3) Os níveis dos estoques de materiais, sem o *status* de qualidade assegurada, devem ser relativamente maior que os níveis dos estoques dos materiais possuem este atributo, independente do fato do fornecedor possuir outros materiais que estejam em qualidade assegurada supridos através de *Kanban*.
- (4) Deve haver um intenso esforço multidisciplinar, envolvendo o fabricante e o fornecedor, para rapidamente restituir a estes materiais o *status* de qualidade assegurada.
- (5) Caso ocorra qualquer problema relacionado ao abastecimento, estes materiais devem retornar à sistemática de suprimento tradicional via MRP II.

6.1.4 - A localização dos fornecedores de materiais diretos

Outro aspecto importante para a implantação do *Kanban* Externo é a localização geográfica dos fornecedores. Obviamente, os fornecedores que estão fisicamente mais próximos do fabricante tiveram prioridade dentro do projeto de implementação do sistema de suprimento *Just-In-Time*.

Classificação segundo a Distância média entre o fabricante e os fornecedores de materiais diretos A = abaixo de 150 km B = de 150 a 400 km C = de 400 a 800 km	Possível freqüência de suprimento associada ao <i>Kanban Externo</i> (ciclo de entregas) A = entregas diárias B = entregas em três dias da semana C = entregas em dois dias da semana	Facilitação para a aplicação de <i>Kanban Externo</i> A = Alta B = Média C = Baixa
A	A	A
A	B	B
A	C	C
B	A	A
B	B	B
B	C	C
C	A	A
C	B	B
C	C	C

FIGURA 90 - A aplicação de *Kanban Externo* de acordo com a proximidade física entre o fabricante e os fornecedores de materiais diretos.

Pela figura 90, um fornecedor que esteja situado a 100 km do fabricante e que tenha condições de executar o suprimento de acordo um ciclo diário, possui alta possibilidade de ser suprido através de *Kanban*, conforme este aspecto de adequação.

6.1.5 - O histórico de suprimento dos materiais

A análise histórica visa a avaliação da competência técnica e comercial de um fornecedor. O histórico de suprimento dos últimos dois anos dos fornecedores aptos à operação no regime *Kanban* foi avaliado de forma a se determinar o grau de confiabilidade dos abastecimentos. Os fatores relevantes nesta avaliação são o número de atrasos nas entregas dos materiais (a pontualidade do suprimento de materiais), o nível de comprometimento do fornecedor e o grau de relacionamento técnico e comercial, que engloba as facilidades de comunicação para a resolução de problemas e o respeito aos acordos comerciais preestabelecidos.

A análise histórica do comportamento do fornecedor depende da coleta de informações referentes aos procedimentos comerciais de aquisição e às atividades ligadas ao recebimento e armazenagem dos materiais. As informações coletadas a partir do julgamento pessoal de compradores e supervisores de almoxarifado são confrontadas com os dados

históricos, de modo a se obter maior aderência entre a realidade prática e os arquivos de dados disponibilizados para esta análise.

6.1.6 - As considerações sobre o potencial dos fornecedores

A avaliação do potencial de aplicação do *Kanban* Externo em um fornecedor deve ser feita através de uma análise cruzada dos cinco parâmetros anteriormente comentados, que representa a base desta metodologia. Esta avaliação é importante no sentido de se obter a viabilidade de aplicação da sistemática de suprimento JIT em um fornecedor.

As reuniões e as visitas técnicas também foram necessárias para se confirmar o perfil mostrado na avaliação inicial de potencial, trazendo maior aproximação com os fornecedores que apresentaram um bom desempenho na avaliação para a operação de acordo com as entregas escalonadas previstas no suprimento *Just-In-Time*.

6.1.7 - A análise de investimento para o suprimento *Just-In-Time*

A constituição de um método de análise financeira para a implantação do *Kanban* Externo em fornecedores de materiais diretos com qualidade assegurada foi necessária devido ao risco implícito nas decisões relacionadas aos projetos na área de administração de materiais. A metodologia de análise de investimento para a determinação da viabilidade do *Kanban* em fornecedores estratégicos foi baseada em técnicas usuais de Engenharia Econômica, com grande aplicabilidade empresarial e acadêmica. Os métodos utilizados têm caráter de análise prévia, sendo que a avaliação é feita antes da implantação.

O investimento referente à implantação do *Kanban* Externo em um fornecedor de materiais diretos, e sua amortização ao longo do tempo, foi abordado através do exemplo de um problema de cunho prático. Esta metodologia, confeccionada a partir de procedimentos específicos, supriu a falta de uma abordagem financeira para os investimentos com projetos atrelados ao suprimento de materiais. O método descrito pode ser usado com bastante segurança em situações de economia instável e inflacionária, ou seja, em ambientes de grandes incertezas e alto grau de risco associado à decisão de investimento.

A tomada de decisões a partir de juízos de valor, experiência anterior ou pura intuição, é muito freqüente. O elevado aporte de recursos exigidos, associado à característica de irreversibilidade das decisões sobre investimentos, tem gerado a tendência de se focar mais objetivamente estas decisões através de métodos de análise quantitativa.

De acordo com FLEISCHER (1973), a adoção de um método financeiro para avaliação de investimentos em empresas é muito importante, pois os maiores índices de produtividade e lucratividade de projetos ainda estão relacionados aos parâmetros monetários. A análise financeira para a implantação do *Kanban* Externo foi baseada em técnicas muito difundidas nos meios acadêmicos e empresariais e representam um conjunto poderoso de instrumentos decisoriais para a avaliação de investimentos.

Dados ou variáveis	Símbolo	Descrição dos dados ou variáveis
Data inicial	Data 0	A data do primeiro desembolso de capital para a implantação do <i>Kanban</i>
Desembolso inicial	D_0	O desembolso executado na data 0, em unidades financeiras, referente às despesas relativas com a implantação do <i>Kanban</i>
Nível de inventário na data 0	NI_0	O material imobilizado na data 0 em unidades físicas
Valor inicial do Inventário	VI_0	O valor do inventário na data 0 em unidades financeiras
Consumo médio	CMD	O consumo médio diário em unidades físicas
Inventário <i>Kanban</i>	IK	Inventário medido em dias, correspondente à somatória do estoque para consumo e do estoque de segurança
Nível do Inventário <i>Kanban</i>	NIK	O material pós-implantação do <i>Kanban</i> , em unidades físicas. Representa o próprio “estoque <i>Kanban</i> ” e é um valor médio do estoque que estará presente na fábrica após o consumo do inventário excedente. O NIK é advindo do estado de equilíbrio após a implantação do <i>Kanban</i>
Valor do Inventário <i>Kanban</i>	VIK	O valor do inventário médio pós-implantação <i>Kanban</i> , em unidades financeiras de dado material
Taxa Mínima Atrativa de Retorno mensal	$TMAR_m$ ou i_{am}	A taxa mensal de recuperação do capital pela empresa

FIGURA 91 - A simbologia associada à análise do investimento para a implantação do *Kanban* Externo.

As informações e dados principais relativos à avaliação financeira de viabilidade de participação de um fornecedor qualificado no *Kanban* Externo são:

- (1) $VI_0 = \$ 5.511,00$
- (2) $i_{am} = 2,20 \% \text{ a.m. (ao mês)}$

$$(3) D_0 = \$ 397,80$$

$$(4) NI_0 = 1.000 \text{ unidades}$$

$$(5) CMD = 22 \text{ unidades/dia}$$

Neste exemplo, o ciclo de entrega é de três vezes por semana. Por questões logísticas, relacionadas ao fluxo interno dos materiais, decidiu-se por um inventário (IK) para este item de 5,5 dias (3,0 dias de estoque interno para consumo e 2,5 dias de estoque de segurança). Este valor inicial deve ser continuamente reduzido através da prática de *Kaizen*.

O valor unitário do item (u) é calculado pelo quociente $u = (VI_0) / (NI_0)$. Substituindo os valores, obtém-se: $u = \$ 5.511,00 / 1.000 \text{ unidades} = \$ 5,51/\text{unidade}$.

O nível do inventário *Kanban* (NIK) é calculado pela expressão $NIK = IK \cdot CMD$. Substituindo os valores, obtém-se: $NIK = 5,5 \text{ dias} \cdot 22 \text{ unidades/dia} = 120 \text{ unidades}$.

O Valor do Inventário *Kanban* (VIK) é calculado pela expressão $VIK = NIK \cdot u$. Substituindo os valores, obtém-se: $VIK = 120 \text{ unidades} \cdot \$ 5,51/\text{unidade} = \$ 661,20$.

A Redução Quantitativa de Inventário (RQI) é calculada pela expressão $RQI = NI_0 - NIK$. Substituindo os valores, obtém-se: $RQI = 1.000 - 120 = 880 \text{ unidades}$.

A Redução Financeira de Inventário (RFI) é calculada pelas expressões $RFI = VI_0 - VIK$ ou $RFI = RQI \cdot u$. Substituindo os valores, obtém-se: $RFI = \$ 5.511,00 - \$ 661,20$ ou $RFI = 880 \text{ unidades} \cdot \$ 5,51/\text{unidade} = \$ 4.849,80$.

A Redução Percentual de Inventário (RPI) é calculada pelas expressões $RPI = (VI_0 - VIK / VIK) \cdot 100$ ou $RPI = (NI_0 - NIK / NIK) \cdot 100$. Substituindo os valores, obtém-se: $RPI = (\$ 5.511,00 - \$ 661,20 / \$ 661,20) \cdot 100$ ou $RPI = (1.000 - 120 / 120) \cdot 100 = 733\%$.

O tempo de amortização ou tempo do pagamento do investimento é determinado como se segue. A eq.(24) calcula os juros compostos em determinado tempo de aplicação.

$$J_n = C_0 [(1 + i_{am})^n - 1] \quad (24)$$

Onde:

J_n são os juros em \$ após n períodos de aplicação de C_0 .

C_0 é o valor principal em \$.

i_{am} é a taxa mínima atrativa de retorno mensal (TMAR_m).

n é o período de tempo da análise de J_n .

Tem-se que $C_0 = RFI$, pois são os juros decorrentes da aplicação do valor da redução financeira de inventário (RFI), que irão amortizar os gastos para a implantação do *Kanban* Externo. Substituindo os valores na eq.(24), tem-se:

$$J_1 = \$ 4.849,80 [(1 + 0,022)^1 - 1] = \$ 106,70$$

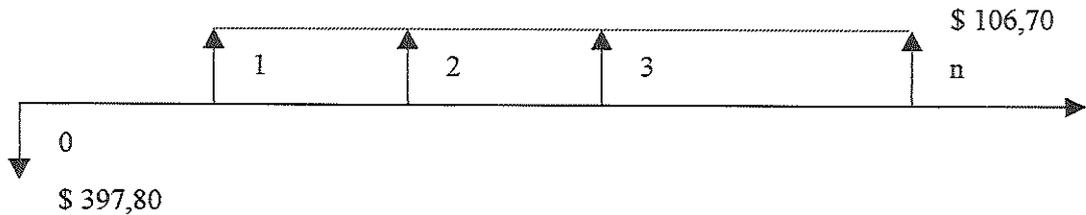


FIGURA 92 - O diagrama de fluxo de caixa para a recuperação do desembolso inicial.

A eq.(25) calcula o Valor Presente Líquido (VPL) do investimento.

$$VPL = -P + U [(1 + i_{am})^n - 1 / i_{am} (1 + i_{am})^n] \quad (25)$$

Onde:

- U é o valor unitário em \$ de uma série uniforme de pagamentos ($U = J_1$).
- P é o valor presente em \$ na data 0 ($P = D_0$).
- i_{am} é a taxa mínima atrativa de retorno mensal (TMAR_m).
- n é o período de tempo da análise de U .

Deve-se fazer $VPL = 0$ para que a despesa seja igual aos valores de recebimento, considerando-se sempre o valor financeiro no tempo. O objetivo é o cálculo do tempo requerido para a recuperação do investimento. Para uma projeção futura admite-se i constante. Substituindo os valores na eq.(25), tem-se:

$$VPL = - \$ 397,80 + \$ 106,70 [(1 + 0,022)^n - 1 / 0,022 (1 + 0,022)^n] \Rightarrow$$

$$(\text{tem-se que o } VPL = 0) \Rightarrow \$ 397,80 = \$ 106,70 [(1 + 0,022)^n - 1 / 0,022(1 + 0,022)^n] \Rightarrow$$

$$3,72 [0,022 (1,022)^n] = (1,022)^n - 1 \Rightarrow$$

$$0,08184 (1,022)^n = (1,022)^n - 1 \Rightarrow (1,022)^n (0,08184 - 1) = -1 \Rightarrow$$

$$(1,022)^n = 1 / 0,91816 \Rightarrow (1,022)^n = 1,08914 \Rightarrow$$

$$\log (1,022)^n = \log 1,08914 \Rightarrow n \log 1,022 = \log 1,08914 \Rightarrow$$

$$n \cdot 0,00945 = 0,0371 \Rightarrow n = 0,0371 / 0,00945 \Rightarrow$$

$$n = 3,93 \text{ meses} \Rightarrow$$

3,93 meses - n
 1,0 mês - 20 dias “financeiros”
 n = 79 dias (tempo de amortização do investimento)

O investimento estará amortizado em aproximadamente 4,0 meses ou 79 dias de aplicação do valor da redução financeira de inventário (RFI) no mercado financeiro.

Para se fazer a determinação da viabilidade do investimento, foram utilizados dois métodos distintos. Este procedimento foi adotado para se ter uma margem de segurança nos resultados e para facilitar a tomada de decisão. Os métodos abordados foram o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR).

O método do VPL caracteriza-se pela transferência para o instante presente (data 0) de todas as variações de caixa esperadas, descontadas à TMAR, isto é, o método se baseia no transporte para a data 0 do diagrama de fluxo de caixa dos recebimentos e dos desembolsos esperados, descontados à taxa de juros considerada, segundo OLIVEIRA (1982).

Um valor de VPL positivo significa que o valor presente de todos os fluxos de caixa positivos são maiores que os correspondentes às variações negativas de caixa. O projeto que apresenta VPL positivo é economicamente interessante à taxa de descontos considerada, tomado-se tanto mais atrativo quanto maior for o seu VPL. No entanto, se o VPL for negativo, o projeto trará prejuízo do ponto de vista financeiro. O VPL igual a 0, significa que o investimento não trará ganho ou prejuízo financeiro. Deve-se avaliar, neste caso, se o projeto proporcionará melhorias operacionais, se este for outro critério de decisão.

A eq.(26) calcula o VPL em função do valor de RFI.

$$\text{VPL} = -P - U \left[\frac{(1 + i_{am})^n - 1}{i_{am}} \right] + \text{RFI} / (1 + i_{am})^m \quad (26)$$

Onde:

- U é o valor unitário em \$ de uma série uniforme de pagamentos ($U = J_1$).
- P é o valor presente em \$ na data 0 ($P = D_0$).
- RFI é a Redução Financeira de Inventário em \$.
- t_{ri} é o tempo de redução do inventário, obtido através da expressão RQI / CMD . $t_{ri} = 880$ unidades / 22 unidades/dia = 40 dias ou 2,0 meses, considerando-se que, na média, um mês possui vinte dias úteis de trabalho.
- i_{am} é a taxa mínima atrativa de retorno mensal (TMAR_m).

- n é o período de tempo da análise de U.

- m é o período de tempo da análise de RFI

Situação 1: Considerando-se $m = t_{ri} = 2,0$ meses e $n = 4,0$ meses.

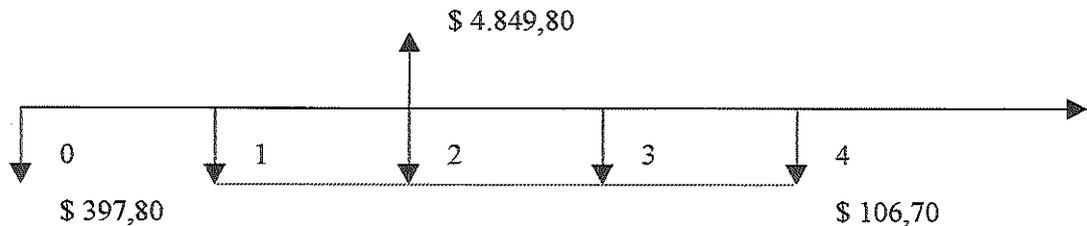


FIGURA 93 - O diagrama de fluxo de caixa para a situação 1 do método VPL.

Substituindo os valores na eq.(26), tem-se:

$$\begin{aligned} \text{VPL} = & - \$ 397,80 - \$ 106,70 [(1 + 0,022)^4 - 1 / 0,022(1 + 0,022)^4] + \\ & + \$ 4.849,80 / (1 + 0,022)^2 = + \$ 3.841,13. \end{aligned}$$

O valor de VPL é positivo e o investimento é viável do ponto de vista financeiro.

Situação 2: Considerando-se $n = m = t_{ri} = 4$ meses.

Para esta avaliação admite-se que a Redução Financeira de Inventário (RFI) se dá no mês em que o investimento é totalmente amortizado, configurando-se a pior das hipóteses. Neste caso, adotou-se o valor de $n = t_{ri} = 4$ meses, pois a diferença de inventário ($NI_0 - NIK$) pode não ser totalmente consumida ao final de 2,0 meses. O tempo de redução do inventário (t_{ri}) é o período de consumo do inventário excedente ou período de necessário para haver o equilíbrio do *Kanban* dentro da fábrica.

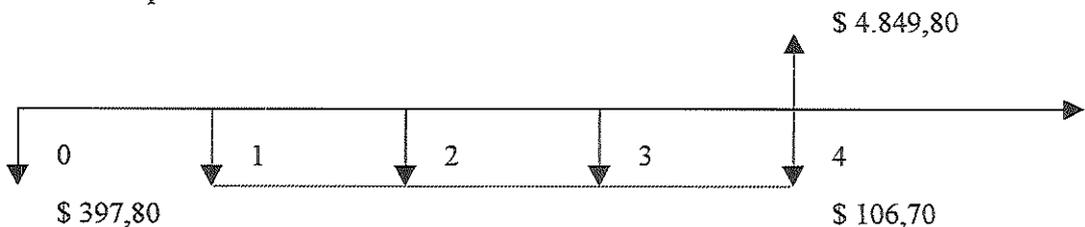


FIGURA 94 - O diagrama de fluxo de caixa para a situação 2 do método VPL.

Substituindo os valores na eq.(26):

$$\text{VPL} = - \$ 397,80 - \$ 106,70 [(1 + 0,022)^4 - 1 / 0,022(1 + 0,022)^4] +$$

$$+ \$ 4.849,80 / (1 + 0,022)^4 = + \$ 3.643,38.$$

O valor do VPL é positivo e o investimento é viável do ponto de vista financeiro.

Nas duas situações, os valores do VPL sempre foram positivos. Portanto, o investimento é economicamente viável sob os dois pontos de vista. Como foi comentado anteriormente, o valor de $t_{ii} = 4$ meses é a pior hipótese para a redução do inventário, o que justifica o menor valor do VPL na situação 2.

Pelo método da Taxa Interna de Retorno (TIR) procura-se encontrar a taxa de juros para a qual o valor presente das receitas torna-se igual ao dos desembolsos, ou seja, a TIR é a taxa de juros que torna nulo o valor presente líquido do projeto. De acordo com a metodologia da *Du Pont Co.*, a TIR é considerada como o índice de rentabilidade do projeto.

Para um dado fluxo de caixa é necessário encontrar a TIR. O método consiste em se utilizar a fórmula do Valor Presente Líquido (VPL), arbitrando valores de i_{am} e calculando os valores de VPL associados a estes valores de i_{am} . A aplicação deste método consiste na determinação de dois valores de VPL (um positivo e outro negativo) correspondentes às duas taxas de juros tomadas arbitrariamente. A interpolação linear destes valores fornecerá a TIR, que corresponde ao valor de VPL igual a zero.

A determinação da TIR não encerra a questão da aceitação ou da rejeição de um projeto, pois isoladamente esta não fornece os elementos necessários à tomada de decisão. É preciso compará-la com um padrão correspondente à TMAR. Se a TIR for maior que a TMAR, o projeto oferece um retorno superior ao custo do capital investido e, portanto, é financeiramente viável.

Situação 1: Considerando-se $m = t_{ii} = 2,0$ meses e $n = 4,0$ meses.

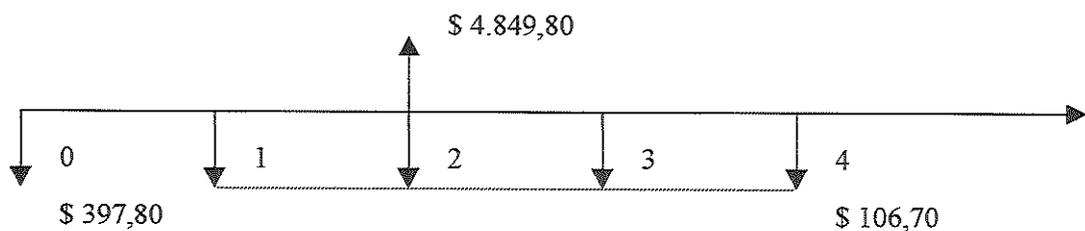


FIGURA 95 - O diagrama de fluxo de caixa para a situação 1 do método TIR.

