

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

O CHÃO-DE-FÁBRICA E O GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO
- COM ÊNFASE NO GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS

Autor: Eng. Marcos Roberto Fortulan

Orientador: Prof. Dr. Marino de Oliveira Resende



DEDALUS - Acervo - EESC



31100017311

Dissertação apresentada à área de pós-graduação em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos - USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

- São Carlos, dezembro de 1996 -

Engenharia de Produção

Class.	TEHE - EESC
Curr.	F2288
Tombo	T045/97

AC 0746979

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

F745c Fortulan, Marcos Roberto
O chão-de-fábrica e o gerenciamento da
produção - com ênfase no gerenciamento de
ferramentas / Marcos Roberto Fortulan. --
São Carlos, 1996.

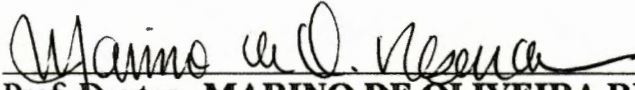
Dissertação (Mestrado). -- Escola de Engenharia
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1996.

Orientador: Prof. Dr. Marino de Oliveira
Resende.

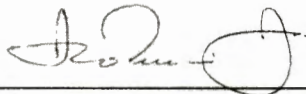
1. Gerenciamento de ferramentas.
2. Planejamento das necessidades de ferramentas.
3. Sistema de gerenciamento da produção. I. Título

FOLHA DE APROVAÇÃO

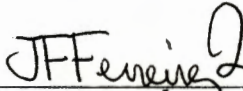
Dissertação defendida e aprovada em 16-12-1996
pela Comissão Julgadora:



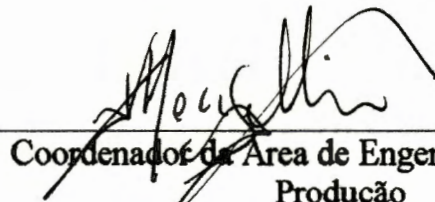
Prof. Doutor **MARINO DE OLIVEIRA RESENDE (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



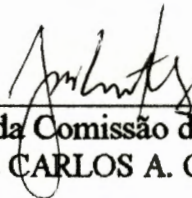
Prof. Doutor **ALFREDO COLENCI JUNIOR**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **JOSÉ FRANCISCO FERREIRA RIBEIRO**
(Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Coordenador da Área de Engenharia de
Produção
Prof. Dr. **JOÃO VITOR MOCCELLIN**



Presidente da Comissão de Pós-Graduação
JOSÉ CARLOS A. CINTRA

Dedico este trabalho aos meus pais Antonio e Zélia, aos meus irmãos e à Gláucia com todo amor e carinho.

“O mérito pertence àquele que se atira à luta; àquele cujas faces estão marcadas pela poeira, suor e sangue; àquele que erra e torna a errar, mas persiste, pois não há realizações sem erros ou falhas; àquele que busca realizar; àquele que se mune de entusiasmo, devoção e se entrega às grandes causas; àquele, enfim que, se falhar, ao menos o terá feito enquanto tentava.”

Theodore Roosevelt

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. Marino Resende pela orientação, dedicação e compreensão no desenvolvimento do presente trabalho.

Agradeço a todos da empresa Tecumseh do Brasil Ltda, onde já há algum tempo desenvolvo minhas atividades profissionais, e tive oportunidade de colocar em prática conceitos já consolidados por diversos autores, e também de desenvolver alguns conceitos próprios, buscando mostrar com isso que a interface escola / indústria é possível e salutar a ambas as partes, principalmente ao profissional que realiza esta interface, pois o conhecimento adquirido é algo pessoal e que jamais poderá nos ser retirado. Agradeço especialmente dentro da empresa aos Srs. Dagoberto, Armin e Kako, que me deram oportunidade e apoio para o desenvolvimento do trabalho em todas as suas fases. Agradeço também aos amigos de trabalho, que, operando em conjunto, permitiram que um resultado positivo fosse atingido na prática, entre eles os Srs. Edmir, Álvaro, Bonora, Douglas, Fragalli, Gilson, João, Lúcio, Luís, Marcelo, Paulo, Rodrigo, Sebastião e a Srta. Silvana.

À minha namorada Gláucia pelo apoio e compreensão, que, trocando horas e horas de seu descanso e lazer para estar ao meu lado enquanto eu desenvolvia o trabalho, sempre me dava uma carga de entusiasmo, como se fosse o seu trabalho.

À minha família, principalmente aos meus pais Antonio e Zélia, e aos irmãos Sérgio, Beto e André, pelo apoio técnico e psicológico, que foi necessário ao longo do período em que estive aplicado no desenvolvimento deste trabalho, deixo aqui documentados meus agradecimentos para todo o sempre.

A todos os meus amigos que, direta ou indiretamente, auxiliaram na conclusão de mais esta etapa em minha vida, dos quais não será possível citar todos os nomes, devido sua enorme quantidade, mas a quem gostaria de deixar registrado o meu reconhecimento pela ajuda.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE SIGLAS	xi
RESUMO	xiii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. O SISTEMA DE MANUFATURA COMO SISTEMA DE INFORMAÇÃO ..	6
2.1. Sistemas de Manufatura / Sistemas de Informações	6
2.2. A evolução da integração dos sistemas dentro das empresas	12
2.3. Evolução e a escolha do correto Sistema de Integração	17
2.4. O computador como ferramenta de trabalho	31
3. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO VOLTADOS AO CONTROLE DA MANUFATURA	34
3.1. O PCP convencional	34
3.1.1. Níveis do Planejamento e Controle da Produção	39
3.2. Em busca de novas alternativas	45
3.2.1. Flexibilidade é a palavra de ordem	45
3.2.2. Alternativas promissoras	47
3.3. Implantação de novas técnicas	50
3.3.1. Dificuldades emergentes	52
3.4. Técnicas mais difundidas	54
3.4.1. MRP e MRP II	54
3.4.1.1. Conceitos para utilização dos sistemas MRP e MRP II	55

3.4.1.2. Módulos do sistema MRP II	57
3.4.1.3. Implantação	62
3.4.2. JIT	63
3.4.2.1. Elementos da produção JIT	64
3.4.2.2. Implantação da produção JIT	68
4. GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS	73
4.1. Conceitos e Importância	73
4.2. O Gerenciamento de Ferramentas	77
4.3. Desenvolvimento de Modelos de Gerenciamento	83
5. ESTUDO DE CASO	93
5.1. Histórico e caracterização da empresa	93
5.2. O setor piloto e seu grupo empreendedor	97
5.3. A proposta	100
5.4. Justificativas para o trabalho	101
5.5. Desenvolvimento do Gerenciamento de Ferramentas	103
5.5.1. Instrumentos de apoio	103
5.5.1.1. Layout	104
5.5.1.2. "Software".....	108
5.5.2. Implantação	114
5.5.2.1. Treinamento	114
5.5.2.2. Dificuldades e benefícios	116
5.5.3. Forma atual e proposta para o planejamento das necessidades de ferramentas	119
5.5.3.1. Proposta	121
5.6. O Sistema Atual e perspectivas da empresa quanto ao Sistema de Gerenciamento da Produção.....	132
6. CONCLUSÃO	134
7. BIBLIOGRAFIA	140
APÊNDICE 1. Glossário	147