Aplicando-se a eq.(26) ao fluxo de caixa anterior obtém-se:

$$\text{VPL} = - \$ 397,80 - \$ 106,70 \left[\frac{(1 + i_{am})^4 - 1}{i_{am}} \right] + \$ 4.849,80 / (1 + i_{am})^2 \quad (27)$$

Arbitrando-se uma taxa de juros de 220% a.m. ($i_{am} = 2,2$) e substituindo-se este valor na eq.(4), obtém-se o valor de $\text{VPL} = + \$ 27,80$. Da mesma forma, arbitrando-se uma taxa de juros de 250% a.m. ($i_{am} = 2,5$) e substituindo-se este valor na eq.(27), obtém-se o valor de $\text{VPL} = - \$ 44,30$. Fazendo-se a interpolação destes dois pares de valores, em função de um gráfico $\text{VPL} (\$)$ versus $i_{am} (\%)$, obtém-se:

$$(\text{TIR} - 220) / 27,80 = (250 - \text{TIR}) / 44,30 \Rightarrow \text{TIR} \cong 231,6 \% \text{ a.m.}$$

Como a TIR é maior que a TMAR (2,2 % a.m.), o investimento é financeiramente viável, apresentando como índice de rentabilidade do projeto (IRP) o valor de 231,6 % a.m.

Situação 2: Considerando-se $n = m = t_{ri} = 4$ meses.

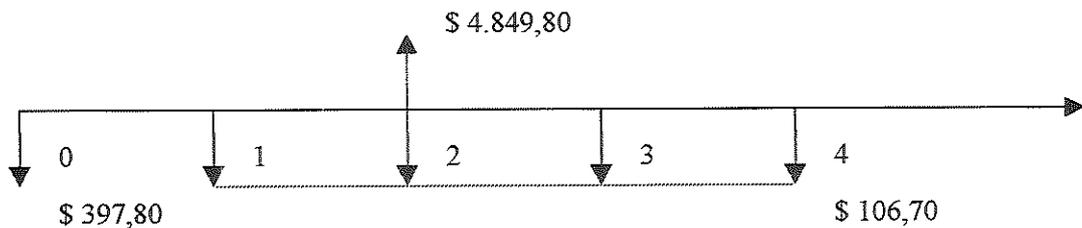


FIGURA 96 - O diagrama de fluxo de caixa para a situação 2 do método TIR.

Aplicando-se a eq.(26) ao fluxo de caixa anterior obtém-se:

$$\text{VPL} = - \$ 397,80 - \$ 106,70 \left[\frac{(1 + i_{am})^4 - 1}{i_{am}} \right] + \$ 4.849,80 / (1 + i_{am})^4 \quad (28)$$

Arbitrando-se uma taxa de juros de 70% a.m. ($i = 0,70$) e substituindo-se este valor na eq.(4), obtém-se o valor de $\text{VPL} = + \$ 48,70$. Da mesma forma, arbitrando-se uma taxa de juros de 75% a.m. ($i = 0,75$) e substituindo-se este valor na eq.(28), obtém-se o valor de $\text{VPL} = - \$ 7,80$. Fazendo-se a interpolação destes dois pares de valores, em função de um gráfico $\text{VPL} (\$)$ versus $i_{am} (\%)$, obtém-se:

$$(\text{TIR} - 70) / 48,7 = (75 - \text{TIR}) / 7,80 \Rightarrow \text{TIR} \cong 74,3 \% \text{ a.m.}$$

Como a TIR é maior que a TMAR (2,2 % a.m.), o investimento é financeiramente viável, apresentando como índice de rentabilidade do projeto (IRP) o valor de 74,3% a.m.

Nas duas situações, os valores da TIR foram sempre maiores que a TMAR. Portanto, o investimento é economicamente viável sob os dois pontos de vista. O valor obtido para a TIR na situação 2 é menor, pois $n = m = t_{ci} = 4$ meses é a pior hipótese para a redução do inventário.

6.1.8 - Os modelos de funcionamento do *Kanban* Externo

O *Kanban* Externo foi baseado em quatro formas de funcionamento em relação à logística externa de suprimento:

- (1) O sistema baseado no suprimento tradicional.
- (2) O suprimento interno pelo próprio fornecedor.
- (3) O sistema de suprimento através do roteamento *Milk Run*.
- (4) O sistema de suprimento baseado em depósito centralizado externo.

O *Kanban* Externo, em sua forma mais tradicional, é baseado nos pedidos feitos entre a empresa fabricante e os fornecedores através do envio de *containers* padronizados e dos *kanbans* de fornecedor. Os estágios produtivos indicam as necessidades de materiais para o próximo período de suprimento e, posteriormente, estas são enviadas para o fornecedor através de planilhas repassadas por *fac-símile* (*fax*), que contêm as quantidades indicadas nos quadros porta-cartões colocados nos respectivos estágios.

O projeto de *Kanban* Eletrônico entre as linhas de produção e os almoxarifados de materiais diretos, seguiu um prévio dimensionamento da quantidade dos materiais consumidos e está apoiado na sistemática do ponto de reposição dos lotes de um material. Assim que for consumido o primeiro lote do material, o operador leva o *kanban* de fornecedor até um terminal instalado no estágio produtivo controlado por *Kanban*. O abastecedor de linha, ou seja, o funcionário que faz a movimentação dos materiais dos almoxarifados para os postos de trabalho, deve inserir os dados no terminal através de digitação simples ou de leitura óptica através de coletor de dados (*scanner*).

Neste instante, o pedido de um novo lote de material é transferido até o posto de recebimento de pedidos localizado no almoxarifado central, que emitirá um novo *kanban* de fornecedor, através de impressão por computador ou um novo pedido através de comunicação eletrônica (*fax* ou EDI). O *kanban* de fornecedor também pode ser colocado no quadro porta-cartões, localizado no almoxarifado, onde o próprio fornecedor faz a coleta dos *kanbans* para efetuar o posterior reabastecimento dos itens consumidos. A utilização de recursos eletrônicos reduzem a burocracia com a emissão de *kanbans* e eventuais ordens de compra, além de otimizar o fluxo de informações entre os setores internos e o fornecedor.

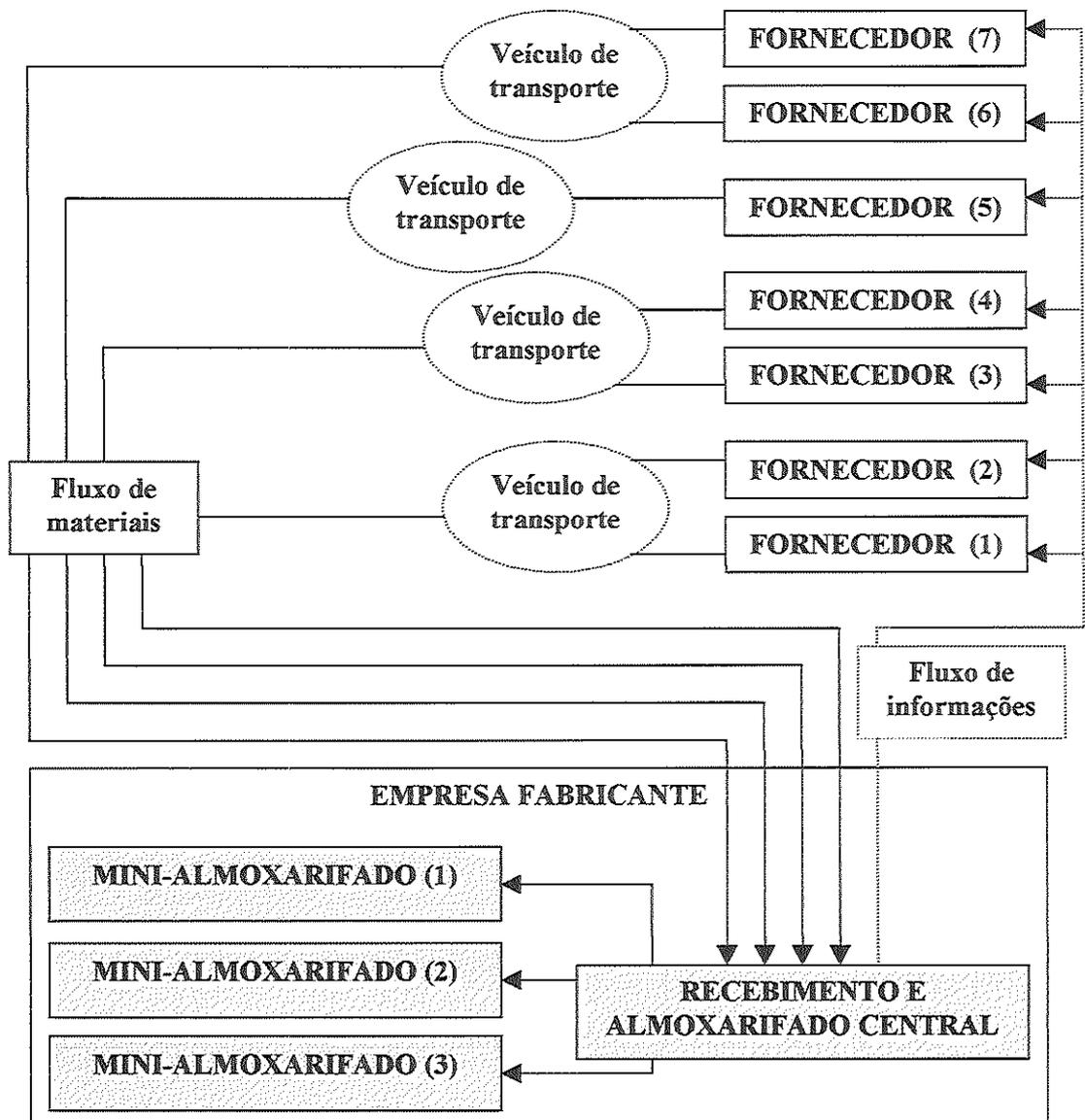


FIGURA 97 - O *Kanban* Externo baseado no sistema de suprimento tradicional.

O funcionamento do *Kanban Externo*, com sistema de suprimento interno pelo próprio fornecedor, está baseado em dois pontos limitadores mostrados no quadro porta-cartões: o ponto de estoque máximo e o ponto de estoque mínimo. Ao ser consumida a quantidade de material correspondente ao primeiro *kanban*, é feito o comunicado pelo próprio representante do fornecedor, que possui um *stand* dentro da empresa, para que seja feito o reabastecimento dos itens consumidos. O fornecedor, que possui informações a respeito da demanda dos itens, remete a mesma quantidade referente ao pedido do *kanban*, dentro do prazo de entrega acordado e com veículo de transporte próprio. Enquanto isto, é utilizada quantidade de material representada pelo segundo *kanban* de fornecedor.

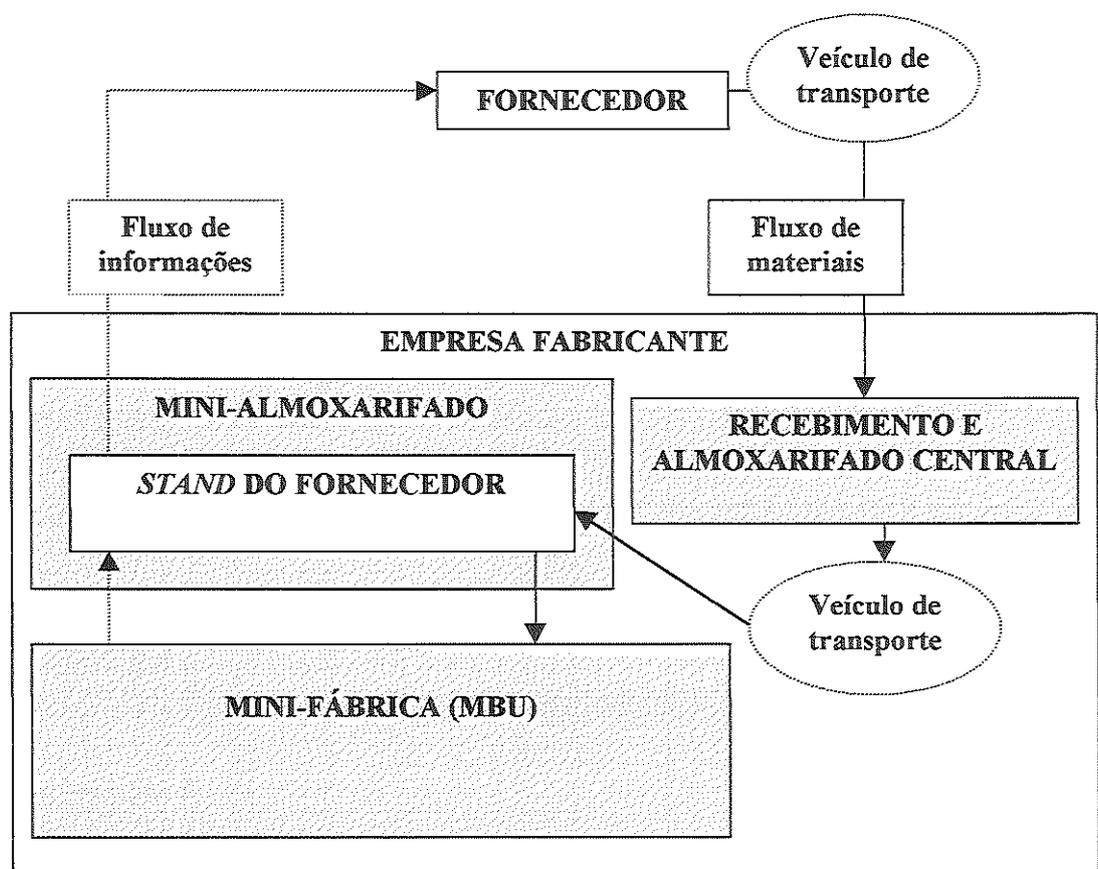


FIGURA 98 - O *Kanban Externo* com suprimento interno pelo próprio fornecedor.

O *Kanban Externo*, com suprimento *Milk Run*, foi explicado anteriormente no item 2.5 do capítulo 2. O funcionamento é baseado no modelo proposto por GOMES (1998), no qual o próprio fabricante faz a coleta dos materiais necessários.

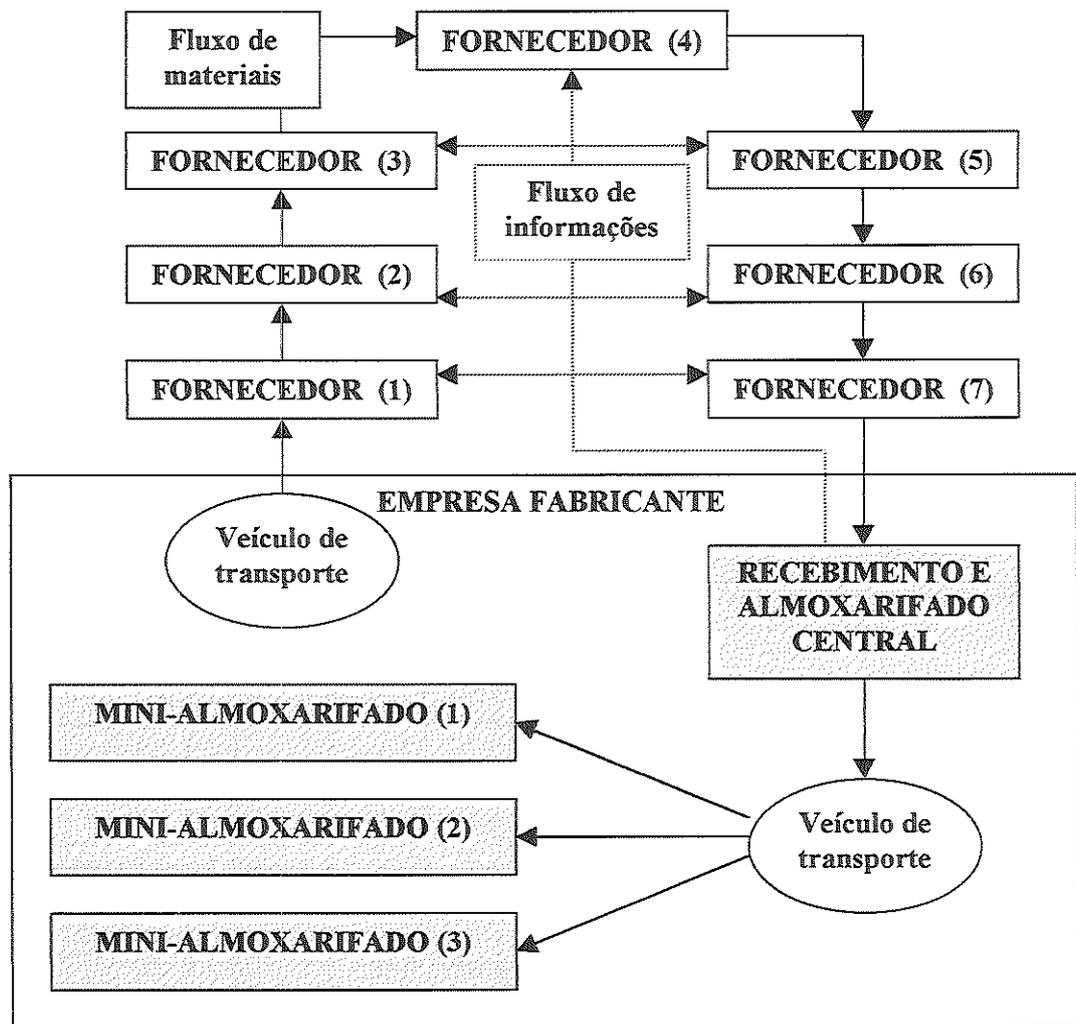


FIGURA 99 - O Kanban Externo com suprimento através do roteamento *Milk Run*.

O suprimento dos materiais em *Kanban Externo* através da instauração de depósito centralizado externo, como está mostrado na figura 100, foi baseado na participação de uma empresa transportadora subcontratada, que era responsável por todo o controle das entregas dos diversos fornecedores *Just-In-Time*, feitas regularmente em horários predeterminados. Este sistema possibilitou grandes reduções dos custos de embalagens e transporte, que, por sua vez, contribuíram à minimização dos custos de aquisição dos materiais diretos.

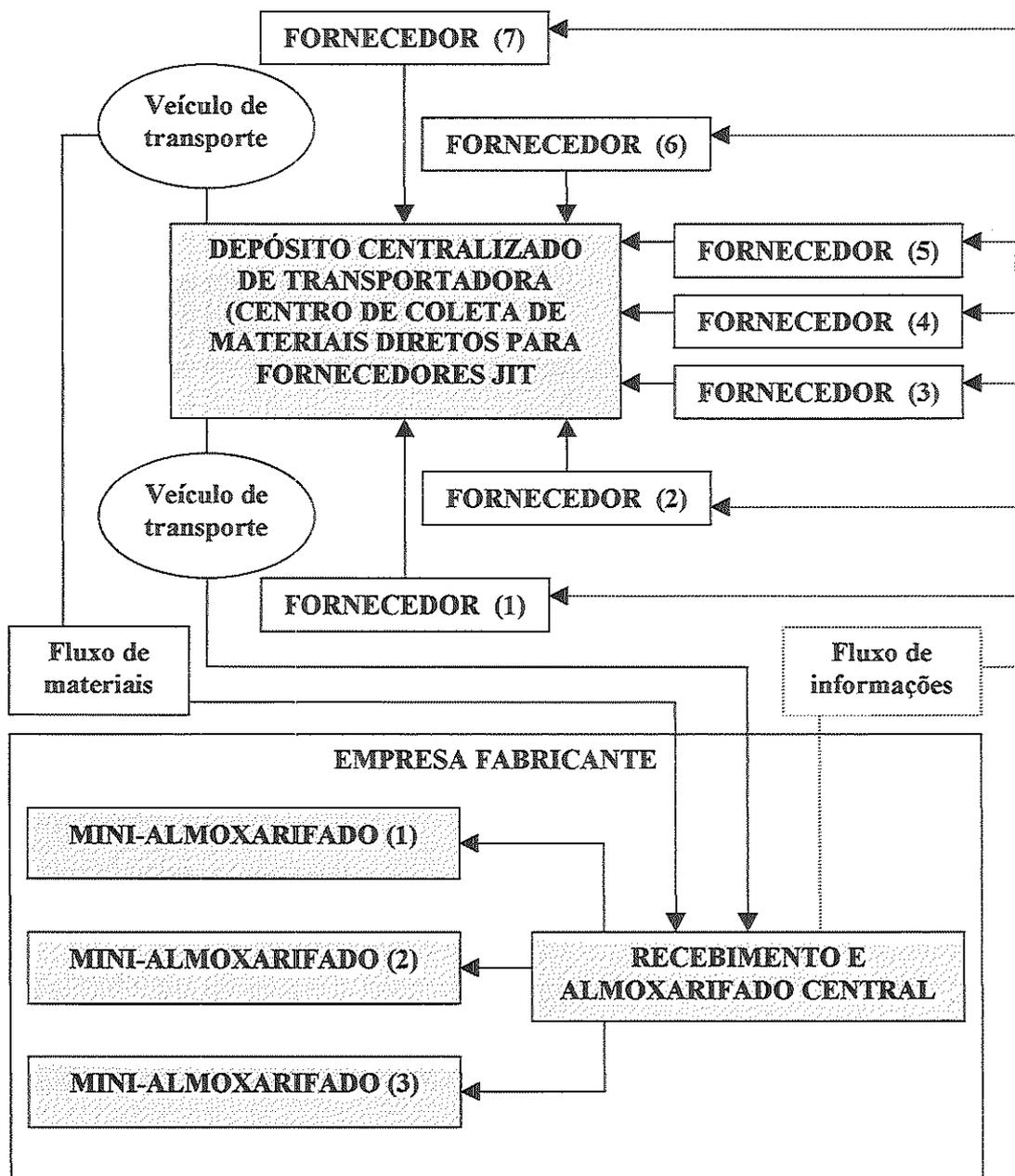


FIGURA 100 - O Kanban Externo baseado em depósito centralizado externo.

Alguns processos de manufatura exigiram que o abastecimento dos materiais fosse feito por um funcionário específico de cada linha de produção e montagem. Este funcionário, denominado de abastecedor de linha, atuava diretamente no suprimento dos materiais e na transmissão de informações relativas aos níveis internos de demanda.

O abastecedor de linha tem o papel fundamental de assegurar a confiabilidade do suprimento na fase de consumo do ciclo do *Kanban* Externo, exibido na figura 77. Este funcionário representa o *link* entre as MBU's e os almoxarifados, possuindo livre acesso às áreas de armazenagem dos materiais supridos através de *Kanban* Externo e atuando no sentido de disponibilizar os materiais nos momentos de utilização, pois, tem livre acesso aos almoxarifados e às áreas de estoques de materiais.

Os mestres de produção são os responsáveis diretos pelo funcionamento do *Kanban* Externo na fase de consumo. Dentre suas atribuições destacam-se:

- (1) Designar um funcionário para a função de abastecedor de linha e dois suplentes (substitutos do abastecedor de linha).
- (2) Ministrando treinamento básico ao abastecedor de linha, aos suplentes e aos funcionários diretamente envolvidos com o *Kanban* Externo.
- (3) Atuar diretamente na resolução de problemas relacionados ao *Kanban* Externo e verificados nas MBU's.
- (4) Zelar pela efetividade do *Kanban* Externo nas áreas produtivas das MBU's.

No *Kanban* Externo existem basicamente quatro elementos que disciplinam o controle e a reposição dos materiais, que são os *containers* principais, as embalagens individuais, o *kanban* de fornecedor e o quadro porta-cartões.

Os *containers* principais são utilizados para o transporte, o acondicionamento e a armazenagem dos materiais. Podem ser retornáveis, perfazendo o trajeto entre o fabricante e os fornecedores. Para tal, são utilizadas caçambas de aço, cestos metálicos, caixas plásticas, baldes, tambores, etc. Os *containers* principais não podem ser extraviados, danificados ou utilizados internamente para outras finalidades. A falta de uma embalagem principal implica na diminuição do nível de estoque do material em *Kanban* Externo, contribuindo para a ocorrência de problemas ao suprimento.

As embalagens individuais são descartáveis e ficam acomodadas dentro do *container* principal, sendo utilizadas para a facilitação do manuseio e para a proteção e o fracionamento da quantidade de material do *container* principal. O uso é facultativo e depende de algumas características do material e das variáveis de fluxo dos processos internos, como por exemplo, a fragilidade, o grau de susceptibilidade à oxidação, a distância entre o ponto de estoque e o ponto de consumo, o peso a ser manuseado ou movimentado, a

quantidade a ser consumida, o espaço disponível para armazenagem do material no posto de trabalho, dentre outros. Como embalagens individuais são normalmente utilizados sacos plásticos e pequenas caixas de papelão.

O *kanban* de fornecedor é utilizado no disparo de pedido dos materiais consumidos, mostrando a necessidade de reabastecimento para o almoxarifado ou para o fornecedor, quando for retirado do *container* principal e colocado no quadro porta-cartões.

O quadro porta-cartões exibe o nível de estoque interno do material e a necessidade de reabastecimento. A sua localização é importante para o monitoramento dos estoques e na detecção de eventuais problemas relacionados com o funcionamento do *Kanban Externo*.

No momento em que ocorrer o esvaziamento do *container* principal, o abastecedor de linha destaca o cartão e o coloca no porta-cartão, observando-se o sentido ascendente. O *container* vazio é então colocado em uma área de espera e a presença do *kanban* de fornecedor no quadro representa o sinal da necessidade de reabastecimento do material. Assim que o material for repostado, o almoxarife ou o fornecedor deve retirar os *kanbans* do quadro, observando-se o sentido descendente, e o colocam no *container* completado.

Eventualmente, se o material contido em uma embalagem individual apresentar problemas relacionados à quantidade e à qualidade, o procedimento posterior deve ser a interdição do *container* principal. Para isto, o abastecedor de linha deve retirar o *kanban* de fornecedor do *container* e colocá-lo no quadro, identificando o *container* com problemas, através de um cartão de material rejeitado, para que este possa ser devolvido ao fornecedor. A retirada de material deve ser feita a partir de outro *container* principal. Este procedimento evita que o material com problemas seja utilizado nos postos de trabalho e contribui para que o fornecedor melhore os níveis de qualidade.

O recebimento e os almoxarifados de materiais diretos são os responsáveis pela supervisão na fase de suprimento do ciclo do *Kanban Externo*, mostrado na figura 77. A figura 101 mostra o fluxo de informações e atividades relacionadas aos problemas de funcionamento do *Kanban Externo*, coletadas através de um *check-list* preenchido pelos almoxarifados.

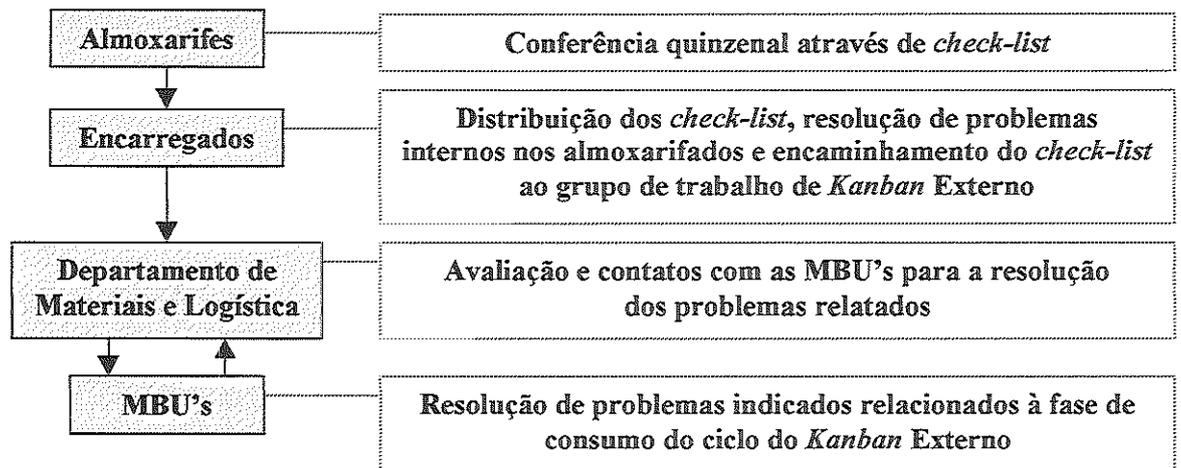


FIGURA 101 - As atividades de checagem do desempenho do *Kanban Externo*.

A filosofia *Just-In-Time*, o aprimoramento contínuo (*Kaizen*) e um apurado sistema de informações são os grandes pilares do funcionamento e da manutenção dos processos dinâmicos que são observados no *Kanban Externo*. Dentro deste contexto, um mecanismo de *feedbacks* rápidos e orientados proporciona eficientes trocas de informações e resoluções conjuntas de problemas, que eventualmente venham a ocorrer.

6.1.9 - A política *Just-In-Time* de aquisição de materiais

A empresa possui uma composição média de custos dos produtos acabados, representada por 60% de materiais diretos (matérias-primas e itens comprados), 15% de mão-de-obra direta e 25% de despesas gerais (mão-de-obra indireta, materiais indiretos etc.). Assim, uma redução média de 10% nos custos de materiais diretos acarretaria a conseqüente redução do custo final dos produtos correspondente à 60% do custo de mão-de-obra direta. Com este raciocínio, conclui-se que a otimização do custo dos materiais diretos é muito representativa para a redução final dos produtos acabados, contribuindo ao aumento do poder de competição da referida empresa.

Outros componentes característicos dos materiais diretos, que não podem ser mensurados de maneira tão direta quanto o custo de aquisição, são o nível de qualidade e a flexibilidade de atendimento dos fornecedores. A ênfase na colaboração mútua, baseada na instituição de parcerias entre a referida empresa e os fornecedores de alto nível, permitiu o

aprimoramento dos níveis de qualidade, o aumento da flexibilidade de resposta dos fornecedores e a redução dos custos de aquisição dos principais materiais diretos.

A nova política de aquisição de materiais, fundamentada no suprimento *Just-In-Time*, empenhou-se na aplicação generalizada do princípio da eliminação de desperdícios nos processos internos e externos. Desta maneira, de acordo com o enfoque interno, foi priorizada a otimização das atividades de contagem, armazenagem, movimentação, inspeção, planejamento, programação e utilização dos materiais diretos. Estas atividades respondem por grande parte dos *leadtimes* e dos tempos de espera relacionados ao abastecimento e à disponibilização interna dos materiais.

O enfoque interno da eliminação de desperdícios levou em consideração a questão da qualidade dos materiais fornecidos, de modo a iniciar programas de otimização de atividades vinculadas ao suprimento interno. Assim, atividades típicas como o descarregamento de caminhões, colocação de cargas em plataformas de recebimento, movimentação de embalagens para as áreas de manuseio, inspeção, fracionamento da quantidade em embalagens menores e mais adequadas para a uso, armazenagem e movimentação dos materiais para os estágios produtivos, foram avaliadas através da análise de valor agregado para que fossem reduzidas e até mesmo eliminadas.

Os materiais, que apresentaram altos nível de qualidade, foram, inicialmente, os “candidatos” para a eliminação da inspeção de entrada, buscando a solução de problemas diretamente com os fornecedores. A inspeção, portanto, passou a ser executada diretamente pelo próprio fornecedor antes da entrega do material. Anteriormente, a inspeção executada pelo fornecedor antes do envio dos materiais e a inspeção de recebimento feita pelo fabricante, não garantiam a conformidade, pois o fator gerador de qualidade é a confiabilidade dos processos produtivos do fornecedor.

Seguindo o mesmo raciocínio, um outro tipo de desperdício interno, mais difícil de ser identificado, está relacionado aos procedimentos de compra, que abrange aspectos relativos ao relacionamento entre os compradores e os fornecedores e à sistemática de aquisição dos materiais.

O enfoque externo da eliminação de desperdícios está voltado à maximização da eficiência dos processos de produção dos fornecedores, que definitivamente contribui para a

redução dos custos de aquisição dos materiais. Basicamente, os mesmos desperdícios observados nos processos internos de manufatura do fabricante podem ser observados nos fornecedores. Assim, foi decidido que o Departamento de Materiais e Logística seria o responsável pelo auxílio técnico e administrativo aos fornecedores de materiais diretos mais representativos, em termos do nível de faturamento mensal, ou seja, os fornecedores A e B de uma classificação a partir da confecção de uma curva ABC.

Outro tópico, relacionado ao enfoque externo, é a otimização das atividades logísticas, que estão ligadas à redução do custo de transporte e embalagem dos materiais. Neste trabalho, o estudo logístico englobou os aspectos relacionados ao roteamento de veículos, à delimitação da rede de fornecedores (cadeia de suprimentos), à utilização de sistema próprio e subcontratado de transportes, a adequação das embalagens aos materiais e à diminuição dos custos associados às embalagens, com a utilização de *containers* retornáveis e facilmente manuseáveis.

Em relação à questão da qualidade, foi elaborado um programa de auditoria em relação ao desenvolvimento de sistemas, para a garantia da qualidade em fornecedores mais importantes. A empresa passou a atuar no monitoramento periódico dos processos produtivos e administrativos dos fornecedores, de modo a abolir a inspeção dos materiais.

As atividades relacionadas à logística de suprimento interno, como o recebimento, a movimentação, a armazenagem e a disponibilização do materiais para consumo foram otimizadas a partir da implantação do *Kanban* Externo. Assim, os materiais adquiridos em *Just-In-Time* são diretamente armazenados pelos fornecedores nos postos de trabalho, otimizando as atividades de recebimento, inspeção, movimentação e armazenagem.

Pode-se concluir que o grande agente otimizador das atividades de suprimento interno foi o *Kanban* Externo, que potencializou esforços e, praticamente, forçou a empresa a implantar programas de aprimoramento contínuo, como o *Housekeeping* (5S) e a filosofia de qualidade na fonte voltada às atividade dos almoxarifados e dos recebimentos de materiais de consumo direto.

No início, as atividades voltadas ao recebimento e à inspeção dos materiais eram feitas por setores distintos, Recebimento de Materiais (RM) e Qualidade Assegurada de Materiais (QAM), respectivamente. Com a massiva implantação de *Kanban* nos

fornecedores de materiais diretos e com a conseqüente otimização do desempenho destes dois setores, houve a aproximação e a posterior fusão destes, proporcionando inclusive uma redução no quadro de mão-de-obra direta e indireta. O *Kanban* Externo diminuiu o número de atividades destes setores, o que resultou na necessidade de agrupá-los e reorganizá-los, de modo a atender as exigências operacionais ditadas pelo sistema de suprimento *Just-In-Time*.

A eliminação de desperdícios relacionados aos procedimentos de compra também está vinculada ao funcionamento do *Kanban* Externo. As principais atividades que não acrescentam valor aos produtos e que estão relacionadas à aquisição dos materiais, são a emissão e as alterações de ordens de compra via MRP II, a confirmação dos pedidos, os relatórios de negociação e compra, o levantamento periódico de cotações de materiais com diversos fornecedores e a emissão de faturas relacionadas aos vários pedidos de materiais, feitos em um curto período de tempo.

O *Kanban* eliminou grande parte das atividades relacionadas à compra dos materiais. Por exemplo, o MRP II apenas emite uma única ordem de compra para determinado material, com base no horizonte de planejamento de uma quinzena, que, em média, representa dez dias úteis de produção. A emissão de faturas ficou restrita apenas a um único pedido, reduzindo gastos com o processamento contábil, de muitos pedidos de compra de material, em um mesmo intervalo de tempo.

As alterações nos programas firmes, ou seja, as reprogramações das ordens de fabricação e montagem devidas às oscilações quantitativas de demanda, não foram repassadas ao fornecedor no horizonte de planejamento considerado.

As divergências em relação à quantidade planejada e à quantidade de material realmente consumido “puxado” pelo *Kanban* foram sempre solucionadas no próximo período quinzenal. A empresa assumiu a responsabilidade de compra do material efetivamente planejado para o período, mesmo em situações de disparidades de quantidades. Quando houve a necessidade de acertos na programação dos materiais, estes foram preferencialmente executados em conjunto com o fornecedor para a próxima quinzena.

A confirmação de pedidos de compra é executada diretamente pelo *Kanban* através do envio dos planos de materiais e do envio periódico de *kanbans* aos fornecedores. As freqüentes negociações e as cotações de custo dos materiais foram praticamente eliminadas

pela adoção de um número bastante reduzido de fornecedores. De forma mais genérica, a empresa não optou pela adoção de fornecedores únicos por questões de segurança no suprimento e facilidades na negociação dos materiais.

Na maioria dos casos, foram usados dois fornecedores para cada material e, somente em alguns casos mais particulares, foi adotado o conceito de suprimento de fonte única, devido, principalmente, às dificuldades de desenvolvimento de outro fornecedor alternativo e de duplicação de ferramentas e dispositivos, que geralmente eram de propriedade da empresa. Neste caso, delimitou-se uma participação definida para cada fornecedor no período, que poderia ser alterada por aspectos relacionados ao desempenho em termos de qualidade e pontualidade de entrega. A participação também pôde ser modificada por razões comerciais, como por exemplo, para forçar uma redução nos custos dos materiais de um determinado fornecedor.

O suprimento *Just-In-Time*, baseado no *Kanban* Externo, necessitou de novos perfis de relacionamentos entre a empresa e seus fornecedores, com características de efetividade de longo prazo e benefícios mútuos. Os fatores determinantes para este relacionamento sinérgico foram o desenvolvimento de um número menor de fornecedores altamente confiáveis e a alta qualidade associada aos materiais fornecidos.

Para se chegar a este tipo de relacionamento com os fornecedores foi trilhado um árduo trabalho de integração e de superação de antigas divergências. O princípio clássico de eliminação de desperdícios somente pôde ser sustentado através do desenvolvimento da confiança mútua, centrada em um relacionamento transparente de longo prazo, com uma base inicial de fornecedores de alto nível e que, futuramente, será gradualmente aumentada. A redução do número de fornecedores e a conseqüente aplicação do *Kanban*, viabilizou um tratamento diferenciado a um grupo aproximado de quinze fornecedores, designado como base de fornecedores *Just-In-Time*.

A priori, a escolha de fornecedores JIT foi baseada em sete critérios principais:

- (1) O alto nível de qualidade dos materiais fornecidos.
- (2) O histórico de fornecimento, avaliado a partir de dois anos retroativos.
- (3) A localização geográfica.
- (4) A excelência técnica, ou seja, a competência nos processos de manufatura.
- (5) A presença de sistemas formais de garantia da qualidade, baseados na ISO 9000.

- (6) O desejo do trabalho em grupo e a intenção de dedicar esforços permanentes.
- (7) Os custos dos materiais.

O enfoque do relacionamento entre o comprador e o fornecedor foi o empenho conjunto no sentido de se reduzir gradualmente os custos e de se aumentar a qualidade dos materiais adquiridos. A garantia da empresa em relação ao suprimento de longo prazo e o compromisso do fornecedor em aprimorar continuamente seus processos produtivos foram determinantes para a efetividade deste enfoque. Alguns tópicos que foram utilizados para se atingir o comprometimento dos fornecedores foram:

- (1) A partir do conhecimento técnico dos processos produtivos que os fornecedores dispõem, pôde-se fazer um exame conjunto de especificações e tolerâncias dos itens, de modo a tornar possível a redução dos custos de fabricação no fornecedor pela simplificação dos processos e, conseqüentemente, possibilitar a diminuição dos custos finais dos itens fornecidos.
- (2) O auxílio técnico aos fornecedores, para que implantem as principais técnicas e princípios JIT, tomando possíveis a eliminação dos desperdícios e a otimização do desempenho de seus processos produtivos e administrativos.
- (3) A prioridade conferida aos fornecedores *Just-In-Time*, para a participação no desenvolvimento de novos produtos, aumentando as suas carteiras de materiais.

A criação do suprimento *Just-In-Time* forçou a empresa a aprimorar constantemente as atividades ligadas ao planejamento dos materiais necessários, como a previsão de demanda e o “congelamento do programa firme” pelo menos por quinze dias, correspondente ao *time bucket* do horizonte de planejamento. Os problemas, relacionados à imprevisibilidade de demanda, foram continuamente resolvidos para que não ocorresse um impasse típico da aplicação de *Kanban* Externo: a transferência dos estoques da empresa para os fornecedores, o que traria um obstáculo ao comprometimento dos fornecedores.

Desta forma, os processos produtivos e administrativos da empresa foram aperfeiçoados com a inserção dos princípios da eliminação de desperdícios e da qualidade obtida na fonte, que representam a base para o desenvolvimento da Qualidade Total. Assim, outros subsistemas JIT tiveram que ser introduzidos no fabricante e nos fornecedores para a perpetuação e para a integridade a longo prazo do *Kanban* Externo, de modo a possibilitar a elevada acurácia dos planos de materiais repassados às empresas subcontratadas.

6.2 - A implantação do *Kanban* Interno

O *Kanban* Interno atuou no sentido de facilitar a programação dos centros de trabalho, que inicialmente era feita pelo MRP II. A otimização do carregamento dos diversos estágios produtivos foi possível através da determinação da seqüência dos lotes a serem processados e da redução das incertezas em relação às necessidades reais estabelecidas pela demanda final. Assim, possibilitou-se, a curto prazo a inserção de planos de melhoramentos que forçaram o aumento do nível de atendimento das necessidades internas e da acuidade dos programas de produção, otimizando a produtividade e a confiabilidade das entregas.