APÊNDICE 2. Gráficos detalhados de consumo de ferramenta	153
APÊNDICE 3. Gráficos detalhados de horas gastas com ajustes	158

LISTA DE FIGURAS

	Página
Capítulo 2. O sistema de manufatura como um sistema de informação	
Figura 2.1. Modelo conceitual de manufatura	8
Figura 2.2. Hierarquia de um sistema de informação de chão-de-fábrica integrado	9
Figura 2.3. Processamento de informações tradicional	16
Figura 2.4. Processamento de informações integradas	16
Figura 2.5. Modelo de seleção de tecnologia	19
Figura 2.6. Integração dos sistemas de engenharia	20
Figura 2.7. Integração dos sistemas de negócios e clientes	21
Figura 2.8. Integração dos sistemas de suporte	21
Figura 2.9. Comparação entre crescimento harmônico e não harmônico	23
Figura 2.10. Componentes dos sistemas baseados em inteligência artificial	27
Figura 2.11. Modelo de produto integrado por inteligência artificial	29
Capítulo 3. Evolução dos sistemas de informação voltados ao controle da manufatura	
Figura 3.1. Sistema arterial de fluxo	35
Figura 3.2. Conjunto de documentos típicos usados pelo liberador na produção em lotes	43
Figura 3.3. Estrutura de produto, itens-pai e itens-filho	56
Figura 3.4. Lista de materiais de vários níveis	56
Figura 3.5. Inter-relações entre os módulos principais de um sistema MRPII típico	58
Figura 3.6. Registros "time-phased" para o exemplo da cadeira	61
Figura 3.7. "Layout" celular em forma de "U"	66
Figura 3.8. Balanceamento de capacidade em "layout" "U" e operador multifuncional	66
Figura 3.9. Corrente de kanbans e unidades físicas	68
Capítulo 4. Gerenciamento de ferramentas	
Figura 4.1. Planejamento e Controle em um ambiente de Manufatura Integrada por Computador	79

Figura 4.2. Integração do Planejamento e Controle da Produção e Ferramentas	80
Figura 4.3. Estrutura de Produto X Estrutura de Ferramentas para o exemplo	88
Figura 4.4. Perfil das Necessidades de Ferramentas dentro do “time-phasing”	90
Capítulo 5. Estudo de caso	
Figura 5.1. Estator e motor elétrico (estator mais rotor)	97
Figura 5.2. Estrutura de produto de um compressor genérico destacando o estator	98
Figura 5.3. “Layout” anterior à centralização	104
Figura 5.4. “Layout” posterior à centralização	105
Figura 5.5. “Layout” detalhado das áreas de controle e de preparação do ferramental	107
Figura 5.6. “Navegação” genérica demonstrando a interface amigável do “software”	109
Figura 5.7. Módulos do “software” ALMOX e suas opções	110
Figura 5.8. Ferramentas para máquinas de bobinagem e inserção de Estator	120
Figura 5.9. Ferramentas para máquinas de formatação interna e externa de cabeças de bobina, e para máquinas de costurar cabeças de bobina de Estator	121
Figura 5.10. Método clássico de controle de estoques pelo Lote Mínimo	123
Figura 5.11. Estrutura de Produto X Estrutura de Ferramentas para o exemplo	126
Figura 5.12. Perfil das Necessidades de Ferramentas dentro do “time-phasing”	127
Figura 5.13. Diagrama de fluxo simplificado de movimentação de materiais incluindo a proposta do estoque FERPRO	128
Figura 5.14. Árvore de Ferramentas de um estator genérico dentro do compressor	129
Figura 5.15. Interligação dos Módulos do Sistema de Planejamento e Controle da Produção da empresa Tecumseh do Brasil ..	133
Capítulo 6. Conclusão	
Figura 6.1. Consumo de Ferramentas em dólares por unidade produzida	137

Figura 6.2. Horas gastas com ajustes de máquinas, dispositivos e
ferramentas 138

LISTA DE TABELAS

	Página
Capítulo 3. Evolução dos sistemas de informação voltados ao controle da manufatura	
Tabela 3.1. Funções de Gerenciamento	35
Tabela 3.2. Classificação do sistema de produção segundo a diversidade de materiais de entrada e saída de produtos ..	37
Tabela 3.3. Classificação segundo o processo de produção	37
Tabela 3.4. Tipos de produção e exemplos	38
Capítulo 4. Gerenciamento de ferramentas	
Tabela 4.1. Tipo de Ferramenta e Nível de Controle	85
Tabela 4.2. Plano Mestre de Produção utilizado no exemplo	88
Tabela 4.3. Grade de consumo de ferramentas	88
Capítulo 5. Estudo de caso	
Tabela 5.1. Classificação das Ferramentas de Motor 2 com relação ao tipo	122
Tabela 5.2. Plano Mestre de Produção fictício utilizado no exemplo ...	126
Tabela 5.3. Grade de Consumo de Ferramentas	126
Tabela 5.4. Lista de Ferramentas e respectivas categorias de controle para o produto S4401BY	131

LISTA DE SIGLAS

Siglas	Inglês	Português
CAD	Computer Aided Design	Projeto Auxiliado por Computador
CAE	Computer Aided Engineering	Engenharia Auxiliada por Computador
CAM	Computer Aided Manufacturing	Manufatura Auxiliada por Computador
CAPP	Computer Aided Project Planning	Planejamento do Projeto Auxiliado por Computador
CAQ	Computer Aided Quality	Qualidade Auxiliada por Computador
CIM	Computer Integrated Manufacturing	Manufatura Integrada por Computador
CNC	Computer Numerical Control	Controle Numérico por Computador
CRP	Capacity Requirements Plannig	Planejamento da Necessidade de Capacidade
DNC	Direct Numerical Control	Controle Numérico Direto
FIFO	First in - First out	Primeiro que entra - Primeiro que sai
FMS	Flexible Manufacturing System	Sistema Flexível de Manufatura
JIT	Just in Time	No Momento Certo
MPS	Master Production Schedule	Plano Mestre de Produção
MRP	Material Requirements Planning	Planejamento das Necessidades de Materiais
MRPII	Manufacturing Resources Planning	Planejamento dos Recursos de Manufatura
OPT	Optimized Production Tecnics	Técnicas de Otimização da Produção
PC	Personal Computer	Computador Pessoal
SFC	Shop Floor Control	Controle de Chão de Fábrica
TRP	Tools Requirements Planning	Planejamento das Necessidades de Ferramentas

Siglas	Português	Inglês
CCQ	Círculos de Controle da Qualidade	Quality Control Circle
CEP	Controle Estatístico de Processo	Statistical Process Control
CLP	Controlador Lógico Programável	Programmer Logical Controller
CN	Controle Numérico	Numerical Control
CQT	Controle da Qualidade Total	Total Quality Control
PCC	Planejamento da Capacidade Crítica	Critical Capacity Planning
PCP	Planejamento e Controle da Produção	Production Planning and Control
PFP	Planejamento Fino da Produção	Production Thin Planning
PMN	Planejamento das Necessidades de Material	Material Requirements Plannig
PMP	Plano Mestre de Produção	Master Production Schedule
TG	Tecnologia de Grupo	Group Technology

RESUMO

Buscar a revalorização do chão-de-fábrica, mostrar sua capacidade de realizar mudanças, destacar seu papel estratégico dentro da organização, principalmente quando se fala na crescente pressão mundial pela competitividade, quedas de barreiras alfandegárias, surgimento de novos concorrentes, desenvolvimento de novas tecnologias e processos de fabricação, são os principais objetivos deste trabalho.

A produção deve possuir uma integração mais eficaz com outras áreas da empresa, para que tenha condições de enfrentar o desafio competitivo que se apresenta. Mas somente isto não é suficiente: a produção precisa deixar de ser apenas reativa e passar a ser pró-ativa, em direção ao alcance dos objetivos da empresa. A produção contribui para a competitividade da organização quando produz, gastando menos, melhor e mais rápido que os concorrentes, dentro do prazo prometido e com capacidade de realizar mudanças rapidamente, na busca da melhoria dos quatro elementos chave que são a razão de ser da empresa: qualidade, produtividade, custo e prazo de entrega.

Para demonstrar estas necessidades e a capacidade do chão-de-fábrica, é realizada uma revisão bibliográfica que visa caracterizar o Sistema de Manufatura como um Sistema de Informação, demonstrar a necessidade de integração entre as partes e sua evolução, mostrar as técnicas mais difundidas de apoio e gerenciamento do chão de fábrica, e justificativas e dificuldades para as mudanças, com destaque para o MRP II e o JIT. Na seqüência, é feita ainda uma revisão sobre os conceitos, técnicas e formas de gerenciamento de ferramentas no chão-de-fábrica, mostrando seu embasamento com os conceitos apresentados anteriormente. Finalmente, é apresentado um estudo de caso que relata um trabalho de gerenciamento de ferramental utilizando conceitos de melhorias contínuas de baixo custo, baseados nas revisões apresentadas. Entre os benefícios obtidos, podem-se citar redução de tempo de "setup", redução de estoque de ferramentas em processo, transferência do preparo de ferramentas para fora da máquina e a evolução e tendências de ganhos financeiros.

[Palavras Chaves: Gerenciamento de Ferramentas, Planejamento das Necessidades de Ferramentas, Sistemas de Gerenciamento da Produção]

SUMMARY

The main purpose of this research is to look for the revalorization of shop floor, to show its capacity to make changes, to emphasize its strategic function in the organization, mainly when there is a growing pressure worldwide for competitiveness, fall of protection barriers, rising of new competitors, development of new technologies and manufacturing process.

The production must have a more efficient integration with the other departments of company, to face the competitive challenge that emerges. But this isn't enough: the production must stop from being just reactive and start to be proactive, in towards the goals of the company. The production contributes for the competitiveness of the company when it produces spends less, better and faster than the competitors, within the time of delivery and when it is able to make changes quickly, towards the improvement of the four key elements that are the reason of the existence of the company: quality, productivity, cost and time of delivery.

To demonstrate these necessities and the capacity of the shop floor, a review has been made to characterize the Manufacturing System as a Information System, to demonstrate the need of integration between the parts and its evolution, to show more diffused techniques of management in the shop floor, and the justifications and difficulties encountered in the changes, with eminence to the MRPII and the JIT. In the sequence, another review is made about the concepts, techniques and forms of tooling management in the shop floor, showing the relationship of all the concepts previously presented. Finally, a study of case is presented that explains the work of tooling management using concepts of continuous improvements of low cost, based on the review presented. Among the obtained benefits, it is possible to mention a reduction of the setup time, inventory of tools in process reduction, transfer of tools preparation to out of the machine time reduction and the evolution and trends financial gains.

[**keywords:** Tool Management, Tool Requirements Planning, Production Management Systems]

Capítulo 1

Introdução

O setor de manufatura ou chão-de-fábrica, como é normalmente chamado, foi relegado a segundo plano durante muito tempo pelos outros setores da fábrica. Visto, normalmente, como um mal necessário, parece trabalhar sempre na contramão das necessidades do restante das outras áreas da empresa, e sempre buscando resolver os problemas emergentes no último instante, conforme relatam CORRÊA e GIANESI (1993).

No entanto, as empresas começam a buscar a revalorização da manufatura devido a diversos fatores, tais como:

- crescente pressão mundial de competitividade estimulada pelas quedas de barreiras alfandegárias protecionistas;
- surgimento de novos concorrentes bastante competitivos;
- desenvolvimento de novas tecnologias e processos de fabricação que permitem um aumento do potencial competitivo, e
- conscientização do papel estratégico que a manufatura pode representar no alcance dos objetivos globais da empresa.

Neste sentido, introduziram-se novas formas de trabalho, conceitos e técnicas organizacionais no setor produtivo. Porém, uma das grandes dificuldades que surge na implantação de novas técnicas nas empresas está relacionada à resistência das pessoas que compõem todos os níveis da empresa, desde a administração ao operacional. Embora o foco deste trabalho esteja voltado às fábricas, este fato não difere nas empresas em geral, principalmente quando se considera que o número de pessoas envolvidas com diferentes níveis de

conhecimento, cultura e interesses, é bastante elevado dentro de um mesmo espaço físico. Entretanto, melhorias pequenas e contínuas podem ser realizadas pelas diversas áreas de uma mesma empresa, vencendo aos poucos as resistências. Desta forma, podem-se estabelecer e atingir padrões cada vez mais altos, como prega o conceito do Kaizen desenvolvido na administração japonesa.

Este trabalho busca mostrar que podem ser realizadas mudanças no chão-de-fábrica desde que exista um esforço contínuo para o rompimento das barreiras culturais que lá estão disseminadas, bem como em outras áreas da empresa, e mais do que isto, o próprio chão-de-fábrica pode fazê-lo, como mostra o conceito dos Círculos de Controle da Qualidade (CCQs). Em muitos casos, o chão de fábrica decide pouco ou quase nada sobre o seu futuro, devido inclusive a sua própria falta de conhecimento a respeito de técnicas e ambientes de apoio existentes, e como estes se encaixam na realidade de cada um. Em outras palavras, qual é a teoria ou o conceito, e como estes se aplicam na prática.

CORRÊA e GIANESI (1993) defendem que a produção deve principalmente possuir uma integração mais eficaz com outras áreas da empresa para que tenha condições de enfrentar o desafio competitivo que se apresenta. Mas somente isto não é suficiente: a produção precisa deixar de ser apenas reativa e passar a ser pró-ativa, contribuindo de forma ativa para o alcance dos objetivos. Para que a produção contribua para a competitividade da organização ela deve:

1. produzir gastando menos que os concorrentes, obtendo vantagem em custos;
2. produzir melhor que os concorrentes, obtendo vantagem em qualidade;
3. produzir mais rápido que os concorrentes, obtendo vantagem em velocidade de entrega;
4. entregar dentro do prazo prometido, obtendo vantagem em confiabilidade de entrega;
5. ter capacidade de realizar muitas mudanças e rápidas, obtendo vantagem em flexibilidade.