O objetivo maior da administração da produção, com a utilização do *Kanban* Interno, foi a redução dos *leadtimes* de produção, baseada na minimização dos ciclos de produção e dos estoques intermediários. Para a consecução destes objetivos foram priorizadas as seguintes etapas:

- (1) A diminuição dos estoques intermediários dos materiais internamente produzidos.
- (2) A redução de riscos relacionados à obsolescência dos materiais, através do atendimento das necessidades internas em níveis mais precisos e da redução das mudanças de projeto.
- (3) A flexibilização de equipamentos, através da minimização dos tempos de preparação.
- (4) A busca da flexibilidade da mão-de-obra (polivalência dos funcionários).
- (5) O aumento dos níveis de qualidade dos processos e dos itens produzidos.

Para haver confiabilidade no funcionamento do *Kanban* Interno foram feitos planos relativos à implantação de técnicas de redução dos tempos de preparação de equipamentos e à instauração da Manutenção Produtiva Total (TPM). Estes planos visaram a otimização dos tempos de espera e atravessamento dos materiais pelos processos produtivos.

O sistema de controle da produção, baseado no *Just-In-Time/Kanban*, desenvolvido na referida empresa, esteve baseado na produção *job shop*, com fluxo de materiais apoiado em lotes de produção intermitentes. Os pressupostos foram a simplicidade de concepção e implantação, de modo a não aumentar a quantidade de procedimentos de trabalho e o processamento de informações. A ênfase no trabalho em equipes também foi outro aspecto a ser fortalecido com a introdução do *Kanban*, que visou a resolução de problemas relativos à administração da produção e à integração entre a mão-de-obra direta e indireta.

A introdução do *Kanban* Interno, e sua posterior modificação para a adaptação às condições de operação no piso de fábrica, foi facilitada pela natureza dinâmica e independente da demanda, que levou a empresa a considerar o enfoque da “manufatura puxada”. O *Kanban* trouxe novas responsabilidades e motivações em relação ao controle dos materiais em processo, exercido pelos próprios operadores.

Os pontos-fortes, que motivaram a aplicação do *Kanban* Interno, foram a simplicidade do controle visual, a necessidade de integração entre os centros de trabalho e o aumento do comprometimento entre as pessoas. Entretanto, *a priori*, alguns aspectos tenderam a inviabilizar a utilização do *Kanban*, destacando-se:

- (1) O comportamento da demanda, que possuía certa variabilidade sazonal e grande oscilação quantitativa. O número de *kanbans* foi freqüentemente alterado com base nas previsões de demanda e na variação quantitativa final.
- (2) A possibilidade da utilização de previsões de demanda propiciava a liberação antecipada dos cartões, o que descaracterizava o caráter puramente reativo do *Kanban* baseado apenas na resposta da demanda final. O tradicional sistema de ponto de pedido, que está implícito no *Kanban*, foi alterado, de modo a suavizar as oscilações no ritmo de trabalho. Assim, a liberação de cartões com base nas previsões e em necessidades predefinidas dos itens, proporcionaria uma redução maior dos estoques em processo, em comparação com o esquema tipicamente reativo do *Kanban* clássico.
- (3) O *Kanban* Interno não foi introduzido de forma generalizada pela fábrica. Este subsistema JIT foi inicialmente implementado nos processos de submontagem e em áreas produtivas que apresentavam demanda relativamente uniforme. A aplicação do *Kanban* priorizou os itens de consumo mais regular e relativamente padronizados, de utilização comum em vários modelos de produtos. Assim, foram priorizados os itens dos níveis mais inferiores da estrutura do produto, ou seja, os itens que não são utilizados na diferenciação dos produtos finais, segundo os modelos específicos.

O MRP II foi utilizado para o planejamento de médio a longo prazos e o *Kanban* executa a programação das áreas produtivas. O Departamento de Materiais e Logística e as MBU's se reuniram durante todo o período de implantação, para resolver questões acerca da definição dos fluxos produtivos (projetos de novos *layouts*), da determinação de responsabilidades dos estágios “fornecedores” e “consumidores”, da sistemática de cálculo dos *kanbans* de produção e do plano de treinamento dos funcionários.

A principal característica do sistema de manufatura foi a utilização da produção em lotes na montagem final dos produtos, que envolveu significativos tempos de preparação e troca de ferramentas e dispositivos. A empresa designou o tempo de *setup* como o tempo de intervalo para a “virada de linha”. Os outros processos apresentaram baixa complexidade, pois envolvem operações altamente repetitivas e executadas em grande escala. Desta forma, ficou evidente que a flexibilidade do sistema de manufatura advinha sobretudo das operações de montagem final, que necessitavam de um espectro maior e efetivo de controle. A montagem final foi considerada a área de mais difícil implementação do *Kanban* Interno, sendo tratada como uma área-chave para a otimização da administração da produção.

Considerando-se o nível mais operacional, os objetivos do *Kanban* Interno foram o aumento do nível de atendimento das necessidades dos clientes internos e aumento do tempo de resposta, de modo a otimizar a flexibilidade do sistema de manufatura.

O controle dos estoques e dos custos de produção dos itens críticos, ou seja, os itens que possuem longos tempos de *setup* e *leadtimes*, que inviabilizam a produção conforme a solicitação, foram executados dentro da sistemática do ponto de reposição, através do ressurgimento da quantidade estipulada pelos níveis predeterminados de estoques. Assim, a dificuldade ficou atrelada ao estabelecimento dos níveis mínimos de estoques, suficientes para a obtenção dos níveis predeterminados de atendimento.

Na empresa, a causa essencial da presença de elevados estoques em processo eram os estoques de segurança superdimensionados e mantidos como uma forma de proteção contra as variações de demanda durante os *leadtimes* de processamento. A diminuição do tamanho dos lotes de produção foi possível devido às expressivas reduções dos tempos de preparação e aos aumentos graduais da confiabilidade dos equipamentos. Conseqüentemente, o *leadtime* total de produção dos itens também foi decrescido.

Os estoques de segurança também foram aumentados nas áreas consideradas como críticas em relação à capacidade de produção. Este procedimento objetivou a resolução de problemas relacionados à confiabilidade dos equipamentos mais importantes e ao arranjo físico das áreas produtivas.

O novo dimensionamento dos estoques de segurança levou em consideração a cobertura da demanda, que ocorre até o momento do novo suprimento para se completar os

estoques de itens. Dentro do *Kanban*, os estoques de segurança foram determinados de modo a cobrir a provável demanda máxima, que pode ocorrer durante os *leadtimes* de produção.

Para a estimativa dos níveis dos estoques de segurança, foram necessárias a determinação dos níveis médios de demanda dos itens e do grau de variabilidade associada a estes, durante o *leadtime* de produção. Com a dificuldade de obtenção destes dados, inicialmente houve a necessidade de superestimar os estoques de segurança, para que estes pudessem suprir o comportamento instável da demanda.

A redução dos estoques de segurança se deu através de três procedimentos:

- (1) A redução gradual dos *leadtimes* de produção, que propiciou a minimização do período da efetividade e da necessidade de manutenção dos estoques de segurança.
- (2) A uniformização e a redução da variabilidade na previsão da demanda, que diminuiu drasticamente a necessidade de manutenção de altos estoques de segurança. O aprimoramento das informações de mercado, pela área de Vendas/*Marketing*, melhorou significativamente a variação e a confiabilidade das previsões de demanda dos produtos.
- (3) O aumento da regularidade dos processos produtivos, que trouxe uma significativa melhoria na previsibilidade dos *leadtimes* de produção, diminuindo as liberações antecipadas de ordens de produção. A redução dos próprios *leadtimes* de produção contribuiu para suavizar a variabilidade natural dos mesmos.

No *Kanban Interno*, as atividades que não são traduzidas em tempos produtivos, a probabilidade de ocorrência de problemas que afetem o abastecimento de materiais e a verificação de ineficiências produtivas e logísticas devem ser levadas em consideração para o dimensionamento dos níveis iniciais de estoques intermediários. Por exemplo, caso um estágio precedente possua um processo restritivo que apresente *setup* de 1,0 dia, este deverá manter um inventário excedente de 1,0 dia em relação ao estoque dimensionado para o suprimento do estágio subsequente, planejado antes da operação de preparação dos recursos.

O nível inicial do estoque intermediário em cada estágio produtivo interligado, supondo-se as operações balanceadas, foi estimado em 1,5 dias. Desta forma, os estágios possuem aproximadamente 1,0 dia de estoque para o atendimento da demanda subsequente e 0,5 dia de estoque de segurança para suprir eventuais deficiências no suprimento interno.

Os processos de manufatura dos produtos são relativamente padronizados, sendo que os mesmos são destinados a aplicações específicas ou oferecidos em modelos *standard* até certos níveis mais inferiores da estrutura do produto. O principal problema relacionado à manufatura era a administração das prioridades dos equipamentos das áreas produtivas, devido à tendência de utilização da metodologia do lote econômico de produção.

Numa análise preliminar, o *Kanban* não parecia se adequar à realidade do sistema de manufatura da empresa, configurado a partir do atendimento das variações de demanda. Mas, a presença de uma grande quantidade de itens praticamente idênticos com relação às similaridades de projeto e utilizados em uma mesma família de produtos com muitos modelos distintos, viabilizou a implementação do sistema. Os grandes objetivos iniciais eram a redução dos níveis de estoques em processo e a melhoria gradual dos índices de qualidade dos itens fabricados.

A equipe formada para a implantação de *Kanban* Interno envolvia pessoas de diferentes áreas, como Manufatura, Vendas, Materiais e Logística, Engenharia Industrial (Processos), Informática e PCPM (Planejamento e Controle da Produção e Materiais). A equipe de projeto possuía gerentes, supervisores, mestres de produção, analistas e programadores de PCPM e pessoal da fabricação e montagem. Nas áreas específicas de implantação eram formados grupos menores para o desenvolvimento de propostas para a resolução de problemas e para a introdução de novos métodos de trabalho, de acordo com as técnicas e princípios *Just-In-Time*, introduzidos concomitantemente com o *Kanban*.

O *Kanban* forçou o trabalho multidisciplinar para a execução do novo projeto de sistema de manufatura. Deste modo, foram elaborados planos que visavam a alteração de *layouts* das áreas produtivas, a redução dos lotes de fabricação, a introdução do *Housekeeping* (5S), a combinação dos itens que seriam fabricados nas células de manufatura, os detalhes de funcionamento do *Kanban* no piso de fábrica, o uso de técnicas para a redução do tempo de *setup* e as ferramentas para se obter o conceito de qualidade na fonte.

A empresa sempre esperou que o *Kanban* seja implantado em todas as situações possíveis, permitindo um controle mais eficiente dos fluxos de materiais entre os estágios produtivos. O objetivo implícito foi a consolidação do comprometimento de toda força de trabalho (mão-de-obra direta e indireta) e da integração entre as áreas constituintes da empresa (áreas produtivas e administrativas).

6.2.1 - O esquema de funcionamento do *Kanban* Interno

O funcionamento do *Kanban* Interno se baseia no compromisso do operador do estágio subsequente, que deve se deslocar ao estágio precedente, para buscar os materiais necessários com base nas informações contidas nos *kanbans* de produção, afixados nos *containers* vazios. Assim que o operador retira os *containers* completados do ponto de estoque do estágio precedente, ele deixa os *containers* vazios, retirando os *kanbans* que estavam neles afixados e os colocando no quadro porta-cartões.

Os *kanbans* colocados no quadro porta-cartões indicam a prioridade de manufatura dos itens, com base em um plano de produção semanal previamente definido. Geralmente, o operador do estágio precedente tem a visão de um dia à frente, para que não existam atrasos ou interrupções no estágio subsequente.

O número de *kanbans* de produção é atualizado semanalmente, de acordo com o tamanho do lote dos itens, o nível do estoque de segurança e o *leadtime* de fabricação.

O quadro porta-cartões está localizado no último posto de trabalho da célula de manufatura e está dividido em regiões de três cores distintas, colocadas em sentido ascendente: verde, amarelo e vermelho. A somatória dos cartões colocados na região verde representa o tamanho do lote de produção de um dado item. As regiões amarela e vermelha representam o estoque de segurança mantido durante o *leadtime* de processamento do respectivo item.

As informações, que podem ser deduzidas do quadro porta-cartões para o controle do fluxo de materiais, são:

- (1) O nível de estoque disponível de cada item, calculado pela expressão [(número total de cartões emitidos durante a semana) – (número de cartões colocados no quadro)] . (quantidade de itens por *container* padronizado).
- (2) O momento do início da fabricação de um novo pedido de itens, sinalizado a partir do instante em que a região verde for completada com o número predeterminado de cartões.
- (3) O grau de prioridade dos itens consumidos no estágio subsequente, determinado pelo fluxo dos cartões que retornam ao quadro.
- (4) A antecipação de situações em que podem ocorrer a falta dos itens, que é evidenciada no momento em que os cartões começam a preencher a região amarela.

Os operadores foram convencidos de que deveriam seguir cuidadosamente as regras básicas do *Kanban*, para o eficiente controle do fluxo de materiais. O apoio da administração foi fundamental para que os problemas mostrados pelo funcionamento do *Kanban* fossem prontamente resolvidos.

O sistema de controle da produção através do *Kanban* foi baseado em uma estrutura bem definida de planejamento e programação da manufatura, que visou o melhoramento do desempenho dos processos produtivos. O princípio do sistema foi o controle dos níveis dos estoques de cada item. Portanto, a principal decisão relativa ao planejamento foi o nível de estoque a ser mantido para cada item, calculado a partir da previsão de vendas firmes e planejadas de cada modelo de produto acabado. A manufatura dos itens somente era feita com base na confirmação do pedido, sempre visando a meta de “estoque intermediário zero”.

O funcionamento do sistema de controle da produção, através do *Kanban* Interno, está baseado nas seguintes etapas:

- (1) Assim que uma dada quantidade de pedidos firmes são recebidos de Vendas/Marketing, é executada a “explosão” das necessidades de materiais pelo MRP, gerando as ordens de fabricação e compra dos respectivos itens-filhos componentes dos produtos acabados.
- (2) O Planejamento e Controle da Produção e Materiais (PCPM) de cada MBU faz a conversão das ordens de fabricação e montagem em cartões (*kanbans* de produção), que representam a quantidade equivalente de itens a serem manufaturados nos postos de trabalho operados a partir do *Kanban* Interno.
- (3) Os *kanbans* são afixados nos respectivos quadros porta-cartões, traduzindo a programação da produção para os itens e representando, visualmente, a fila de espera, para que seja iniciado o processamento dos itens. Os *kanbans* equivalentes à quantidade de dado item, que não esteja disponível no ponto de estoque do estágio precedente, têm prioridade maior na programação da produção. Caso o pedido foi totalmente atendido, através das quantidades disponíveis no ponto de estoque, os *kanbans* representam apenas o suprimento do nível predeterminado de estoque de segurança do item.
- (4) A manufatura de um item somente é iniciada com a chegada dos *kanbans* de produção e, a quantidade produzida, nunca poderá exceder a quantidade indicada pelo número total de *kanbans*. A produção de uma quantidade do item causa a remoção dos correspondentes *kanbans* de produção do quadro e a afixação destes aos *containers*.



- (5) O PCPM mantém informações acerca do momento da geração dos *kanbans* de produção, incluindo se os *kanbans* representam uma reposição normal do estoque, ou um pedido específico de itens, e o momento da remoção dos *kanbans* de produção do quadro porta-cartões. Estas informações são utilizadas para analisar os *leadtimes* de processamento dos itens e os níveis de eficiência dos estágios produtivos.
- (6) A programação dos estágios produtivos é feita diariamente, segundo a ordenação dos *kanbans* nos quadros. O principal objetivo do seqüenciamento dos *kanbans* de produção é a minimização dos tempos de fila, procurando atribuir maior prioridade aos cartões que representam os pedidos firmes e, posteriormente, atender à reposição dos estoques de segurança dos itens que apresentam níveis inferiores aos previamente determinados.
- (7) Os *kanbans* de produção são sistematicamente emitidos como resposta aos pedidos firmados por Vendas/Marketing. Os *kanbans* também podem ser emitidos para antecipar aumentos previstos de demanda ou melhoramentos no nível de atendimento aos clientes finais. Os *kanbans* de produção excedentes são sempre gerados através de uma consulta prévia ao PCPM e quando há razões bastante claras para uma nova emissão.
- (8) A retirada dos *kanbans* de produção dos quadros também é feita de forma regular. Por exemplo, caso a demanda de um item esteja decrescendo, o *kanban* gerado pelo pedido firme pode ser eliminado, sem ser colocado junto à programação da célula de manufatura. Os *kanbans* necessariamente devem ser removidos do quadro nas situações em que os estoques dos itens estejam maiores que os níveis de segurança preestabelecidos para os mesmos.
- (9) A presença de pequenas variações de demanda nas atividades de montagem final acarreta desvios nos estoques dos itens, fazendo com que estes divirjam dos níveis pretendidos. Portanto, há uma sistemática de monitoramento periódico dos níveis dos estoques, sendo que, eventuais ajustes são feitos pela introdução ou remoção de *kanbans*, que se encontram no quadro aguardando o processamento.

O planejamento da produção foi executado ao nível do piso de fábrica, com a intervenção dos próprios operadores, que contribuíram para a definição dos níveis de estoques necessários e para a determinação dos equipamentos para o processamento das diversas famílias de itens. As informações para as decisões relativas ao planejamento da produção são o conjunto das previsões de demanda a nível de família dos produtos e as previsões desagregadas dos itens A (baseadas em uma classificação ABC de consumo).

Embora existissem variações consideráveis nas previsões a nível de produto acabado, as previsões acerca das famílias de produtos e das quantidades totais eram bastante precisas. Os números de operários e equipamentos necessários foram também definidos com base nas previsões de demanda da família de produtos acabados e na colocação de pedidos firmes de vendas.

No planeamento das atividades de piso de fábrica, a meta foi a minimização do número de *kanbans* em espera. Neste aspecto, a área de Vendas/Marketing teve a incumbência principal de reduzir a variabilidade das previsões, estimando, mais precisamente, a demanda final. A Manufatura objetivou a redução dos *leadtimes* associados ao processamento dos produtos.

Os procedimentos ligados ao *Kanban* foram definidos para se aumentar o nível de atendimento das necessidades internas, com a mínima formação dos estoques e a otimização da utilização dos recursos de manufatura. O levantamento do desempenho do sistema de manufatura pôde ser feito através das seguintes variáveis:

- (1) Os *leadtimes* de produção, onde o tempo necessário ao processamento dos itens relacionados a um pedido específico configurou-se na mais importante medida de desempenho dos processos de fabricação e montagem. O *Kanban* proporcionou um método simples de determinação dos *leadtimes*, a partir do momento da colocação dos *kanbans* de produção no quadro porta-cartões. O cálculo dos *leadtimes* médios permitiu o eficiente controle dos níveis de estoque em processo, interferindo diretamente no aprimoramento da qualidade dos processos produtivos. As informações a respeito dos *leadtimes* propiciou uma configuração mais adequada em relação às principais características dos processos, além de evidenciar os melhoramentos obtidos.
- (2) Os níveis de estoques dos produtos acabados divergiram dos níveis inicialmente planejados, devido, principalmente, às variações registradas nos processos de produção e à conversão dos pedidos em números inteiros de cartões. Assim, foram necessários ajustes periódicos no número de *kanbans* em circulação, para equilibrar os níveis de estoques de produtos acabados com os planos de produção do *Kanban*.
- (3) Os tempos de resposta às necessidades dos clientes, vinculadas à otimização permanente dos *leadtimes* de produção, para as operações internas e externas. O alto nível de atendimento esteve atrelado ao cumprimento dos principais objetivos do aprimoramento contínuo do sistema de manufatura e se este produziu os resultados desejados.

Desta forma, o *Kanban* Interno proporcionou o firme controle dos estágios produtivos, através da lógica da autorização da produção, somente com a presença de, pelo menos, um *kanban* no quadro, contribuindo para a redução dos tempos de processamento e do *leadtime* total de disponibilização dos itens para o consumo das operações internas.

6.2.2 - A aplicação do *Kanban* Interno nas áreas-modelo

A presença massiva do *layout* funcional praticamente obrigava a empresa a manter grandes estoques intermediários até o momento da entrada dos itens nas linhas de submontagem e montagem. O outro fator observado, que contribuía à geração dos altos níveis de estoques em processo, era a organização da produção por função, acarretando grandes lotes em processamento e em *stand-by*. Os estoques em processo eram resultantes da diferença nas quantidades de itens produzidos e nas quantidades realmente necessárias. A maximização da capacidade forçava a empresa a imobilizar itens que não seriam utilizados em um momento próximo, configurando um desperdício de superprodução.

A implantação do *Kanban* Interno na Estamparia foi acompanhado por um intenso trabalho dedicado à redução dos tempos de preparação das prensas. A meta foi o dispêndio de menos de dez minutos para a preparação de prensas grandes (com capacidade de 50 a 200 toneladas) e de, menos de um minuto, para a preparação de prensas de pequeno e médio portes (com capacidade inferior a 50 toneladas).

O *layout* original da Estamparia foi bastante modificado para a construção de arranjos celulares. A Estamparia Leve, que executa a estampagem de tubos e subconjuntos internos, foi o setor que mais sofreu alterações de *layout*. Anteriormente, havia a predominância do arranjo linear, baseado no tamanho das prensas e constituído ao redor de um mini-almoxarifado, onde estavam acomodados os materiais e as ferramentas (moldes-estampos e dispositivos).