Nesta mesma linha, MACHLINE (1994), discorrendo sobre o histórico do desenvolvimento das empresas brasileiras, diz que as empresas, ao longo das

últimas décadas, revolucionaram os métodos de administração tradicionais, perseguindo os quatro elementos-chave que são a razão de ser da empresa:

1. melhoria da qualidade,
2. aumento da produtividade,
3. redução de custo,
4. diminuição do prazo de entrega.

MACHLINE (1994) expõe que a industrialização no Brasil foi iniciada nos períodos de guerra por necessidade de subsistência e não tinha qualquer preocupação com métodos administrativos até a década de 50, com raras exceções, até o início da indústria automobilística. A partir de então, no período de 1957 a 1973, houve um grande salto tecnológico no país, quando se iniciou o Desenvolvimento de Fornecedores, Controle de Qualidade, Custos, Engenharia Econômica, Gestão de Projetos, Controle de Estoques, Relações Humanas, Organização e Métodos e Organização Industrial.

Após esse período, agravado pela crise do petróleo, novas habilidades de administração tornaram-se necessárias para enfrentar os altos custos, redução na demanda e incertezas. Neste momento, o Japão consegue impor seus produtos nos mercados ocidentais, contando com uma nova forma de administração que tinha, como um de seus elementos, os Círculos de Controle de Qualidade, trazidos para o Brasil em 1971 e que tiveram seu auge em 1980. Em 1975, veio para o país a Análise de Valor. Na década de 80, começou-se a falar em Eliminação dos Desperdícios, Desburocratização, MRP, JIT, CAD, CAE, CAM, CIM, Flexibilidade, Ajustes Rápidos de Ferramenta, Sistemas de Produção Toyota, Células de Manufatura, Teoria das Restrições, Controle de Qualidade Total e ISO 9000.

Neste trabalho o foco será dirigido às técnicas e filosofias mais voltadas ao Controle da Produção, surgidas na segunda fase no Brasil, ou seja, após 1980, mas que iniciaram sua aplicação no Japão, Estados Unidos e Europa desde as décadas de 60 e 70.

Melhorias como manutenção preditiva, treinamento intensivo de operadores, melhoria do controle de produtos acabados ou em processo, controle de matéria-prima e ferramentas, podem ser implementadas pelo chão-de-fábrica como um projeto piloto preparando o setor para uma integração total da empresa,

que normalmente não é realizada de uma só vez em todos os setores devido à falta de preparo e ou de conhecimento dos integrantes de cada setor. Este fato pode levar o programa como um todo ao fracasso, se não considerado.

Além do projeto-piloto, que já é enfatizado por vários autores, um fator bastante importante é que vários projetos-piloto podem partir do próprio chão-de-fábrica. Isto levará o setor a um maior comprometimento com o sucesso do plano, permitindo que o mesmo obtenha melhores resultados já durante a fase experimental. Estará, assim, motivando as pessoas e a estrutura da empresa para um projeto total de integração a que tendem todas as empresas que desejam manter-se competitivas no mercado, principalmente considerando-se a globalização da economia. Muito importante, também, é que o chão-de-fábrica tenha condições de dizer do que realmente necessita, ao invés de receber o que os departamentos de apoio acreditam que este necessite ou o que é mais fácil de ser feito, pois além de desenvolver a cultura das novas técnicas, permite que se aprenda com os erros e acertos dos projetos-piloto, aumentando o espírito crítico dos integrantes, e a um custo de risco bastante inferior ao de uma implantação de um sistema que tivesse uma abrangência na empresa toda.

Planeja-se, no presente trabalho, fazer inicialmente uma revisão bibliográfica para mostrar os conceitos, sistemas e técnicas mais difundidos que visam melhorias de informação, espaço, qualidade e custo entre outros. Desta forma, são apresentadas no capítulo 2 a importância de se caracterizar o sistema de manufatura como um sistema de informação, a integração entre as partes e sua evolução. No capítulo 3, é feita uma revisão das técnicas de apoio e gerenciamento mais difundidas e voltadas ao chão de fábrica, das justificativas e dificuldades para as mudanças. No capítulo 4, é feita uma revisão sobre os conceitos, as técnicas e formas de gerenciamento de ferramentas no chão-de-fábrica, de forma a dar suporte ao desenvolvimento do estudo de caso, e mostrar seu embasamento principalmente com as técnicas apresentadas no capítulo 3. No capítulo 5, é apresentado o estudo de caso que relata um trabalho de organização de ferramental utilizando conceitos de melhorias contínuas de baixo custo. Entre os benefícios obtidos, pode-se citar redução de tempo de "setup" e de troca de ferramentas, redução de estoque de ferramentas em processo, e transferência do preparo de algumas ferramentas para fora da máquina. Finalmente, no capítulo 6,

são apresentadas as conclusões do autor sobre as técnicas revistas, o estudo de caso e futuras perspectivas de trabalho.

Capítulo 2

O Sistema de Manufatura como um Sistema de Informação

2.1 - Sistemas de Manufatura \ Sistemas de Informação

O grande fator que motiva, ou obriga a realização de mudanças nas empresas é a necessidade de as mesmas atenderem as atuais e emergentes necessidades do mercado consumidor, ou seja, do cliente. Diversos autores citam em seus trabalhos várias destas necessidades, que podem ser resumidas assim: qualidade e preço de produto desejados pelo cliente, rapidez de entrega e adequação a seus padrões particulares de gosto. Porém, para a indústria, isto se traduz em alguns outros termos que serão necessários para que a mesma atenda a seu cliente. Entre eles, AGOSTINHO (1991) e SHUNK e FILLEY (1986) apontam a redução de custos de produção, o aumento da qualidade, a redução dos índices de rejeição do produto, o aumento da flexibilidade da instalação de manufatura, a manutenção ou melhoria da competitividade do sistema de manufatura e a integração da manufatura. A integração da manufatura leva todos os elementos da organização à otimização, envolvendo pessoas, dinheiro, informação, capital, investimentos, energia e tecnologia, diferente do que se verificava historicamente, quando a otimização era apenas em nível de tarefa ou máquina individual.

Verifica-se, também, que devido a fatores como aumento da competição do mercado internacional, influência de leis de proteção, comportamento variável do mercado consumidor, entre outros, ocorre

gradativamente um aumento das exigências do mercado. Isto conduz a um considerável aumento quantitativo de informações como já se tem verificado, sendo que essas exigências já pressionam e continuarão pressionando as empresas, forçando as mesmas a serem competitivas não apenas em um ou dois aspectos, mas em todos, entre eles, administração, qualidade, custo, projeto. Com isso, e a margem de erro será reduzida a ponto de quase desaparecer, afirmam AGOSTINHO (1991) e RHODES (1990).

RHODES (1990) e KRAILLING (1988) complementam dizendo que, na administração da manufatura, deve dominar a aplicação de informações tecnológicas para que uma empresa se mantenha competitiva. A existência de um eficiente sistema de informação dentro das empresas pode definir o seu sucesso em relação a outras empresas mal informadas que ficarão perdidas em busca de conhecimentos tecnológicos e relatórios de estado. É, ainda, imprescindível que as informações devam estar corretas, na hora certa, e no lugar certo. Portanto, integração e informação mostram-se como pontos chaves para a garantia do sucesso de uma empresa e, trabalhar com uma empresa buscando informações integradas, é um desafio para enfrentar já.