O arranjo celular foi baseado na criação de pequenas “ilhas” onde estão dispostos o ferramental, a prensa e os acessórios para a realização da preparação da estampagem dos diversos itens. Nas “ilhas” também haviam um ponto de estoque de entrada dos materiais (geralmente *blanks* de estampagem) e um ponto de saída dos itens estampados, que eram destinados às operações de soldagem e montagem de subconjuntos.

A minimização dos tempos de *setup* se concentrou na conversão da preparação interna para a externa, com o projeto de atividades e a utilização de matrizes com dimensões e ajustes padronizados. Houve um grande estudo, coordenado pela Engenharia Industrial, no sentido de projetar e reprojetar as matrizes para a facilitação das operações voltadas à preparação rápida das prensas. A acomodação e a ordenação das matrizes passou a ser feita através de estantes e suportes identificados por códigos e cores. As operações de *setup* foram executadas por uma equipe composta pelos próprios operadores e pelos funcionários do setor de manutenção mecânica.

A formação das células de manufatura esteve apoiada nos trabalhos realizados por BURBIDGE (1971), que apresentou um método baseado na análise do fluxo de produção para o rearranjo dos equipamentos e estações de trabalho e CURRIE (1992), que elaborou uma metodologia que visa a identificação de famílias de itens e células de equipamentos, utilizando a similaridade de características de projeto e processos de manufatura. Estas metodologias estão detalhadas em seus respectivos trabalhos.

A constituição de células de manufatura esteve apoiada na transferência de autonomia em relação à tomada de decisões, configurando-se em um subsistema otimizador de esforços, produtividade e qualidade. O arranjo celular, apesar do enfoque localizado, permitiu fazer a descentralização de poder sem o isolamento com o restante da fábrica, não perdendo a visão holística e o relacionamento com outras áreas produtivas.

A utilização do *Kanban* facilitou a simplificação dos controles, atuando de forma a transferir aos operadores os processos mais simples de decisão, de modo a gerar maior comprometimento e satisfação no trabalho.

A introdução da célula de usinagem de itens de alumínio proporcionou a redução dos estoques entre os equipamentos que compunham a mesma. O novo arranjo físico evidenciou o mal aproveitamento do espaço com a utilização anterior do *layout* funcional. A racionalização da área de trabalho foi feita com base na introdução de alguns conceitos *Just-In-Time*, como a eliminação de desperdícios e o *Housekeeping*. O estudo do novo arranjo físico contou com a participação dos funcionários diretos e indiretos. A diminuição da área ficou ao redor de 40% em comparação com o arranjo anterior.

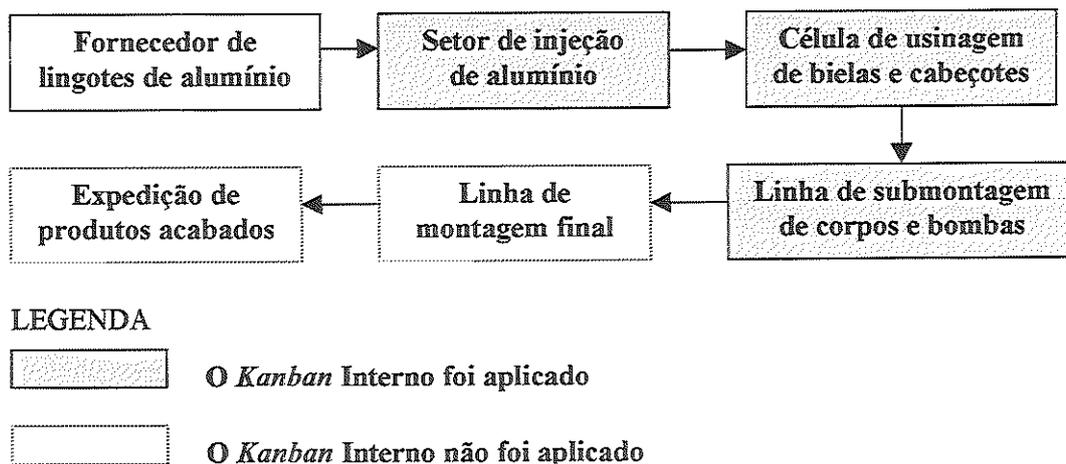


FIGURA 102 - A aplicação do *Kanban* Interno em algumas áreas-modelo.

Em março de 1997 foi iniciado o projeto de implantação do *Kanban* Interno, com o intuito de ligar as áreas de submontagem às linhas de produção e usinagem. Em uma segunda etapa, o *Kanban* seria implementado para a ligação entre as linhas de submontagem de corpos e bombas dos compressores e as linhas de montagem final.

Na célula de usinagem de itens de alumínio, considerada como célula-modelo, o aumento da velocidade de produção e do giro dos estoques em processo foram possíveis graças à introdução do *Kanban* Interno, que representou um abandono à tradicional metodologia do lote econômico. Mesmo antes da implementação do arranjo celular e do *Kanban*, foram introduzidas técnicas que visavam a redução do tempo de *setup* e o aumento da qualidade de conformação, com a inserção do conceito de qualidade obtida na fonte.

Com a criação da célula de usinagem, houve uma grande mobilização dos funcionários, para uma otimização ainda maior dos tempos de preparação e dos níveis de qualidade. Simultaneamente, foi introduzido o conceito de manutenção preventiva, sedimentada nas técnicas de TPM.

O desafio a ser vencido, dentro da célula de usinagem, foi a redução dos *leadtimes* de processamento em cada equipamento individual, pois o somatório seria a redução do tempo de atravessamento (*leadtime* total de processamento). A implantação e a viabilização da filosofia *Just-In-Time* tornou imperativa a busca pelo aprimoramento contínuo do sistema de manufatura e do clima de participação e comprometimento. O pensamento existente era que a redução contínua dos tempos de preparação, o aumento da confiabilidade dos

equipamentos e a melhoria dos índices de qualidade, dos itens usinados, provocariam, a viabilização da produção em pequenos lotes. Daí, a preocupação com as atividades relacionadas ao melhoramento contínuo e à manutenção dos ganhos obtidos (*Kaizen*).

A implantação do *Just-In-Time/Kanban* tornou possível a transferência do controle da produção aos níveis de execução (nível do piso de fábrica). A análise operacional mostrou que o estágio subsequente (submontagem de corpo) executava a programação do estágio precedente (célula de usinagem), com base no lote correspondente ao *container* de itens retirado do ponto de estoque do estágio precedente, colocando o *kanban* que estava afixado no *container* no quadro, mostrando ao operador da célula a prioridade de fabricação.

Desta forma, a descentralização e o *empowerment* do trabalho alavancaram a diminuição do tempo de resposta e o comprometimento da mão-de-obra direta e indireta, que se envolveram em uma parceria permanente para administrar as operações e para aprimorar os processos produtivos.

Na célula de usinagem havia um quadro onde eram colocados os *kanbans* de produção. Ao ser completado um lote de itens, de acordo com a quantidade indicada pelo *kanban*, este era colocado em um *container* padronizado, sendo transportado para o ponto de saída de materiais, onde era afixado novamente o *kanban* de produção. Através das informações disponíveis nos *kanbans*, os operadores da célula decidiam acerca da programação da produção, apenas recorrendo à supervisão em caso de problemas ou conflitos de prioridades.

No estágio subsequente (submontagem de corpos), o operador, assim que finalizasse a montagem de um *container* de itens, fazia o transporte do mesmo e do respectivo *kanban* de produção ao ponto de saída de materiais da célula de usinagem. Em seguida, o *kanban* era colocado no quadro, permitindo que a célula executasse a usinagem de mais um *container* deste mesmo item. Portanto, a célula utilizava o *Kanban* Interno de sistema de cartão único, com uma adaptação em relação à substituição do *kanban* de requisição pelo *kanban* de produção.

Os níveis de estoques em processo, mantidos em cada estágio produtivo (célula de usinagem e submontagem de corpos), variaram de 1,0 a 1,5 dias. Mesmo assim, no ponto de saída de materiais da célula, o nível de estoque foi variável e dependeu das características do

item e da confiabilidade do equipamento em que o mesmo era usinado. O estoque em processo dentro da célula foi continuamente reduzido através da retirada de *kanbans* do quadro porta-cartões ou da redução da quantidade de itens por *container* padronizado. Este procedimento forçou o aparecimento de problemas que possam ser internamente resolvidos por um pequeno grupo de melhorias.

Como resultados, entre estes dois estágios produtivos, o giro de estoque em processo, calculado pelo quociente $360 /$ (estoque mantido entre os postos de trabalho), aumentou de 30 para aproximadamente 100 vezes, após um ano de funcionamento da célula de usinagem. O aumento da flexibilidade da célula foi significativo, pois não houve mais a necessidade de programação e reprogramação individual de cada posto de trabalho. Os tempos de atravessamento dos itens usinados foram bastante minimizados. Como referência, a unidade de medida, que era a semana, foi alterada para uma base diária ou até mesmo horária, dependendo dos níveis de prioridade associados à fabricação dos itens.

Os enfoques seguidos na implantação de novos arranjos celulares foram a administração da manufatura por *Kanban* e a redução generalizada dos tempos de preparação. Inicialmente, a escolha das novas áreas onde o *Kanban* seria implantado, levou em conta a existência de restrições de processo. Assim, nesta primeira etapa, foi evitada a implantação do sistema em áreas, onde haviam muitos equipamentos considerados “gargalos”, que restringiam a velocidade do fluxo de materiais. Nestes casos, optou-se pela implementação de técnicas de redução de *setup* e manutenção preventiva.

Por exemplo, no setor de injeção de bielas e cabeçotes de alumínio, que representava o estágio precedente à célula de usinagem dos itens de alumínio, foi criado um *buffer* maior que o existente no respectivo estágio subsequente, representando o “pulmão” para o seguro funcionamento do *Kanban* na célula de usinagem.

No setor de injeção de alumínio, a aplicação do *Kanban* estava dependendo da resolução de problemas relacionados à qualidade dos itens, à redução do tempo de preparação e à confiabilidade dos equipamentos. Posteriormente à resolução destes problemas, a injeção de alumínio seria, naturalmente, o próximo estágio produtivo a funcionar de acordo com o *Kanban*. A implementação do *Kanban* neste setor também viabilizaria o *Kanban* Externo com a empresa fornecedora de lingotes de alumínio.

O risco associado à falta dos itens para o processamento na célula de usinagem, forçou o setor de injeção de alumínio a manter níveis de estoques muito superiores aos determinados pelo *Kanban*. Assim, com a resolução gradual dos antigos problemas mencionados através do trabalho de pequenos grupos de melhorias, houve um decréscimo contínuo dos níveis de estoques de bielas e cabeçotes injetados, viabilizando a aplicação do *Kanban Interno*.

Paralelamente às atividades dos grupos de melhorias, foi ministrado um treinamento específico à capacitação dos funcionários diretos e indiretos do setor de injeção de alumínio em relação à utilização de técnicas e preceitos *Just-In-Time*. Como comentário, a capacitação no *Just-In-Time* visou a mudança de antigos comportamentos e pensamentos arraigados, objetivando a formação de uma nova cultura baseada no JIT.

Os grupos de melhorias se reuniam periodicamente para a resolução de problemas relacionados à qualidade e aos equipamentos, além da proposição de melhorias advindas da sugestão dos funcionários. O reconhecimento das sugestões, que se consolidaram em melhoramentos, era feito através da divulgação em quadros da melhoria implementada e das pessoas que contribuíram com as sugestões. Um plano de reconhecimento voltado à recompensa com horas de descanso e com adicionais de salários estava sendo estudado e possuía chances de ser efetivado para aumentar a participação dos funcionários.

Simultaneamente à implantação do *Kanban Interno* na célula de usinagem e no setor de injeção de alumínio, foram realizadas muitas reuniões para a integração dos dois estágios produtivos, envolvendo o pessoal de supervisão e os funcionários incumbidos de disseminar o *Just-In-Time* pelo piso de fábrica. Estes funcionários foram designados de agentes diretos de mudança *Just-In-Time*. O trabalho dos grupos de melhoria, coordenado pelos mestres de produção dos estágios produtivos, propiciou um maior envolvimento dos funcionários em questões práticas do dia-a-dia, inserindo a filosofia do *Kaizen* no piso de fábrica e na média administração, composta por gerentes, administradores-chefes e supervisores de produção.

O *Kanban Interno* entre a célula de usinagem e o setor de injeção de alumínio também envolveu um grande estudo logístico externo. O primeiro estágio (célula de usinagem) pertencia à MBU III, localizada na planta 2 da empresa. O segundo estágio (injeção de alumínio) estava localizado na planta 1, sendo administrado pela MBU II. Uma

distância de aproximadamente 15 km separava os dois estágios produtivos. Além disto, havia rotinas predefinidas de expedição dos itens injetados da planta 1 para a planta 2 e de recebimento dos itens injetados na planta 2.

As rotinas operacionais de transporte entre as duas plantas foram totalmente alteradas de modo a incluir a participação dos motoristas no sistema e a determinação de horários preestabelecidos para a coleta e entrega dos itens. Os itens em *Kanban* passaram a ter prioridade nas plataformas de expedição e recebimento, com a simples conferência para a rápida disponibilização dos itens na célula de usinagem.

6.3 - O projeto para a combinação *Just-In-Time* e MRP II

O papel essencial da filosofia *Just-In-Time*, dentro do sistema híbrido, foi introduzir o pensamento e a cultura de compromisso voltados à Qualidade por Toda a Empresa e ao espírito de melhoramento contínuo de produtos e processos de manufatura (*Kaizen*). A elaboração do modelo híbrido seguiu os tópicos anteriormente discutidos nos capítulos 2, 3 e 4, que representaram a base conceitual para a integração dos dois sistemas.

Os princípios do *Just-In-Time* foram preservados, de modo a garantir a manutenção e a evolução do novo sistema de manufatura ao longo do tempo. A figura 103 exibe o relacionamento entre o JIT, o MRP II e o *Kanban* dentro do sistema híbrido proposto.

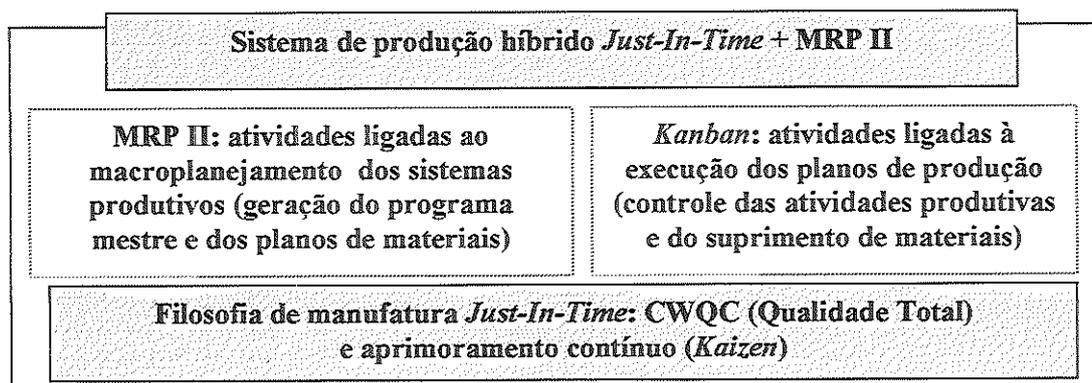


FIGURA 103 - O sistema de administração da produção *Just-In-Time* + MRP II.

O pressuposto básico do sistema híbrido JIT + MRP II foi o mesmo do *Just-In-Time*, ou seja, a autorização das atividades de manufatura para o atendimento dos níveis da produção real, baseada na demanda atual. O desenvolvimento de sistemas interativos, em tempo real para o seqüenciamento dinâmico das prioridades ao nível da fábrica, foi sustentado pela substituição do sistema de emissão de ordens do MRP II pelo *Kanban*, que representou o suporte adequado ao planejamento das atividades e às necessidades de alto giro dos estoques dos materiais.

O fechamento do *closed loop* do sistema híbrido não foi apoiado pelo sistema informatizado, mas executado ao nível da fábrica pelo *Kanban* tradicional ou *Kanban* Eletrônico, estabelecendo a alimentação do sistema de informações, a partir de um plano de produção que opera segundo o consumo real dos materiais nas operações de transformação.

A eliminação de níveis da estrutura dos produtos propiciou a agilização dos fluxos de informações e materiais entre os estágios produtivos, pois força a eliminação de pontos de estoques intermediários. Por exemplo, caso a lista de materiais tivesse um nível superior eliminado, as necessidades, que basicamente compreendiam os materiais e os roteiros de fabricação associados, passariam diretamente para o nível inferior da referida estrutura do produto. Ao nível da fábrica, esta modificação permitiu a facilitação para o uso do *Kanban*, pois foi estabelecido que os itens fabricados possuíssem tempos de espera iguais a zero. O MRP II não executa a liberação de pedidos adicionais para a reposição dos itens em questão.

Assim, os únicos pedidos de reposição eram feitos diretamente aos departamentos ou células de manufatura, em uma frequência definida (por exemplo, semanal) para, desta forma, gerarem pedidos para os relatórios de mão-de-obra do MRP II. Os itens comprados foram tratados de maneira semelhante, supridos por *Kanban* Externo ou através de ordens de compra geradas pelo MRP II. No segundo caso, os tempos de espera (*leadtimes* de suprimento) eram diferentes de zero.

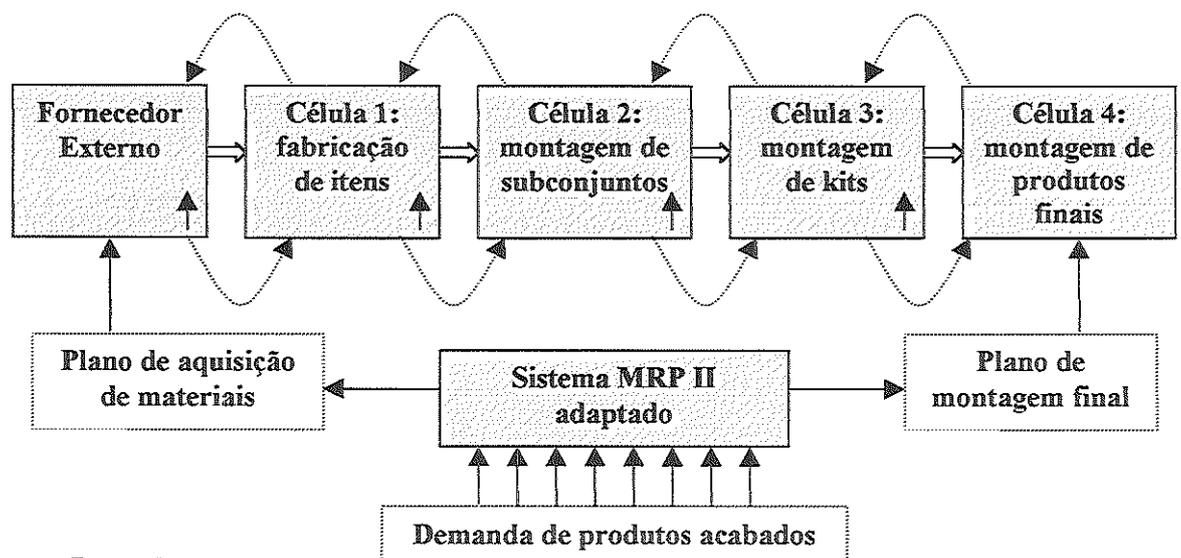
No sistema híbrido, uma outra modificação importante introduzida no MRP II original foi no sistema de geração de pedidos em função da demanda dos materiais (necessidades brutas). A lista de pedidos discretos dos materiais foi substituída por uma lista de planejamento das necessidades por família de produtos, que deve era atualizada a cada semana, para o cumprimento do plano de produção. Esta alteração visava a conciliação das operações de montagem final dos produtos (que deviam possuir itens para a construção de

qualquer produto referente ao *mix* de fabricação diário) e do *Kanban* (que objetivava a reposição automática dos itens conforme haja a comprovação de demanda).

A partir do exposto, conclui-se que não era mais necessário o planejamento detalhado de itens específicos, mas apenas a determinação dos níveis de produção nos estágios. Assim, o planejamento das necessidades por família de produtos estabeleceu condições para a integração do MRP II e do *Just-In-Time* ao nível do piso de fábrica.

Para a implantação do sistema híbrido, como etapa inicial foi feita a análise dos itens manufacturados pela empresa. Os itens repetitivos (itens de demanda habitual) e os itens esporádicos e previsíveis eram os mais adequados ao controle e programação por *Kanban*. As compras externas destes materiais foram apoiadas pelo MRP II e controladas pelo JIT.

Os itens manufacturados sob encomenda necessitaram do apoio do MRP II clássico, para executar a tradicional emissão das ordens de fabricação, responsáveis pelo controle “empurrado”. Os sistemas de controle utilizaram a combinação *Kanban* + MRP II para o ajustamento das necessidades dos itens dentro das células de manufatura.



Legenda:

- ▶ Solicitação dos materiais através de *Kanban* (*kanban* de requisição)
- ⇒ Fluxo de materiais
- Fluxo de informações do MRP II
- Processamento dos materiais através de *Kanban* (*kanban* de produção)

FIGURA 104 - Os subsistemas do modelo proposto de combinação JIT + MRP II.

Na figura 104, o plano diário de montagem final contém as ordens de montagem dos produtos a partir da seqüência definida pelo comportamento da demanda externa.

A programação dos processos de fabricação e montagem foi feita com base em planos de produção destinados às linhas de montagem final, que deveriam acionar os estágios precedentes através de *Kanban*. Os planos de produção quinzenais foram transformados em planos diários em função da capacidade dos processos internos.

A reprogramação da produção foi executada de forma agregada ao final da quinzena, que correspondeu ao intervalo de planejamento. A cada semana pôde-se utilizar a reprogramação detalhada com base na carteira de pedidos atualizada e nas prioridades.

A coordenação da produção ao nível da fábrica foi executada através do *Kanban*. Já, a programação da montagem final dos produtos acabados foi feita através do *Kanban* e dos controles informatizados, apoiados pelo MRP II.

O controle dos estoques dos itens fabricados internamente foi executado através de *Kanban*, que viabilizou a “manufatura puxada” através dos planos enviados ao final das linhas de montagem. Para os itens adquiridos de fornecedores externos, o controle foi executado tanto através da emissão de ordens de compra pelo MRP II, quanto pela utilização do *Kanban* Externo, que visou a redução de capital aplicado nos materiais, com base no aumento do giro de em estoques.

A integração JIT + MRP II visou o estabelecimento de disciplina na realização das atividades, de modo a simplificar os processos de coordenação dos processos produtivos. A simplicidade do controle da produção foi alcançada através da utilização de diversas técnicas *Just-In-Time*, como o *Kanban*, o *Housekeeping* e a TPM, sempre focalizando o elemento humano nas tomadas de decisões e na importância para a manutenção do sistema de manufatura combinado.

A substituição das ordens de fabricação e montagem pelos *kanbans* de movimentação e produção foi conseguida através da parametrização do MRP II de acordo com a combinação dos conceitos de “manufatura empurrada” e “manufatura puxada”. Fundamentalmente, a parametrização do MRP II, segundo os princípios e técnicas *Just-In-Time*, abordou os seguintes aspectos:

- (1) A reestruturação e a mudança das listas de materiais através da redução do número de níveis e da simplificação dos itens da estrutura do produto.
- (2) A utilização do subsistema MRP o planejamento dos itens comprados e fabricados.
- (3) O conceito de planejamento através das famílias de produtos e matérias-primas.
- (4) As definições e as adaptações dos centros de trabalho e dos roteiros de fabricação.
- (5) A simplificação dos controles de acordo com as áreas (pontos de controle) e com os itens a serem controlados, segundo o planejamento dos recursos críticos necessários .
- (6) A utilização de *backflushing* para o controle dos itens após a finalização dos lotes de produção, facilitando e reduzindo o número de transações no MRP II.

A implantação de um sistema de codificação e classificação de itens e submontagens para a formação de famílias baseada na tecnologia de grupo facilitou o macroplanejamento executado pelo MRP II e o controle de piso de fábrica feito pelo JIT.

A descentralização dos almoxarifados e o abastecimento direto nos pontos de consumo também foram outras formas de se reduzir os estoques e os tempos de suprimento dos materiais aos postos de trabalho.

Atividades	Características	Técnicas
Planejamento	O estabelecimento centralizado dos planos de produção para as minifábricas, de acordo com o princípio da “manufatura puxada”	MRP II (MPS, MRP e CRP - <i>rough-cut capacity planning</i>), sem emissão de ordens de fabricação e montagem
Programação	A descentralização do PCPM, onde cada minifábrica foi responsável pela programação da produção, segundo o princípio da “manufatura puxada”	MRP II (MRP), <i>Kanban</i> Interno e <i>Kanban</i> Externo
Controle	O controle da produção e dos estoques dos materiais foi baseado nos planos emitidos para o final das linhas de fabricação e montagem	<i>Kanban</i> Interno e <i>Kanban</i> Externo (para os itens grande consumo) e MRP II (para os itens de consumo esporádico)

FIGURA 105 - As características do Planejamento e Controle da Produção e Materiais (PCPM) dentro do sistema combinado *Just-In-Time* + MRP II.

O sistema híbrido facilitou a criação de estruturas organizacionais mais simples em comparação à hierarquia ditada pelo MRP II. Houve a predominância de grande coesão multidisciplinar entre as funções internas, enfocando a transição da engenharia industrial para a engenharia simultânea, que integra o planejamento do processo, o estudo dos métodos de trabalho, a engenharia de produção e a manutenção. Tal fato foi muito salutar ao *Kanban* no tocante às atividades de melhoramento contínuo (*Kaizen*). Neste sentido, o *Just-In-Time* reforçou o projeto e a otimização dos sistemas de manufatura.

6.4 - Os resultados gerais obtidos com a implantação do *Just-In-Time*

A introdução do *Just-In-Time* alcançou a integração e o balanceamento das atividades da cadeia de suprimentos, dos fornecedores de matérias-primas até os clientes finais, maximizando a eficiência da empresa em termos de qualidade, custo, prazo e flexibilidade. Dentro deste contexto, as prioridades atingidas foram a instauração da “manufatura puxada” através do *Kanban*, a introdução das políticas de “zero estoques” e “perda zero” (eliminação de desperdícios), a ênfase no aumento do valor agregado das atividades e o programa de aprimoramento contínuo através da otimização da produtividade, dos espaços físicos, dos custos de produção e dos níveis de qualidade e estoques.

Dentre os resultados globais da implantação do *Just-In-Time*, destacaram-se:

- (1) A redução do tempo de preparação dos equipamentos.
- (2) A instalação de uma célula-modelo destinada à usinagem de itens de alumínio (bielas e cabeçotes). O controle do fluxo dos materiais em processo foi baseado no *Kanban*, com a simplificação do monitoramento do desempenho e o aproveitamento da célula como modelo para outras implantações e treinamento dos funcionários.
- (3) A introdução gradual de outras células de manufatura, com a formação de pontos de estoques intermediários entre as áreas que funcionaram com base no *Kanban* e as que apresentam elevados tempos de *setup* e espera.
- (4) A redução do *leadtime* total de processamento na célula-modelo.
- (5) O aumento da produtividade a partir da diminuição do índice de refugos e retrabalho.
- (6) A redução dos estoques em processo e da mão-de-obra direta e indireta.
- (7) O aumento do giro médio de estoques intermediários.
- (8) O aumento da motivação da força de trabalho para a resolução de problemas e para a implantação de soluções e técnicas em equipes.

Os resultados gerais da pesquisa-ação relacionada à implantação do *Just-In-Time* são exibidos pela figura 106, que também contempla a comparação com alguns valores encontrados na literatura. Notou-se um bom desempenho das variáveis relacionadas, o que evidencia a efetividade do projeto de introdução de técnicas e princípios JIT na empresa.

Descrição dos melhoramentos obtidos	Amplitude dos melhoramentos	Amplitude dos melhoramentos (*)
Redução do tempo de supervisão	70 a 90%	83 a 92%
Aumento da produtividade (mão-de-obra direta)	30 a 50%	5 a 50%
Aumento da produtividade (mão-de-obra indireta)	50 a 60%	21 a 60%
Redução dos custos de qualidade	45 a 60%	26 a 63%
Redução do custo dos materiais comprados	10 a 35%	6 a 45%
Redução dos estoques de matérias-primas	35 a 400 %	35 a 73%
Redução dos estoques intermediários	70 a 90%	70 a 89%
Redução dos estoques de produtos acabados	10 a 90%	0 a 90%
Redução do tempo de <i>setup</i> dos equipamentos	75 a 150%	75 a 94%
Redução do espaço físico	40 a 70%	39 a 80%
Observação: (*) é referente aos valores propostos por HAY (1992).		

FIGURA 106 - Os melhoramentos proporcionados pela implantação do *Just-In-Time*.

Os benefícios conseguidos com a implantação do *Kanban* Externo foram:

- (1) A simplificação do MRP II em relação à aquisição dos materiais diretos, com a correspondente eliminação das ordens de compra dos materiais.
- (2) A redução média de 40% das áreas destinadas à armazenagem dos materiais.
- (3) O aumento do giro de estoque anual de 15 para 42 vezes.
- (4) A eliminação de perdas relativas aos danos ocorridos nos materiais durante a utilização.
- (5) A redução média de 80% dos *leadtimes* de suprimento.
- (6) As melhorias na arrumação e na organização do trabalho.
- (7) A ausência de deterioração e danos nos materiais estocados.
- (8) A eliminação da carga de trabalho interno.

Coincidindo com as expectativas iniciais, os valores mostraram o atingimento dos objetivos de mudança organizacional e tecnológica, inserida com o JIT nos ambientes fabris. Os resultados mostraram que a força de trabalho estava motivada e engajada nos programas de manutenção preventiva e *setup* rápido, colaborando para o aumento dos níveis de qualidade e para a redução dos estoques em geral. Com relação à figura 106, os valores obtidos durante os trabalhos de implementação do *Just-In-Time* se encontraram bastante próximos aos valores propostos por HAY (1992).

A redução do tempo de supervisão foi calculada através da comparação entre a quantidade média de horas de mão-de-obra indireta dispensada aos setores produtivos com o *layout* tradicional (antes da implantação dos arranjos celulares) e a quantidade média de horas de mão-de-obra indireta necessária após a constituição das células de manufatura, considerada em um período de análise de 6 meses.

O aumento da produtividade da mão-de-obra direta e indireta foi calculado através da comparação entre a quantidade de horas-homem necessária para a produção de um item nos setores produtivos com o *layout* tradicional e a quantidade de horas-homem necessária para a produção de um item nos setores organizados com o arranjo celular, segundo os padrões adequados de qualidade de conformação.

A redução dos custos de qualidade esteve fundamentada na minimização dos índices de refugos, do número de defeitos por unidade produzida e do tempo médio entre falhas, de acordo com a comparação entre o *layout* tradicional e a célula de manufatura. A redução dos estoques foi avaliada em termos quantitativos, em relação ao nível médio mantido 6 meses antes da implantação e 6 meses após a implantação dos arranjos celulares.

As reduções do tempo de preparação dos equipamentos e do espaço físico também foram mensuradas a partir da comparação entre o *layout* tradicional e o arranjo celular. O tempo de *setup*, ao lado do tamanho médio do lote de fabricação, foi considerado como uma das principais medidas de desempenho relacionadas à flexibilidade das operações produtivas em relação às variações de demanda final.

Verificou-se, também, que o investimento para a instauração dos arranjos celulares e, conseqüentemente, para a implantação do conjunto das técnicas *Just-In-Time*, não influenciou significativamente no acréscimo dos custos de produção. Dentre outros resultados positivos, destacaram-se a otimização do uso dos equipamentos (com o correspondente aumento do percentual dos tempos de processamento dentro dos *leadtimes* de produção), o aumento de flexibilidade em relação à introdução de novos itens e à variação no *mix* produzido, a confecção de um sistema de classificação e codificação para a formação das famílias de itens segundo o conceito de tecnologia de grupo e o estabelecimento de práticas relacionadas ao controle visual dos processos.

A redução de inventário mostrou ser significativa e está associada à minimização das atividades de movimentação de materiais, dos tempos de manufatura e dos espaços físicos dentro dos *layouts* celulares.

Sem dúvida alguma, o aspecto da redução dos três tipos de estoques (matérias-primas, intermediários e de produtos acabados) é bastante complexo, pois depende de um esforço conjunto entre o fabricante, os fornecedores e os clientes finais. Com bastante convicção, este aspecto, com o passar dos anos, tende a ser cada vez mais considerado.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

Dentro do processo de implantação do *Just-In-Time*, os recursos humanos representaram o fator decisivo para o sucesso. A participação e a integração foram naturalmente despertadas. O ambiente de trabalho sofreu grandes mudanças em relação aos cuidados com a limpeza e a organização. Os indivíduos que participaram dos projetos-piloto de implantação do *Kanban* Externo e Interno sentiram-se mais valorizados e estabeleceram uma estreita relação com a empresa, prevalecendo o “estado de espírito” da Qualidade Total.

A necessidade de atualização das atividades produtivas e administrativas passou, obrigatoriamente, por uma mudança de filosofia empresarial. Caso não houvesse a alteração do pensamento e da postura da alta administração, o novo sistema de manufatura, advindo da introdução do *Just-In-Time* e de suas técnicas e princípios correlatos, não proporcionaria os benefícios esperados. O conhecimento e a conscientização da alta direção foram extremamente importantes para a criação de um clima organizacional propício aos programas de aprimoramento contínuo e ao atingimento de metas preestabelecidas.

O conceito ocidental de maximização da capacidade instalada, ou seja, a utilização de plena capacidade, é muito forte e necessita ser alterado para o conceito de atendimento das necessidades preconizado pelo *Just-In-Time*. O argumento que justificaria a manufatura baseada na plena capacidade seria a diluição dos custos fixos no alto volume de produção, sem a preocupação com a formação excessiva de estoques, pois estes eram considerados como investimentos em capital. Em contrapartida, o *Just-In-Time* pressupõe a produção somente para o atendimento das necessidades, sendo este um ponto de extrema relevância para a confiabilidade do sistema de manufatura e para a efetividade do *Kanban* como mecanismo de execução das atividades produtivas. A implantação do *Kanban* Interno e Externo foi apenas parte de um plano estratégico bem mais amplo, mostrado pela figura 107.

A conscientização sobre os impactos associados ao *Just-In-Time* foi previamente iniciada na alta direção e na média administração (nível de gerências). A implantação do *Just-In-Time* foi realizada de forma simultânea *top-down* (da administração para o piso de fábrica) e *bottom-up* (do piso de fábrica para a administração), envolvendo todas as pessoas da empresa. As atividades ligadas, direta ou indiretamente à implementação do *Just-In-Time*, tiveram como característica o caráter multidisciplinar, atuando obrigatoriamente na real integração de todas as áreas da empresa.

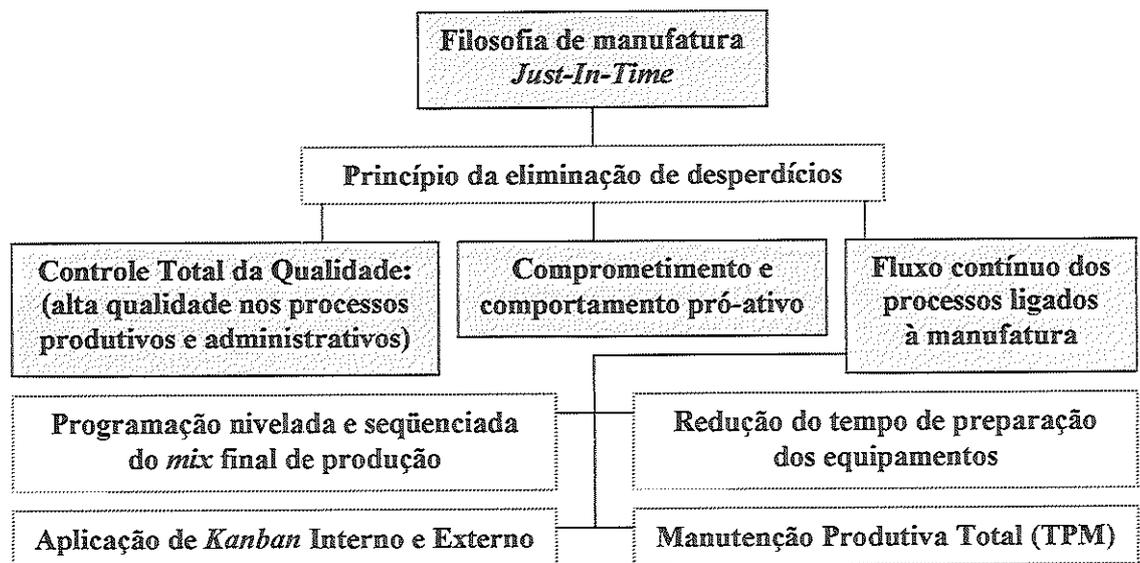


FIGURA 107 - O esquema proposto para a implantação do *Just-In-Time* na empresa.

O princípio da “manufatura puxada” forçou as mudanças dos arranjos físicos para a organização de *layouts* celulares, sempre priorizando a otimização dos tempos de preparação, da confiabilidade dos equipamentos e dos níveis de qualidade dos itens manufaturados, de modo a viabilizar a redução dos custos de produção e o aumento da flexibilidade de atendimento aos clientes finais.

O *Kanban* Externo e, posteriormente, o *Kanban* Interno, focalizados como parte de um projeto mais global de concepção de um novo sistema de manufatura, tiveram o efeito de integração entre diversas funções internas e externas, com a principal vantagem de se evitar a implantação de subsistemas mais complexos de controle da produção, como o módulo *Shop Floor Control/SFC* do MRP II.

O *Kanban* representou uma sistemática clara e simples de programação das atividades de manufatura, que atuou diretamente para o aumento do envolvimento e, posterior comprometimento, dos funcionários diretos e indiretos. Para a efetividade do *Just-In-Time/Kanban*, foi necessário um demorado trabalho voltado à capacitação técnica e ao convencimento da força de trabalho, como forma de se obter resultados duradouros.

O *Kanban* pôde ser considerado uma técnica disciplinadora do fluxo de materiais, oferecendo a possibilidade de economia de espaço físico e redução da movimentação. Além disto, impôs o rígido controle dos tempos de preparação e o aprimoramento da confiabilidade dos equipamentos, priorizando o alto nível de qualidade nos processos.

O projeto de implementação do *Just-In-Time* exigiu que a empresa tivesse um funcionário responsável pela coordenação das atividades a serem realizadas. Este funcionário foi um gerente ligado à Manufatura e representou o elo de ligação com o alto escalão da empresa e com os níveis hierárquicos mais baixos. Outro ponto relacionado foi a utilização da consultoria externa, auxiliando a empresa para que esta não despendesse tempo em demasia e nem cometesse erros que outras empresas incorreram pela falta de consistência e preparo dos funcionários ligados diretamente ao projeto. Assim, evitou-se percorrer a curva de aprendizado sem o suficiente embasamento teórico e sem uma visão holística profunda e crítica a despeito do impacto da filosofia JIT na organização.

As contribuições associadas às atividades de consultoria externa residiram no fato de contemporizar as situações adversas e os conflitos oriundos dos processos de implementação da estratégia de manufatura *Just-In-Time*. A participação de um consultor externo trouxe a motivação necessária aos funcionários, agindo como fator de aumento do entusiasmo nas pessoas e impedindo o arrefecimento do engajamento nos processos de mudanças e melhorias advindos com a nova filosofia de administração da manufatura.

A modernização das estruturas organizacionais e produtivas exigiu uma profunda mudança de conceitos arraigados e uma trabalhosa adaptação gradual e seletiva de princípios de gestão participativa da manufatura disseminadas pelo *Just-In-Time*. A transposição do sistema de administração convencional para o modelo de integração JIT + MRP II, foi acompanhado por um intenso programa de reciclagem de conhecimentos da força de trabalho e por um projeto de estabilização interna das flutuações de demanda final, atuando no sentido de nivelamento da produção e das cargas de trabalho. O nivelamento da produção

foi um pré-requisito ao sucesso da implantação das técnicas e dos princípios *Just-In-Time* e da integração JIT + MRP II.

Assim, a linha evolutiva do sistema de manufatura da referida empresa foi iniciada no início da década de 70 através do modelo de fabricação tradicional *Just-In-Case*, apoiada pelas técnicas convencionais de Planejamento e Controle da Produção (PCP). A seguir, foram feitas reformulações, passando pela implantação do MRP II no início da década de 90 até a implantação do *Just-In-Time* e da sua integração ao MRP II, já a partir de 1996. A otimização dos processos decisórios foi o grande motivador da combinação JIT + MRP II.

7.1 - Acerca do suprimento externo *Just-In-Time*

A introdução do *Kanban* Externo (*Kanban* de Fornecedores) permitiu o início de uma ampla abordagem para a melhoria da produtividade do sistema de manufatura, introduzindo vários preceitos importantes da filosofia *Just-In-Time* e inserindo o princípio do combate aos focos de desperdícios observados nos processos de recebimento e armazenagem dos materiais. O sucesso da implantação do *Kanban* Externo motivou a inserção de outras técnicas e pressupostos JIT, otimizando, assim, o desempenho das operações internas.

Os principais objetivos atingidos em relação ao suprimento JIT de materiais foram:

- (1) A ênfase no conceito de relacionamento de benefícios mútuos, que contemporizou aspectos antagônicos do relacionamento fabricante-fornecedor, visando o aumento do nível de atendimento dedicado ao fabricante, em termos de qualidade dos itens supridos, confiabilidade de entrega, flexibilidade e custos. As contrapartidas do fabricante foram a adequação do planejamento de materiais à capacidade do fornecedor, a confiabilidade do plano de materiais (incluindo a previsão de consumo dos materiais a médio prazo) e a manutenção de elevado nível de comunicações entre as duas partes.
- (2) A formação de um grupo de fornecedores de grande potencial técnico e elevada confiabilidade, centrado em poucas fontes de suprimento de um item ou de uma família de itens. Este grupo, composto aproximadamente por quinze fornecedores, foi denominado de base de suprimento *Just-In-Time*.
- (3) O estabelecimento de fortes relações de longo prazo com os principais fornecedores de materiais diretos.