AGOSTINHO (1991) define a manufatura de bens como "Um sistema que integra seus diferentes estágios, necessitando para isso dados de entrada definidos, para se obter resultados esperados. A relação entre os dados de entrada e as saídas e resultados se dão na forma de informação". O fluxo das informações entre os dados de entrada e saída do Sistema de Manufatura caracteriza os controles de qualidade e produção. Tal sistema também recebe influências e informações externas e as devolve em forma de "feedback". A figura 2.1 proposta por AGOSTINHO (1991) mostra assim um Sistema de Manufatura conforme descrito.

ROBBINS, KAPUR e BERRY (1984) citam que o sistema de informação do chão-de-fábrica possui três componentes primários, sendo eles:

1. uma definição das informações necessárias para o chão de fábrica;
2. uma definição sobre a organização dos dados que são coletados;
3. uma definição de quais informações são relevantes para o sistema de controle.

PARKS (1987) complementa esta lista com mais alguns componentes que necessitam ser definidos, estruturados e desenvolvidos para quando da implementação de sistemas mais completos :

1. o campo de atuação: as fronteiras do projeto devem ser bem definidas;
2. as necessidades do sistema devem ser claramente definidas;
3. gerenciamento: os suportes para sua utilização devem estar disponíveis;
4. procedimentos: as disciplinas devem ser estabelecidas;
5. capacidade: os recursos para desenvolver as tarefas devem ser adquiridos.

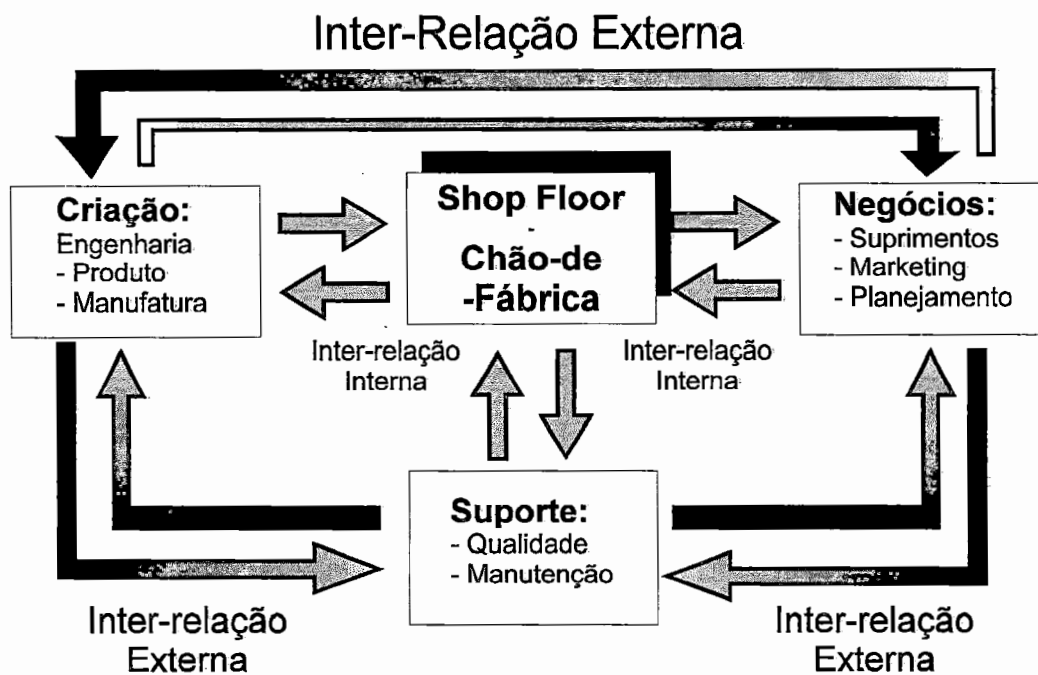


Figura 2.1: Modelo conceitual de manufatura

Fonte: AGOSTINHO (1991: 2.2)

Cada elemento deve ser considerado na arquitetura do projeto de um sistema de informação integrado.

Para obter-se sucesso no uso de sistemas de controle avançados de manufatura ou sistemas tecnológicos, são necessários acuracidade e imediato retorno da situação atual, que será obtido através do um adequado projeto do Sistema de Informação, e os resultados devem ser utilizados para planejar o

futuro. Um sistema de informação adequado deve também ser integrador, canalizando as informações essenciais para todos os níveis que necessitem de informação. Para conquistar o usuário, o sistema deve ser confiável, eficiente, amigável e fácil. Com essas exigências, a implantação do sistema de informação torna-se uma tarefa difícil, finalizam ROBBINS, KAPUR e BERRY (1984).

Para ilustrar como o sistema de informação alimenta e integra outros sistemas, ROBBINS, KAPUR e BERRY (1984) apresentam uma estrutura hierárquica da integração do sistema de informação do chão-de-fábrica, como podemos observar na figura 2.2:



Figura 2.2: Hierarquia de um sistema de informação de chão-de-fábrica integrado

Fonte: Adaptado de ROBBINS, KAPUR e BERRY (1984: 65)

Cada empresa tem seus próprios princípios e filosofias sobre suas necessidades em termos de arranjo, processamento e disseminação dos dados do chão-de-fábrica, e também todo sistema de manufatura possui características únicas com respeito a volume, preço de produção, variedade de produtos e complexidade de manufatura, criando diferentes e diversas necessidades de

informações. Finalmente, cada companhia tem uma organização distinta e atributos físicos que influenciam na aceitabilidade de uma particular estrutura de solução. No entanto, ROBBINS, KAPUR e BERRY (1984) afirmam que, apesar de todas essas divergências, para qualquer sistema de informação de chão-de-fábrica duas estruturas do ambiente de manufatura devem estar definidas, e são apresentadas como:

1. Estrutura Funcional

Os dados são coletados no chão-de-fábrica por duas razões primárias. A primeira é para descrever a situação de entidades, que podem ser máquinas, operadores de máquinas, serviços, material, ordem de produção, entre outras; e a segunda é para registrar a ocorrência de eventos como terminos de operações, interrupções de uma operação, início de uma manutenção, retrabalho, início ou término de um processo, etc.

A estrutura funcional de um sistema de informação define os tipos e entidades que existem no chão de fábrica, e os eventos relevantes que podem ocorrer. A partir de uma relação genérica de eventos e entidades, uma empresa de manufatura pode selecionar aquelas que se mostram mais importantes. Entidades e ou eventos adicionais podem ser incrementados na medida que mais sistemas de controle são implantados. A estrutura funcional completa permite a fácil integração de novos eventos e entidades dentro do conjunto de dados do processo.

2. Projeto da Estrutura de Dados

A estrutura de dados refere-se ao caminho pelo qual os dados individuais dos elementos, como número de máquina, identificação do operador, etc., são relatados. Flexibilidade é fundamental dentro da estrutura de dados; deve permitir obter-se, classificar ou agregar os dados da forma que se pretender. Um sistema flexível encoraja novos usuários a adotá-los.

Anteriormente, papéis e lápis, cronômetros e a própria memória do supervisor eram os dispositivos apropriados para coletar e registrar os dados. Hoje, no entanto, com a sofisticação das informações, computadores passaram a assumir tais funções, e os sistemas futuros continuarão a focalizar a redução de tempo, aumentando a interação homem e máquina.