No entanto, devido à questões comerciais, a empresa também permitiu o estabelecimento de relações competitivas entre alguns fornecedores de materiais diretos, contrariando a formação de efetivas parcerias, um dos aspectos mais importantes ligados ao suprimento *Just-In-Time*. Mas, apesar deste paradoxo, o objetivo central ainda foi a busca por uma política de cooperação entre o fabricante e os fornecedores.

Dentro deste contexto, o suprimento da maioria dos materiais comprados tendeu a seguir os preceitos JIT. Porém, em alguns casos, o suprimento *Just-In-Time* não pôde ser efetivado, principalmente em alguns aspectos relativos ao relacionamento comercial, à segurança das entregas e a logística de fornecimento, dentre outros.

7.2 - Acerca das células de manufatura

A administração foi modificada com a descentralização dada às minifábricas, focalizadas em relação ao tipo de atividades produtivas, o que conferiu maior flexibilidade aos processos de tomada de decisões. A eliminação de desperdícios e a qualidade na fonte foram os aspectos preponderantes para a instauração da filosofia de melhoramento contínuo.

O envolvimento dos trabalhadores foi considerado o fator crítico na implantação das células de manufatura e na inserção do conceito de tecnologia de grupo. A confiança na mudança tecnológica e organizacional nos setores de injeção de bielas e cabeçotes de alumínio, usinagem de itens de alumínio e submontagem de corpos e bombas, trouxe uma redefinição no estilo de supervisão do trabalho e no relacionamento com outras áreas produtivas da fábrica.

De um modo geral, as pessoas compreenderam que a conversão para a manufatura celular exigia um plano de ação com vários níveis de mudanças, como por exemplo, no planejamento e na cooperação do pessoal envolvido. Por sua vez, estas mudanças propiciaram grandes economias e significativas vantagens, melhorando os fluxos produtivos através da fábrica e exigindo a dedicação da gerência e da supervisão, a elaboração de bons planos de produção e a perseverança em relação aos esforços de implantação do JIT.

O esforço permanente para o aprimoramento dos planos de produção aproximou as áreas responsáveis pelas atividades ligadas ao planejamento da produção. O cumprimento

dos planos de produção e materiais garantiu a efetividade das atividades ligadas ao planejamento da manufatura e assegurou o alto nível de controle dos centros de trabalho e das atividades produtivas dos fornecedores externos.

De acordo com MCKERSIE & KLEN (1986), a implantação da manufatura celular, de forma não participativa, provoca um impacto negativo nos resultados, em torno de 25% de redução na produtividade das ações. Baseado nesta afirmação, buscou-se o permanente estímulo à integração dos funcionários, de modo a aumentar a concentração de esforços das pessoas na resolução de quaisquer problemas observados.

A área de Vendas/*Marketing* aumentou a acuidade das previsões de demanda, contribuindo em segundo plano para a redução das variações dos planos de produção e para a eliminação do “nervosismo” causado pelas constantes reprogramações.

No entanto, para o atingimento de um desempenho eficaz nas entregas dos produtos, a empresa optou por níveis de estoques de segurança um pouco elevados, divergindo da meta de eliminação de desperdícios apregoada pelo *Just-In-Time*.

Dentre os problemas encontrados logo após a implantação do arranjo celular nos três setores inicialmente comentados, destacaram-se:

- (1) O tempo para a célula se tornar completamente operacional, do ponto de vista dos níveis de qualidade e produtividade desejados.
- (2) A colocação inicial de equipamentos inapropriados (não dedicados) no *layout* celular.
- (3) A avaliação de desempenho da célula a partir de controles e variáveis inadequadas, anteriormente utilizadas nos processos tradicionais de manufatura.
- (4) A variação no balanceamento das cargas de trabalho, devido às freqüentes flutuações na demanda final dos produtos, caracterizadas pela instabilidade de mercado.
- (5) A interrupção do fluxo produtivo causada pela quebra de equipamentos.
- (6) A fabricação de itens defeituosos, interrompendo fluxo dos materiais.

Os Círculos de Controle da Qualidade (CCQ's) tiveram atuação significativa nas questões relacionadas à otimização dos processos produtivos. Esta técnica foi também utilizada de maneira diferente de sua concepção inicial, voltada à resolução dos problemas de qualidade. Assim, outros assuntos como a limpeza e a organização das instalações, a segurança no trabalho e os índices de produtividade tiveram enfoques permanentes dentro

das atividades ligadas ao melhoramento contínuo dos processos. Os CCQ's sofreram uma evolução natural na direção da criação dos pequenos grupos de melhorias responsáveis pela disseminação da filosofia do *Kaizen*.

Ainda, com relação aos CCQ's, a preocupação central foi a implantação da Qualidade Total na empresa, não somente a qualidade ao nível do produto final. A visão japonesa considera que qualidade e produtividade possuem ligação direta. Assim, com a obtenção da qualidade em todos os processos, a produtividade é continuamente incrementada. A implantação dos CCQ's, que representaram a base conceitual para a articulação de pequenos grupos de melhorias nas áreas produtivas, foi iniciada com a garantia de que os conceitos de qualidade na fonte e eliminação de desperdícios foram preliminarmente absorvidos por todos os funcionários das áreas-modelo.

Portanto, os CCQ's representaram um poderoso instrumento de motivação pessoal e integração dos funcionários com a empresa. De um modo geral, as pessoas ressaltaram a importância da eliminação de desperdícios existentes nas instalações fabris. A prática de atividades ligadas ao *Kaizen* tomou-se uma preocupação constante, mobilizando a força de trabalho para aperfeiçoar os processos ligados à manufatura e à organização.

Os tópicos relacionados com a satisfação na utilização das células de manufatura nas três áreas produtivas foram:

- (1) A redução na movimentação dos materiais e no espaço físico dos *layouts* produtivos.
- (2) A diminuição do tempo total necessário à manufatura dos itens.
- (3) O aumento da precisão das datas de término das ordens de fabricação.
- (4) O melhoramento dos níveis de qualidade e dos estoques em processo.
- (5) A eficácia do treinamento com o direcionamento aos funcionários das células.
- (6) A satisfação da mão-de-obra através das melhorias verificadas nos processos.
- (7) A redução dos tempos de preparação dos equipamentos.
- (8) A redução dos custos de produção.
- (9) A otimização do tempo de aproveitamento dos equipamentos.

Ainda, com relação à satisfação advinda com a implantação das células de manufatura, foram destacados os seguintes aspectos:

- (1) A redução dos tempos de espera entre as operações.
- (2) A simplificação dos controles operacionais.

- (3) A relação de estreitamento entre as operações e os trabalhadores, representada pelo aumento do sentimento de identificação com os processos.
- (4) O aumento do conhecimento das atividades executadas no piso de fábrica.
- (5) A satisfação pela aprovação dos itens fabricados e pelo conhecimento de todo do processo de fabricação e não apenas de determinada operação.
- (6) O melhor aproveitamento dos tempos produtivos da mão-de-obra.
- (7) A instauração do conceito de parceria entre os clientes e os fornecedores internos.

O abaixamento dos níveis de estoques intermediários presentes nas células de manufatura configurou-se em uma meta difícil de ser alcançada, mas extremamente necessária ao aperfeiçoamento do sistema produtivo. Os esforços permanentes direcionados à otimização do fluxo de materiais possibilitaram uma abordagem sistêmica de melhoramento contínuo baseada no *Kaizen*, possibilitando a interferência pró-ativa da mão-de-obra nas questões de aumentos de produtividade e qualidade.

As técnicas de redução do tempo de *setup*, fundamentadas na troca rápida de ferramentas e dispositivos, foram implantadas e conduzidas com o intuito de se aumentar a flexibilidade de resposta das áreas produtivas. Inicialmente, estas técnicas foram aplicadas nas equipamentos considerados como limitantes da capacidade produtiva, visando o aumento da velocidade de processamento nas células de manufatura e a redução dos estoques em processo. Desta forma, os “gargalos de produção” sofreram um processo de otimização do desempenho, para viabilizarem o conceito de fluxo contínuo de manufatura.

Com relação ao exposto anteriormente, deve-se mencionar a utilização criteriosa da Teoria das Restrições, comentada em GOLDRATT (1990) e em JONES & ROBERTS (1990), como referência na abordagem inicial para a resolução de problemas relacionados à otimização do desempenho das áreas produtivas internas (áreas-modelo).

O princípio da qualidade obtida na fonte produtora foi praticado de forma abrangente dentro das células de manufatura. Entretanto, em um primeiro momento, não foram abandonadas a inspeção final de alguns dos lotes produzidos, eventualmente feitas por inspetores de linha ou por auditores de processo. Dentro das células de manufatura, o Controle Total da Qualidade (TQC) representou um poderoso pensamento voltado à conscientização de todas as pessoas, em relação à importância pela busca da qualidade em todas as atividades realizadas.

Por sua vez, os itens relacionados com os comentários e os resultados negativos referentes à utilização das células de manufatura, foram:

- (1) A necessidade de intensificação das atividades de manutenção preventiva.
- (2) A necessidade inicial de processos alternativos em caso de paralisação das células.
- (3) Os custos relacionados com o treinamento do pessoal, com a confecção de novas ferramentas e dispositivos e com a instalação dos equipamentos.
- (4) Os problemas relativos à redução da flexibilidade para a introdução de novos produtos.
- (5) Os custos referentes às perdas de produção durante a composição do arranjo celular.

A prioridade principal com relação à implantação das células e da tecnologia de grupo foi o aprendizado das pessoas diretamente envolvidas, relacionado com a orientação plena no processo de mudanças, com a necessidade de treinamento para os trabalhadores e com o envolvimento total dos operadores no projeto de implementação. A utilização de células-piloto também foi outro fator de sucesso no processo de implantação das técnicas correlatas ao *Just-In-Time*.

O *Kanban* Interno, utilizado no controle da produção dentro das células de manufatura e na interface com outras áreas produtivas, mostrou-se eficiente como sistema de programação visual e como mecanismo de redução dos estoques em processo. Na implementação do *Kanban*, permitiu-se e incentivou-se o envolvimento dos operadores, sem quaisquer barreiras ou restrições. A presença de pessoas comprometidas trouxe o melhor desenvolvimento das atividades e esteve diretamente relacionada com o sucesso do projeto de implantação do *Just-In-Time*.

7.3 - Acerca do modelo híbrido *Just-In-Time* + MRP II

O sistema híbrido *Just-In-Time* e MRP II mostrou-se extremamente simples, do ponto de vista de orientação e controle da produção em relação às clássicas questões o que, quanto, quando e onde produzir, permitindo que a empresa auferisse benefícios em termos de redução dos custos de produção e eficiência no atendimento das necessidades dos clientes.

Os pontos relevantes para o funcionamento do sistema combinado foram a mudança do *layout* das áreas produtivas (a troca do *layout* por processo pelo *layout* por produto), a utilização de operadores polivalentes para a fabricação e para a preparação dos

equipamentos, a introdução de células de manufatura nas áreas de usinagem e submontagem e um plano estruturado de treinamento e participação estendido aos funcionários.

Os níveis de planejamento e controle de curto prazo foram primordialmente comandados pelo *Just-In-Time*, segundo a concepção de suas técnicas correlatas. Já o MRP II foi responsável pelo planejamento da produção nos níveis mais agregados, priorizando o atendimento das necessidades dos clientes com uma eficiência mínima de 98%. O conhecimento das restrições de capacidade (ou recursos “gargalos”) permitiu à empresa focalizar as melhorias nos processos considerados críticos, para depois estendê-las aos demais recursos produtivos, segundo a abordagem apregoada pela Teoria das Restrições.

A utilização de estruturas comuns nos produtos permitiu aumentar a variedade do *mix* final em determinadas faixas, sem o correspondente aumento da variabilidade dos processos. Também, o projeto dos componentes e produtos adequados à manufatura foi outra característica que facilitou a combinação do *Just-In-Time* ao MRP II.

A integração JIT e MRP II assegurou a firme coordenação das atividades nos processos de manufatura e a coesão organizacional através de um sistema de informações computadorizado (apoiado pelo MRP II) e de um sistema de controle descentralizado apoiado pelo *Just-In-Time/Kanban*, fundamentado na atribuição de responsabilidades e na participação coletiva da mão-de-obra.

7.4 - Acerca do ambiente de implantação *Just-In-Time* e da cultura organizacional

A questão cultural foi o grande “pano de fundo” na implantação do *Just-In-Time* e no funcionamento do sistema integrado de administração da produção. A empresa buscou a conversão de uma cultura organizacional de base autoritária para uma cultura sedimentada no alicerce do comportamento pró-ativo e na capacidade de geração do comprometimento coletivo. Inicialmente, a presença de uma forte cultura corporativa, arraigada em práticas antiquadas, entrouvrou a participação e dificultou a implantação, reduzindo a possibilidade de efetividade do *Just-In-Time* a longo prazo.

A posterior mudança da cultura organizacional e o comportamento pró-ativo da administração da fábrica (diretores, gerentes e administradores-chefes) influenciaram

diretamente o sucesso do projeto *Just-In-Time*. O elemento mais significativo para a mudança cultural foi a incoerência entre os valores da cultura organizacional inicial (baseada em certo nível de autoritarismo detectado nas relações interpessoais) e os pressupostos essenciais do *Just-In-Time* (calcados na participação coletiva e no respeito humano).

A incoerência entre a cultura organizacional e os pressupostos da filosofia *Just-In-Time* entravaram, inicialmente, o desenvolvimento das atividades ligadas à implantação. Os valores culturais tradicionais, materializados em práticas arraigadas e geralmente antagônicas ao JIT, dificultaram o atingimento de melhores resultados. Pode-se afirmar que os maiores níveis de sucesso na implantação do *Just-In-Time* deveram-se à diminuição do paradoxo entre os valores culturais iniciais e os princípios JIT.

O autoritarismo detectado nas relações interpessoais, entre a administração e os subordinados, foi considerado um aspecto importante no projeto de implementação do *Just-In-Time*, pois revelou a incompatibilidade entre uma filosofia primordialmente participativa e os resquícios de uma cultura fortemente autoritária, comparável à disciplina oriunda das hierarquias militares, que impunha um excesso desnecessário de “formalidades burocráticas”, onerando, assim, o engajamento coletivo e a agilização do projeto de implantação. Desta forma, foi necessária a introdução de princípios que visaram combater os bloqueios ao comprometimento dos trabalhadores. Por exemplo, o medo de punições, que poderia comprometer os sistemas de sugestões e a iniciativa pessoal para as atividades de aprimoramento contínuo do sistema de manufatura, foi amplamente combatido.

O treinamento multidisciplinar para a obtenção de uma força de trabalho mais flexível, o apoio à solução de problemas e a liderança do alto e do médio escalões no projeto de implantação do *Just-In-Time* foram aspectos relevantes à consecução da confiança e do empenho dos funcionários, sendo considerado como “fator embrionário” na busca do comprometimento. O processo seletivo de implantação, que visou a introdução de técnicas e pressupostos JIT em áreas previamente escolhidas (áreas-modelo), contribuiu para aumentar a motivação das pessoas envolvidas e para aperfeiçoar sistematicamente os processos e os locais onde foram detectadas falhas e anormalidades.

Os princípios da redução de estoques e da eliminação de desperdícios contribuíram ao estabelecimento de um ambiente propício à interferência pró-ativa da força de trabalho,

favorecendo o comprometimento em relação à introdução de outros pressupostos e técnicas que compõem a filosofia *Just-In-Time*.

A implantação do *Just-In-Time* deflagrou um processo efetivo de mudança comportamental/organizacional. Inicialmente, houve a tendência de que alguns funcionários indiretos fossem remanejados por não estarem comprometidos com a nova filosofia de manufatura introduzida nas áreas-modelo ou simplesmente por não haver a necessidade de antigos postos de trabalho devido ao rearranjo provocado pelo JIT. Não foram detectadas fortes resistências devido à conscientização preliminar para a eliminação do “medo coletivo” advindo da nova configuração de poder.

Nestes casos, pautou-se pela realocação de funções internas, evitando a demissão de funcionários no início da implantação do *Just-In-Time*, o que poderia trazer sérias conseqüências em relação à aceitação da nova filosofia. A equipe de funcionários, ligada mais diretamente ao projeto de implementação, compreendeu que as atividades correlatas ao melhoramento contínuo, em conjunto com a instauração de um ambiente favorável à participação e ao comprometimento, configuraram o grande pilar de sustentação dos aspectos materiais e filosóficos do *Just-In-Time*.

Com relação aos recursos humanos, a empresa buscou o aprimoramento da capacitação técnica dos funcionários, com a instauração de uma política de treinamentos visando a formação de operadores multifuncionais e da participação nos lucros como forma de motivação pessoal. No âmbito geral, a empresa adotou posturas que valorizaram a força de trabalho e que se alinharam com a filosofia *Just-In-Time*.

A contradição entre a realidade prática observada no piso de fábrica e o discurso da administração em relação à efetividade das técnicas e pressupostos da administração da produção JIT foi eliminada dos ambientes onde estavam sendo desenvolvidas as atividades ligadas à implantação. Assim, o *staff* deixou de afirmar, por exemplo, que a empresa implantou as técnicas de redução de *setup*, quando, na verdade, os operadores gastavam várias horas para trocar uma ferramenta ou dispositivo. Este aspecto constituiu um forte elemento motivador da mão-de-obra empenhada em sustentar o *Just-In-Time*, pois banuiu o receio de que as técnicas e princípios estavam sendo introduzidos como forma de promover e fortalecer algumas pessoas para adquirirem prestígio para o *marketing* pessoal.

O JIT foi sempre compreendido como uma filosofia de manufatura dependente de altos níveis de respeito humano e transparência para que fossem atingidos o comprometimento dos funcionários e a perpetuação do espírito de melhoramento contínuo.

O *Kaizen* representou a filosofia de aprimoramento permanente que o *Just-In-Time*, obrigatoriamente, impõe ao contexto onde é implantado. De um modo geral, houve a conscientização dos funcionários acerca da factibilidade de longo prazo associada ao *Just-In-Time*. Esta postura evitou a diminuição do empenho por parte dos funcionários, quando da impossibilidade de mensurar o atingimento dos objetivos ligados à implantação.

7.5 - Os comentários e as considerações finais

A opção pela combinação *Just-In-Time* e MRP II deu-se pela convicção de que a implantação de todos os subsistemas do MRP II era praticamente inviável na referida empresa. O MRP II foi compreendido como um sistema destinado aos níveis mais agregados de planejamento, como o programação mestre e o planejamento dos recursos produtivos. O *Just-In-Time* foi considerado como um sistema de coordenação das atividades do piso de fábrica, pois possui técnicas de controle mais simples em relação à utilização no piso de fábrica, como o *Kanban*.

A constituição do sistema híbrido de manufatura, baseada no interfaceamento JIT e MRP II, levou em consideração as principais necessidades estratégicas como o modelo dos processos, o perfil dos recursos humanos, os fornecedores e os clientes finais, dentre outros, possibilitando a otimização de cada subsistema tanto do JIT quanto do MRP II.

O presente estudo pôde contribuir em alguns trabalhos de mesma natureza, como:

- (1) O estudo do impacto da cultura organizacional no tocante à implantação de sistemas de administração da produção e técnicas otimizantes em grandes empresas
- (2) O estudo da implantação do *Just-In-Time* em pequenas e médias empresas, de modo a se discutir outros modelos de implantação e dificuldades relacionadas ao ambiente, à cultura, às estratégias de competição etc.
- (3) O estudo da integração do *Just-In-Time* com outros sistemas computadorizados de administração da produção do tipo ERP (*Enterprises Resources Planning*), mostrando a

tendência do uso de modelos híbridos para a gestão das empresas e, em particular, para a gestão da manufatura

O sistema de administração da produção resultante assegurou o dinamismo dos processos e representou um pressuposto ao aumento da competitividade das empresas em um cenário, onde é essencial a competência técnica e comercial. A flexibilidade de atendimento à demanda, a alta qualidade em processos e produtos, os reduzidos custos de produção e a otimização das atividades da cadeia produtiva, compõem um quadro mínimo necessário à sobrevivência das empresas industriais no atual contexto competitivo globalizado.

O sistema combinado *Just-In-Time*/MRP II permitiu que a empresa definisse uma estratégia formal de manufatura, de modo a comportar aspectos culturais e tecnológicos. Este fato representou o arcabouço para a integração organizacional e para o aumento da competitividade. Houve, inclusive, a facilitação para a formação de nova cultura corporativa, centrada na participação coletiva e no respeito às pessoas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, L.G. (1992). Competitividade e recursos humanos. *Revista de Administração*, v.27, n.4, p.16-29, out./dez.
- BALLOU, R.H. (1993). *Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física*. São Paulo, Atlas.
- BEDDICK, J.F. (1983). Elements of success: MRP implementation. *Production and Inventory Management*, v.24, n.2, p.26-31.
- BEDWORTH, D.D.; BAILEY, J.E. (1982). *Integrated production control systems*. New York, John Wiley & Sons.
- BICHENO, J. (1991). *Implementing JIT*. Kempston, IFS.
- BUFFA, E.S.; MILLER, A. (1979). *Production inventory systems: planning and control*. Homewood, Irwin.
- BURBIDGE, J.L. (1971). *Production planning*. London, Heinemann.
- CAMPOS, V.F. (1992). *TQC: controle da qualidade total no estilo japonês*. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, Universidade Federal de Minas Gerais.
- CERVENY, R.P.; SCOTT, L.S.W. (1989). A survey of MRP implementation. *Production and Inventory Management*, v.30, n.3, p.31-4, 3rd Quarter.
- CHIAVENATO, I. (1996). *Como transformar RH: de um centro de despesas em um centro de lucros*. São Paulo, Makron Books.

- CLAUNCH, J.W. (1996). *Set-up time reduction*. Chicago, Irwin.
- CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N. (1993). *Just-In-Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico*. São Paulo, Atlas.
- CURRIE, R.K. (1992). An intelligent grouping algorithm for cellular manufacturing. *Computers Industrial Engineering*, v.23, n.1-4, p.109-112.
- DEVELIN, N. (1995). *PAC: processo de aperfeiçoamento contínuo*. São Paulo, IMAM.
- EBRAHIMPOUR, M.; SCHONBERGER, R.J. (1984). The japanese just-in-time/total quality control production system: potencial for developing countries. *International Journal of Production Research*, v.22, n.3, p.421-430.
- ESCRIVÃO FILHO, E. (1987). *CCQ e just-in-time: uma análise integrada*. São Paulo. 117p. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- FARIA, J.H. (1992). *Tecnologia e processo de trabalho*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná.
- FLEISCHER, G.A. (1973). *Teoria da aplicação do capital: um estudo das decisões de investimento*. São Paulo, Edgard Blücher.
- FLEURY, A.C.C. (1993). Cultura da qualidade e mudança organizacional. *Revista de Administração*, v.33, n.2, p.26-34, mar./abr.
- FLEURY, A.C.C.; FLEURY, M.T.L. (1995). *Aprendizagem e inovação organizacional: as experiências de Japão, Coréia e Brasil*. São Paulo, Atlas.
- GODDARD, W.E. (1986). *Just-In-Time: surviving by breaking tradition*. New York, Oliver Wight.
- GOLDRATT, E. (1990). *The haystack syndrome*. New York, North River.

- GOMES, W. (1998). A General Motors aposenta o just-in-time. *Gazeta Mercantil*, São Paulo. 25 jun. Empresas & Carreiras, p. C-3.
- HALL, R.W. (1988). *Excelência na manufatura*. 3.ed. São Paulo, IMAM.
- HAMMONS, M.J. (1997). Information “drives” just-in-time manufacturing (CD ROM). In: INTERNATIONAL MOBILITY TECHNOLOGY CONFERENCE AND EXHIBIT, 6., São Paulo, 1997. Anais. São Paulo, SAE. /Ref. ISSN 0148-7191/973064E//
- HARMON, R.L. (1994). *Reinventando a distribuição: logística de distribuição classe mundial*. Rio de Janeiro, Campus.
- HAY, E.J. (1992). *Just-In-Time: um exame dos novos conceitos de produção*. São Paulo, Maltese Norma.
- IMAI, M. (1992). *Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo*. 4.ed. São Paulo, IMAM.
- INSTITUTE OF INDUSTRIAL ENGINEERS AND QUALITY RESOURCES OF KRAUS ORGANIZATION (1994). *Beyond the basics reengineering: survival tactics for the '90s*. Norcross, Georgia.
- JONES, G.; ROBERTS, M. (1990). *Optimized Production Technology*. Londres, IFS.
- JURAN, J.M. (1992). *Planejando a qualidade*. São Paulo, Makron Books.
- KANTER, R.M. (1996). *Classe mundial*. Rio de Janeiro, Campus.
- KOTTER, J.P.; HESKETT, J.L. (1994). *A cultura corporativa e o desempenho empresarial*. São Paulo, Makron Books.
- LUBBEN, W.H. (1989). *Just-In-Time: uma estratégia avançada de produção*. São Paulo, McGraw-Hill.

- MARTINS, R.A. (1993). *Flexibilidade e integração no novo paradigma produtivo mundial*. São Carlos. 143p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- MCCLAIN, J.O.; THOMAS, L.J. (1985). *Operations management: production of goods and services*. New Jersey, Prentice Hall - Englewood Cliffs.
- MCKERSIE, R.B.; KLEIN, J.A. (1986). *Productivity: the industrial relations and connections*. Saint Paul, Productivity Through People West.
- MONDEN, Y. (1984). *Produção sem estoques: uma abordagem prática do sistema de produção Toyota*. São Paulo, IMAM.
- MONKS, J.G. (1987). *Administração da produção*. São Paulo, McGraw-Hill.
- MOURA, R.A. (1996). *Kanban: a simplicidade do controle da produção*. 4.ed. São Paulo, IMAM.
- MURATA, K.; HARRISON, A. (1993). *Como fazer com que métodos japoneses funcionem no ocidente*. São Paulo, Makron Books.
- OHNO, T. (1988). *Just-In-Time for today and tomorrow*. Cambridge. McGraw-Hill.
- OLIVEIRA, J.A.N. (1982). *Engenharia econômica: uma abordagem às decisões de investimento*. São Paulo, McGraw-Hill.
- ORLICKY, G.W. (1975). *Material requirements planning*. New York, McGraw-Hill.
- OSADA, T. (1992). *Housekeeping 5S's: cinco pontos-chave para o ambiente da qualidade total*. São Paulo, IMAM.
- PETERSON, R.; SILVER, E.A. (1979). *Decision systems for inventory management and production planning*. New York, John Wiley & Sons.

- PORTER, M.E. (1991). *Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência*. 6.ed. Rio de Janeiro, Campus.
- RITZMAN, L.P.; KRAJEWSKI, L.J.; MOURA, R.A. (1996). *MRP, MRP II, MRP III (MRP + JIT com Kanban)*. 2.ed. São Paulo, IMAM.
- SACOMANO, J.B. (1990). *Uma análise da estrutura funcional do planejamento e controle da produção e suas técnicas auxiliares*. São Carlos. 378p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SANTOS, M.J. (1994). *O Just-In-Time e a cultura da empresa: estudo comparativo de casos em empresas da indústria metal-mecânica do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis. 257p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- SCHEIN, E.H. (1991). *Organizational culture and leadership*. San Francisco, Jossey Bass.
- SCHONBERGER, R.J. (1988). *Fabricação classe universal*. São Paulo, Pioneira.
- SCHONBERGER, R.J. (1987). *Técnicas industriais japonesas: nove lições ocultas sobre a simplicidade*. 2.ed. São Paulo, Pioneira.
- SENGE, P.M. (1992). *A Quinta disciplina: arte, teoria e prática da organização de aprendizagem*. São Paulo, Best Seller.
- SEQUEIRA, J.H. (1990). *Manufatura de classe mundial: um estudo da posição competitiva*. São Paulo, Câmara Americana de Comércio para o Brasil.
- SÉRIO, L.C. (1990). *Tecnologia de grupo no planejamento de um sistema produtivo*. São Paulo, Ícone.
- SHINGO, S. (1996). *Sistemas de produção com estoques zero: o sistema shingo para melhorias contínuas*. Porto Alegre, Artes Médicas-Bookman.
- SILVA, J.M. (1996). *O ambiente da qualidade na prática: 5S*. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, Universidade Federal de Minas Gerais.

- SLACK, N. et al. (1997). *Administração da produção*. São Paulo, Atlas.
- SMITH, D.J. (1978). Material requirements planning. In: HAX, A.C. *Studies in operations management*. Amsterdam, Elsevier Science, p.302-28.
- TERSINE, R.J. (1985). *Production and operations management: concepts, structure and analysis*. Amsterdam, Elsevier Science, p.497-540.
- THIOLLENT, M. (1981). *Crítica metodológica, investigação social e enquete operária*. 2.ed. São Paulo, Polis.
- THIOLLENT, M. (1983). Problemas de metodologia, In: FLEURY, A.C.C.; VARGAS, N., org. *Organização do trabalho*. 2.ed. São Paulo, Atlas. Cap. 3, p.54-83.
- TOFFLER, A. (1990). *Powershift: as mudanças do poder*. Rio de Janeiro, Record.
- VASQUES, R.J. (1997). *Gestão integrada: requisito para competição mundial (CD ROM)*. In: INTERNATIONAL MOBILITY TECHNOLOGY CONFERENCE AND EXHIBIT, 6., São Paulo, 1997. Anais. São Paulo, SAE. /Ref. ISSN 0148-7191/973059P//
- VOLLMAN, T.E.; BERRY, W.L.; WHYBARK, D.C. (1992). *Manufacturing planning and control systems*. 2.ed. Illinois, Dow Jones-Irwin.
- WESTBROOK, R. (1988). *Time to forget just-in-time: observations on a visit to Japan*. *International Journal Of Operations And Production Management*, v.8, n.4, p.5-21.
- WIGHT, O.W. (1984). *Manufacturing resources planning: MRP II*. New York, Oliver Wight.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. (1992). *A máquina que mudou o mundo*. 2.ed. Rio de Janeiro, Campus.
- YOSHIMOTO, T. (1992). *Qualidade, produtividade e cultura: o que podemos aprender com os japoneses*. São Paulo, Saraiva.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- AGOSTINHO, O.L. (1985). *Estudo da flexibilidade dos sistemas produtivos*. São Carlos. 243p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ANTUNES JR., J.A.V.; KLEIMANN NETO, F.J.; FENSTERSEIFER, J.E. (1989). Do "Just-In-Case" ao "Just-In-Time". *Revista de Administração de Empresas*, v.29, n.3, p.49-64, jul./set.
- BANZATO, J.M.; MOURA, R.A. (1994). *Just-In-Time: a reengenharia dos processos de fabricação*. São Paulo, IMAM.
- BAUER, A. et al. (1991). *Shop floor control systems: from design to implementation*. London, Chapman & Hall.
- BROWNE, J.; HARHEN, J.; SHIVNAN, J. (1992). *Production management systems: a CIM perspective*. Wokingham, Addison-Wesley.
- BUFFA, E.S.; SARIN, R.K. (1987). *Modern production and operations management*. New York, John Wiley & Sons.
- BURBIDGE, J.L. (1988). *Planejamento e controle da produção*. 2.ed. São Paulo, Atlas
- CAMPOS, V.F. (1990). *Gerência de qualidade total: estratégias para aumentar a competitividade da empresa brasileira*. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, Universidade Federal de Minas Gerais.
- CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A. (1983). *Metodologia científica*. 3.ed. São Paulo, McGraw-Hill.

- CHIAVENATO, I. (1992). *Gerenciando pessoas: o passo decisivo para a administração participativa*. São Paulo, Makron Books.
- CINCOM CONTROL MANUFACTURING (1995). *Bill of material and routings technical operations manual*. Cincinnati, Cincom Systems.
- CINCOM CONTROL MANUFACTURING (1995). *Master production scheduling technical operations manual*. Cincinnati, Cincom Systems.
- CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.C. (1993). *Managing new product and process development: text and cases*. New York, Free Press.
- COOPER, M.C.; LAMBERT, D.M.; PAGH, J.D. (1998). Supply chain management: mais do que um novo nome para a logística. *Logística Moderna*. v.8, n.54, p.17-20.
- CORIAT, B. (1988). Automação programável: novas formas e conceitos de organização da produção. In: SCHMITZ, R.; CARVALHO, R., org. *Automação, competitividade e trabalho: a experiência internacional*. São Paulo, Hucitec. p.13-61.
- CROSBY, P.B. (1990). *Qualidade: falando sério*. São Paulo, McGraw-Hill.
- CSILLAG, M. (1988). *Análise de valor*. São Paulo, Atlas.
- DEAR, A. (1990). *Inventory management demystified*. New York, Chapman & Hall.
- DEMING, W.E. (1990). *Qualidade: a revolução da administração*. Rio de Janeiro, Marques Saraiva.
- DEVELIN, N. (1989). *Kaizen II: acelerando a melhoria contínua, uma corrida sem linha de chegada*. São Paulo, IMAM.
- FÁBRICA dedicada viabiliza just-in-time (1998). *Revista Tecnológica*, v.3, n.27, p.6-10.
- FERREIRA, C.G. et al. (1989). Alternativa sueca, italiana e japonesa ao paradigma fordista: elementos para uma discussão sobre o caso brasileiro. In: SEMINÁRIO

- INTERNACIONAL DE PADRÕES TECNOLÓGICOS E POLÍTICAS DE GESTÃO, São Paulo, 1989. *Anais*. São Paulo, Edusp. p.194-228.
- FERRO, J.R. (1990). Aprendendo com o “Ohnoísmo” (produção flexível em massa): lições para o Brasil. *Revista de Administração de Empresas*, v.30, n.3, p.57-68, jul./set.
- FLEURY, A.C.C. (1989). Automação na indústria metal-mecânica: tendências da organização do trabalho e da produção. *Revista de Administração*, v.24, n.3, p.39-51.
- GIOSA, L.A. (1994). *Terceirização: uma abordagem estratégica*. 3.ed. São Paulo, Pioneira.
- GROOVER, M.P.; ZIMMERS, E. (1984). *Computer aided design and manufacturing*. New Jersey, Prentice Hall.
- GROOVER, M.P. (1987). *Automation, production systems and computer integrated manufacturing*. New Jersey, Prentice Hall.
- GUNN, T.G. (1987). *Manufacturing for competitive advantage: becoming a world class manufacturer*. New York, Ballinger.
- GUROVITZ, H. (1998). Engolindo a SAP: por que o mundo corporativo brasileiro está se rendendo ao software de gestão da empresa alemã. *Revista Exame*, v.32, n.15, p.108-116.
- HALL, R.W. (1983). *Zero inventories*. Homewood, Down Jones-Irwin.
- HARMON, R.L.; PETERSON, L.D. (1991). *Reinventando a fábrica: conceito modernos de produtividade aplicados na prática*. Rio de Janeiro, Campus.
- HARMON, R.L. (1993). *Reinventando a fábrica II: conceito modernos de produtividade na prática*. Rio de Janeiro, Campus.
- HARRINGTON, J.S. (1997). *Gerenciamento total da melhoria contínua*. São Paulo, Makron Books.

- HAYES, R.H.; WHEELWRIGHT, S.C. (1984). *Restoring our competitive edge: competing through manufacturing*. New York, John Wiley & Sons.
- HAYES, R.H.; WHEELWRIGHT, S.C.; CLARK, K.B. (1988). *Dynamic manufacturing: creating the learning organization*. New York, Free Press.
- HILL, A.A. (1998). Integrando a logística à estratégia competitiva da empresa: o segredo do sucesso. *Revista Tecnológica*, v.3, n.26, p.14-6.
- HOBBS, J.A. (1976). *Controles de estoque e de produção*. São Paulo, McGraw-Hill.
- JURAN, J.M. (1990). *Juran na liderança pela qualidade*. São Paulo, IMAM/Pioneira.
- JURAN, J.M.; GRYNA, F.M. (1992). *Controle da qualidade*. Rio de Janeiro, Campus.
- KIMURA, O. (1987). The Toyota production system: today and tomorrow. In: YOSHIKAWA, H; BURBIDGE, J.L., org. *New technologies for production management system*. Amsterdam, Elsevier Science. p.3-18.
- KOCHAN, D. (1986). *CAM: developments in computer-integrated manufacturing*. Berlin, Springer-Verlag.
- KOTTER, J.P. (1982). *The general managers*. New York, Free Press.
- KUSIAK, A. (1993). *Concurrent engineering: automation, tools and techniques*. New York, John Wiley & Sons.
- LEIRIA, J.S. (1992). *Terceirização: uma alternativa de flexibilidade empresarial*. Porto Alegre, Ortiz.
- MOBLEY, W.H. (1992). *Turnover: causas, conseqüências e controle*. Porto Alegre, Ortiz.
- MOURA, R.A.; UMEDA, A. (1984). *Sistema kanban em manufatura just-in-time: uma introdução às técnicas de manufatura japonesas*. 4.ed. São Paulo, IMAM.

- NASCIMENTO, J.C.; CAMPOS, F.A.M. (1997). Apresentação 5S's na Mercedes-Benz (CD ROM). In: INTERNATIONAL MOBILITY TECHNOLOGY CONFERENCE AND EXHIBIT, 6., São Paulo, 1997. Anais. São Paulo, SAE. /Ref. ISSN 0148-7191/973111P//
- NOVAES, A.G.N.; ALVARENGA, A.C. (1994). *Logística aplicada: suprimento e distribuição física*. São Paulo, Pioneira.
- PETERS, T. (1989). *Prosperando no caos*. São Paulo, Harbra.
- PIRES, S.R.J. (1995). *Gestão estratégica da produção*. Piracicaba, Universidade Metodista de Piracicaba.
- PLOSSL, G.W. (1985). *Production and inventory control: principles and techniques*. New Jersey, Prentice Hall.
- RATTNER, H. (1980). *Tecnologia e sociedade: uma proposta para países subdesenvolvidos*. São Paulo, Brasiliense.
- RATTNER, H. (1987). *Impactos sociais da automação: o caso do Japão*. São Paulo, Nobel.
- REIS, J.R.; MONTEIRO, R.P.; CIMA, S.C.F. (1980). *Manual de engenharia de sistemas e projetos: uma abordagem prática*. Petrópolis, Vozes.
- RESENDE, M.O.; SACOMANO, J.B. (1991). *Princípios dos sistemas de planejamento e controle da produção*. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 224 p. /Apostila/
- RHODES, D. (1990). The critical imperative in flexible manufacturing is information. *Industrial Engineering*, v.22, n.10, p.44-47, Oct.
- SACOMANO, J.B. (1983). *O planejamento e controle da produção na pequena e média indústria de São Carlos*. São Carlos. 148p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- SANTISTA TÊXTIL (1992). *Implantação do programa 5S na fábrica de Americana*. Americana.
- SCHONBERGER, R.J. (1992). *Construindo uma corrente de clientes*. São Paulo, Pioneira.
- SCHROEDER, R.G. (1985). *Operations management: decision making in the operations function*. New York, McGraw-Hill.
- SCHWARTZ, G. (1990). *Japão de olhos abertos: evolução financeira e políticas econômicas na era moderna*. São Paulo, Nobel.
- SINGH, N.; RAJAMANI, D. (1996). *Cellular manufacturing systems: design, planning and control*. London, Chapman & Hall.
- SKINNER, W. (1985). *Manufacturing: the formidable competitive weapon*. New York, John Wiley & Sons.
- SKIVINGTON, J.J. (1990). *Computerizing production management systems: a practical guide for managers*. London, Chapman & Hall.
- SNEAD, C.S. (1989). *Group technology: foundation for competitive manufacturing*. New York, Van Nostrand Reinhold.
- TALAVAGE, J.; HANNAM, R.G. (1988). *Flexible manufacturing systems in practice: applications, design and simulation*. New York, Marcel Dekker.
- TAYLOR, F.W. (1970). *Princípios da administração científica*. São Paulo, Atlas.
- TOMASKO, R.M. (1993). *Rethinking the corporation: the architecture of change*. New York, American Management Association.
- VALENTE, G.D.; SILVA, R.S. (1995). Trabalho criativo e ética: o início da nova história. *Revista de Administração de Empresas*, v.35, n.1, p.22-9, jan./fev.
- VARGAS, M. (1985). *Metodologia da pesquisa tecnológica*. Rio de Janeiro, Globo.

- WALKER, D. (1991). *O cliente em primeiro lugar: o atendimento e a satisfação do cliente como uma arma poderosa de fidelidade e vendas*. São Paulo, Makron Books.
- WEINBERG, G.M. (1990). *Consultoria: o segredo do sucesso*. São Paulo, McGraw-Hill.
- WIGHT, O.W. (1984). *Production and inventory management in the computer age*. New York, Van Nostrand Reinhold.
- WHITELEY, R.C. (1992). *A empresa totalmente voltada para o cliente*. 6.ed. Rio de Janeiro, Campus.
- WOOD, S.A. (1991). A administração japonesa. *Revista de Administração*, v.26, n.3, p.78-84, jul./set.
- WOOD JR., T.; URDAN, F.T. (1994). Gerenciamento da Qualidade Total: uma visão crítica. *Revista de Administração de Empresas*, v.34, n.6, p.46-59, nov./dez.
- WOODGATE, R.W. (1991). *Management the manufacturing process: a pattern of excellence*. New York, John Wiley & Sons.
- YUKI, M.M. (1988). *Uma metodologia de implantação de técnicas e filosofias japonesas na gestão de empresas brasileiras*. Florianópolis. 203p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- ZACCARELLI, S.B. (1967). *Programação e controle da produção*. São Paulo, Pioneira.