Seguindo esta tendência, PARKS (1987) diz que os sistemas de informação estão expandindo e aumentando sua complexidade de maneira sem

precedentes. Especialistas atribuem que a recente introdução de novas tecnologias de informação como o MRPII, JIT, CAD, CAM, CIM, e outros, marcaram o começo de uma "revolução das informações". A corrida pela automação e o aumento da competição de produtos estrangeiros estão forçando as empresas a adotarem rapidamente estas novas tecnologias.

É possível, através da utilização de sistemas para computadores, reduzir tempo e custo e gozar do suporte de alguns sistemas disponíveis no mercado que contém a maioria dos elementos usados nos sistemas de produção. Vários usuários estão convencidos, ainda, de que tais sistemas contêm todas as suas necessidades, comenta PARKS (1987). Este autor cita, ainda, algumas das vantagens de se utilizar tais sistemas apoiados por computador:

- rápido desenvolvimento: desenhos atualizados, menus, relatórios personalizados e imediatos podem ser rapidamente desenvolvidos, possibilitando demonstrar o progresso das atividades;
- grande envolvimento do usuário: os usuários trabalham com telas e menus onde suas sugestões podem ser incorporadas ao sistema;
- redução de tempo e custo no desenvolvimento: tais modelos contêm documentação completa e funcional sobre os dados exigidos. Os analistas podem ser treinados através de modelos propostos pelo próprio sistema;
- risco reduzido: novas idéias podem ser testadas com pequenos riscos para a companhia. Em vários casos os protótipos podem ser parcialmente testados antes de se fazer investimentos adicionais no projeto;
- definição clara dos limites de atuação do projeto: construir os protótipos é como projetar uma planta ou desenvolver uma simulação do modelo. Isto permite ao projetista um melhor sentimento do que pode ser efetuado dentro do sistema;
- maior visibilidade para o gerenciamento: os sistemas para computador permitem gerenciar com um modelo gráfico do sistema proposto, o que propicia tomar-se decisões apoiadas em informações mais objetivas e rápidas de assimilar.

Embora seja indiscutível a importância dos computadores, é importante começar a salientar que o computador não é pré-requisito para se possuir um sistema de informação e conseqüentemente um sistema de informação integrado. Como também BURBIDGE et al (1987) afirmam, o computador é uma ferramenta para a integração, porém não é a única. O computador deve ser visto exclusivamente como uma ferramenta de trabalho, a qual, quando corretamente utilizada, traz consideráveis benefícios ao usuário, como alguns autores observaram anteriormente.

Os sistemas de informação podem ser considerados como estratégias que guiam a um desenvolvimento correto para as necessidades dos negócios e procuram vantagem competitiva através das informações tecnológicas. Existem diferenças significantes de percepção entre os variados níveis da administração com relação à importância das informações tecnológicas e também muitas dificuldades inerentes relacionadas à sua importância, conforme explicado por WAEMA e WALSHAM (1990), que também reconhecem a informação tecnológica como a força de maior influência na "performance" do negócios. Conseqüentemente, têm existido importantes incrementos na maioria das organizações com respeito a esse assunto. Um dos mais importantes aspectos a se observar quando se trata da formulação do sistema de informação são as estratégias relevantes para as necessidades da organização e que garantirão o sucesso de sua implantação.

2.2. - Integração dos Sistemas

TRINO (1990) apresenta uma definição para informação que contrasta com a maioria das definições tradicionais, pois enfatiza o valor implícito da informação para as pessoas, "*qualquer diferença que provoque uma diferença*", e é este valor implícito que nos leva a querer ir além de onde estamos, e também move a enorme quantia de dinheiro investida em alta tecnologia, na intenção de aumentar suas vantagens competitivas através de seus processos e análises de informação. A realidade do aumento da competitividade global tem nos forçado a, em toda e qualquer mudança, provocar a diferença.

Na mesma linha de PARKS (1987), TRINO (1990) defende também a utilização dos computadores, comparando com a fase anterior à sua

disseminação, quando as informações eram lentas e não confiáveis. Atualmente, informação é algo abundante, rápido e confiável, e enquanto os novos sistemas têm capacidade de cobrir-nos de dados, o sistema de manufatura vem evoluindo ao extremo através do uso de sistemas integrados de informação. Tais sistemas podem fornecer inovações de informações com capacidade de provocar grandes diferenças nas operações, inovando produtos, nomes e serviços na batalha da competitividade.

SHUNK e FILLEY (1986) comentam que computadores poderosos estão disponíveis por baixos preços, e se mostram equilibrados entre baixo custo e os trabalhadores pouco treinados. As organizações devem absorver as influências positivas trabalhando, cumprindo e melhorando o ambiente de trabalho, mantendo a "saúde" da empresa e a qualidade em níveis altos. Não é uma tarefa fácil, e o que é necessário para se fazer integração dos sistemas nas empresas de amanhã é nada menos de que uma nova "raça" de administradores hoje.

Nenhuma área ou atividade dentro do setor de manufatura tem escapado do exame. Toda a empresa de manufatura, do projeto de novos produtos à produção e gerenciamento, até o consumidor oportuno, está colhendo benefícios. Melhorar a eficiência dos produtos e introduzir novos produtos no mercado tornou-se fundamental com a queda do ciclo de vida do produto, e nesse contexto um sistema de informação integrado é indispensável.

AGOSTINHO (1991) cita que alguns outros objetivos a serem atingidos com a integração dos sistemas de manufatura são:

- redução dos custos de produção;
- aumento da qualidade do produto e redução dos índices de rejeição;
- aumento da flexibilidade por redução do ciclo de manufatura, redução de inventários e redução do tempo de preparação de máquinas para mudanças de produtos.

A integração dos sistemas leva a uma otimização sobre o tempo de todos os elementos que geram respostas e resultados mensuráveis compreendidos em um sistema organizacional, pois os sistemas integrados são muito mais dinâmicos na resolução de problemas. Esses elementos englobam toda a organização, incluindo pessoas, dinheiro, informação, capital investido, energia e tecnologia.

SHUNK e FILLEY (1986) descrevem cinco pré-requisitos que devem ser seguidos para introduzir com sucesso a integração dos sistemas dentro da organização, e é importante que as soluções para os problemas devam ser apresentadas sustentadas em sistemas integrados como forma estratégica de forçar a organização a tomar suas decisões com a visão voltada para sistemas integrados. Estes pré-requisitos são descritos a seguir.

1. Admita que a integração entre os sistemas é necessária.

Para isto, deve-se conhecer qual o melhor caminho para desenvolver as atividades existentes e uma alternativa viável para os métodos presentes. Este conhecimento deve ser óbvio não somente aos planejadores ou projetistas mas sim a todos os grupos que compõem a empresa. No entanto, ao contrário do que se pode pensar, tal não acontece, especialmente se as alternativas envolvem novas tecnologias ou métodos. Companhias bem sucedidas e em crescimento são as melhores candidatas para a integração dos sistemas.

2. Comece devagar, mas seja severo e rígido.

Adotar métodos para integração de sistemas pode significar uma partida radical para os caminhos operacionais adotados em sua empresa. Não tente fazer mudanças do dia para a noite. Desenvolva um plano para alcançar alguns objetivos e comece com projetos simples e pequenas mudanças, com o objetivo de deixar "marcas de sucesso". Primeiro seu departamento deve estar convencido de que integração de sistemas é o caminho para realizar os negócios, depois tente convencer seus amigos de conversas diárias e de outros departamentos a lhe darem suporte. Use sua imaginação para construir sistemas consistentes e que consigam apoio dentro de sua organização.

3. Admita que pessoas, não tecnologias, são a chave para o sucesso.

É dito que temos bastante tecnologia no momento para manter nossos negócios pelos próximos 20 anos. Se isto é ou não verdade, a questão é que a falta de tecnologia não é motivo para reter a integração dos sistemas hoje, mas é importante valorizar as pessoas.

4. Faça a integração dos sistemas com grupos de esforços interdisciplinares.

Aqueles que tomam as decisões das operações, os que as custeiam e a alta gerência das organizações devem ser defensores da idéia. Operações e seus administradores, exigem menos esforço para se convencer, e devem ser o foco inicial dos esforços.

5. Admita que sistemas de integração requerem estratégias, não táticas de administração.

Tem sido feita uma observação segundo que "você não compra sistemas integrados, você monta os mesmos". A decisão para adotar integração de sistemas como um método de operação deve ser escolhida pelas pessoas dos níveis superiores da administração. A linha de ação é dada pela competição que dirige os sistemas para a integração. A sensação de urgência que aparenta este movimento é real e o momento de agir é agora.

A principal vantagem, segundo AGOSTINHO (1991), deste novo sistema integrado será obtida pela aplicação de novas estratégias de produção. É de fundamental importância que o sistema todo de manufatura seja considerado como um único sistema, no qual as informações correspondentes aos fluxos de dados sejam intercambiáveis. Como consequência, teremos intensificação de trocas de informações entre os departamentos, aumento da flexibilidade e conseqüentemente diversidade dos produtos.

Uma comparação pode ser feita através das figuras 2.3 e 2.4, que mostram, respectivamente, um sistema com processamento de informações tradicional e um sistema com processamento de informações integrado. Observe-se desde já a redução dos tempos de processamento graças à sincronização das atividades. Dentro deste novo enfoque é de grande importância o complemento do sistema com técnicas de Controle Estatístico do Processo (CEP) e Controle de Qualidade Total (CQT), de forma a otimizar o produto.

A referência ao computador é um fato constante em todos os assuntos, e quando se fala em sistemas de informação hoje, é quase que inevitável a sua presença devido a sua grande capacidade de armazenamento de dados e rápida recuperação dos mesmos, além de sua alta velocidade para executar as transações e flexibilidade de apresentação. Contudo, volta-se a frisar que não deve ser esquecido que o computador é uma **ferramenta** de trabalho. É perfeitamente possível ter um sistema de informação integrado e

conseqüentemente um sistema de manufatura integrada sem utilizar o computador, mas evidentemente, com uma arquitetura diferente.

Processamento de Informações Tradicional

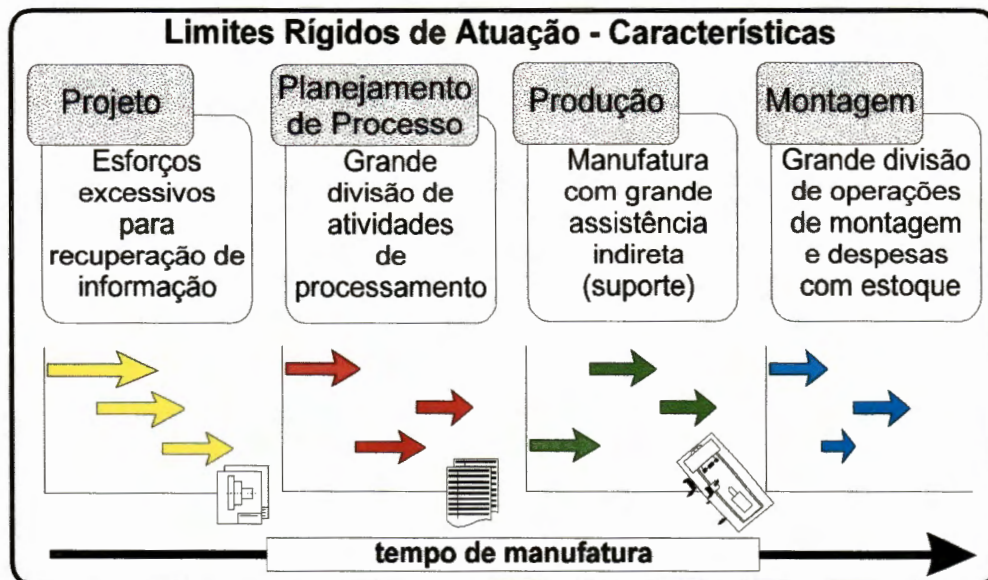


Figura 2.3: Processamento de informações tradicional

Fonte: Adaptado de AGOSTINHO (1991: 10.17)

Processamento de Informações Integradas

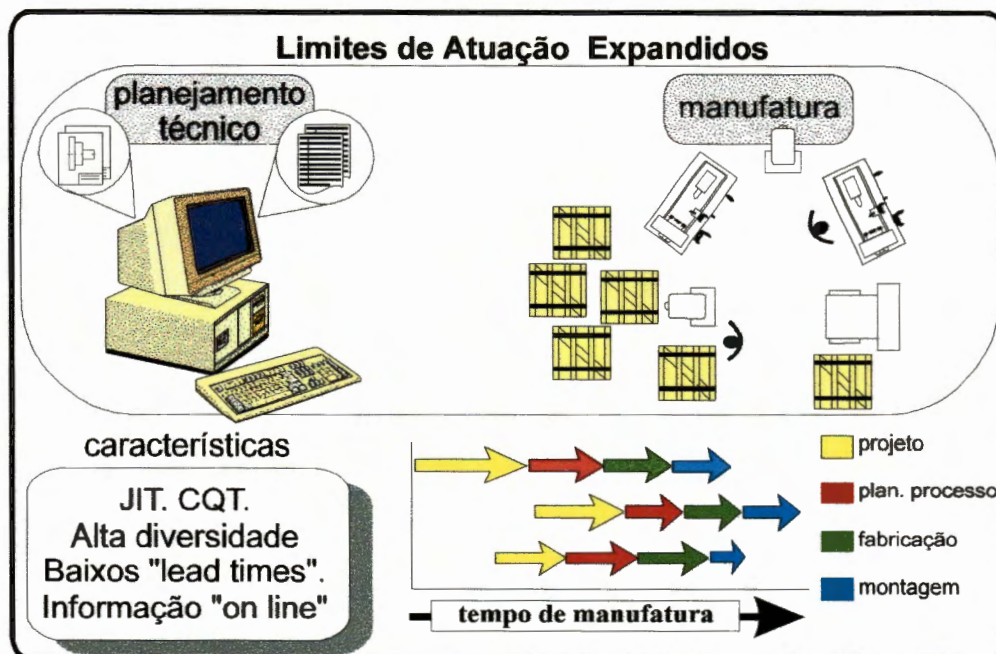


Figura 2.4: Processamento de informações integradas

Fonte: Adaptado de AGOSTINHO (1991: 10.20)

BURBIDGE et al (1987) recomendam uma integração progressiva buscando:

- a) a integração dos objetivos,
- b) a integração interna de cada área e suas funções,
- c) a integração entre as áreas e suas funções e
- d) a organização do sistema.

BURBIDGE et al (1987) ainda apresentam algumas conclusões sobre os sistemas integrados, das quais destacamos:

1. a integração é um processo de ligar as partes para produzir um todo;
2. a integração pode ser vista como um processo que produz sinergia, onde a vantagem obtida pelo conjunto integrado é muito maior que a soma das vantagens obtidas de cada parte isolada;
3. a integração, da mesma forma que simplificação, está preocupada com a eliminação da variedade desnecessária.

2.3. A evolução da integração dos sistemas dentro das empresas

Para que se possam aproveitar os benefícios de um sistema de integração é necessário escolher um sistema adequado e que vá ao encontro das necessidades da companhia. Para que se possa escolher um dentre a enorme quantidade oferecida, perguntas como "O que é um sistema de integração?" e "Como se deve escolher um sistema de integração?" são muito importantes.

Uma definição muito simples de sistema de integração citada por KALTWASSER (1990) é a de que este é "Um coordenador de processos de manufaturas, informações e pessoas". Em geral, o melhor sistema de integração para uma companhia em particular é aquele cujas exigências possam ser atendidas pela empresa, e que também atendam as necessidades da empresa. As necessidades mais óbvias estão relacionadas com redução de custos de materiais que participam direta ou indiretamente do trabalho, como redução de sucatas, retrabalhos e inventários. Itens menos óbvios podem também ser muito

importantes, como reduzir o "lead-time", melhorar a capacidade e aumentar a qualidade dos produtos e do atendimento aos clientes, complementa o autor.

No meio então do grande número de alternativas tecnológicas existentes, a escolha do sistema adequado deve ser realizada de acordo com a estratégia de automação desejada, e através da determinação de onde a estrutura de manufatura se ajusta e de aonde se pretende chegar quanto à automação da manufatura. É possível integrar as diversas tecnologias dentro de uma estratégia definida, ao invés de fazer aplicações isoladas. AGOSTINHO (1991) propõe uma divisão da tecnologia de manufatura em três dimensões primárias, as quais são divididas em três estratégias de automação e ainda mais três interfaces essenciais, dentro das quais deve haver um crescimento harmônico. São elas:

- Dimensões primárias
 - a) Mecanização do processo
 - b) Controle do fluxo de materiais
 - c) Gerenciamento e controle da informação
- Interfaces
 - d) Engenharia
 - e) Negócios
 - f) Funções de suporte
- Estratégias de automação
 - g) manual
 - h) semi-automática
 - i) automática

A integração do sistema dependerá das características deste sistema e sua arquitetura, a qual deve ser tal que atenda aos estímulos externos; caso contrário haverá desintegração do sistema. Para que se mantenha a integração do sistema, é necessário também que haja um crescimento harmônico nos três eixos com relação aos graus de automação. O crescimento em uma única dimensão causa um desequilíbrio e tende a dificultar a integração futura dos componentes do sistema de manufatura.

As organizações externas ao chão-de-fábrica mostradas na figura 2.5, que constituem interfaces do modelo de integração, também devem acompanhar harmonicamente a evolução tridimensional da tecnologia de manufatura.

Relembrando a figura 2.1, observa-se que estas interfaces correspondem aos outros três blocos da estrutura dos quatro grandes blocos mostrada anteriormente.

Colocando-se os elementos citados em um diagrama cartesiano de três eixos, tem-se uma idéia melhor de como se comportam os mesmos, conforme se pode ver na figura 2.5.

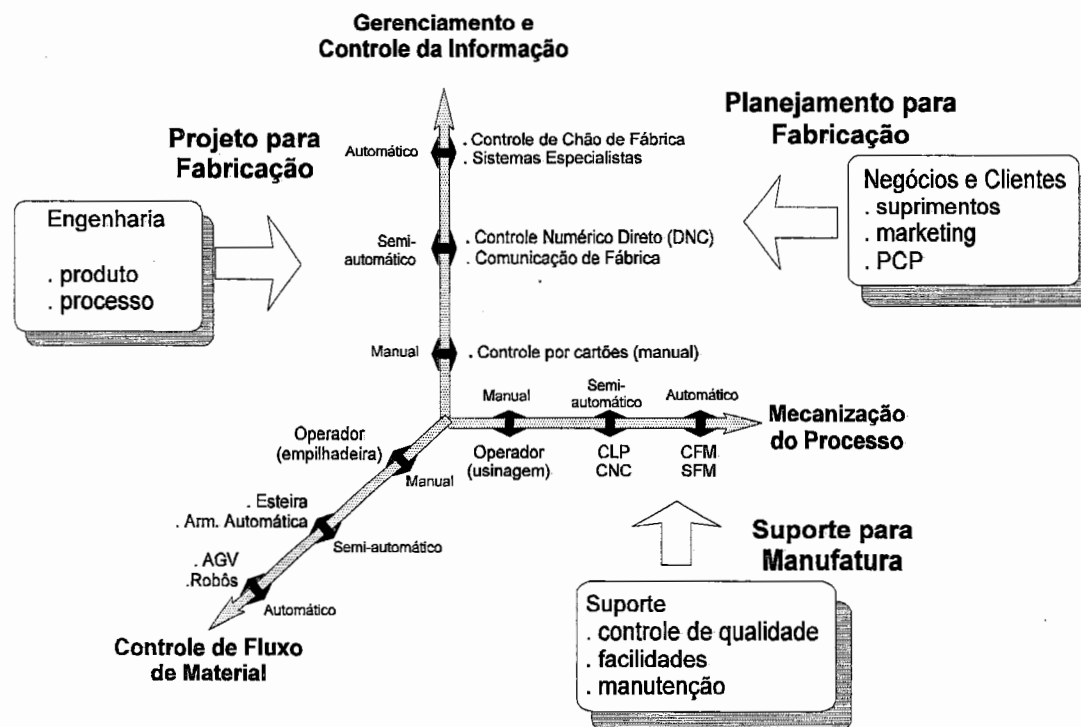


Figura 2.5: Modelo de seleção de tecnologia

Fonte: Adaptado de AGOSTINHO (1991: 75)

As subdivisões das áreas que fazem interface com o chão-de-fábrica são, em sua maioria, essencialmente geradoras e ou administradoras de informação, e devem estar muito bem integradas com o mesmo para que possam atuar no momento e local correto, contribuindo assim para que a empresa, como um todo, atinja os seus objetivos. AGOSTINHO (1991) divide estas áreas de interface em:

1. ENGENHARIA (ver figura 2.6)

- a) Engenharia de Produto. Gera dados a partir de técnicas de padronização. Tem como parte de suas atividades gerar

informações de, e a partir de, dimensionamentos e estruturas sobre os produtos fabricados pela empresa.

- b) Planejamento de Processo. Fornece informações sobre atividades de fabricação como roteiros de fabricação, condições de manufatura, ferramental e tempos.
- c) Inter-relação com o chão-de-fábrica: É feita principalmente através da Programação e Dimensionamento da Capacidade.

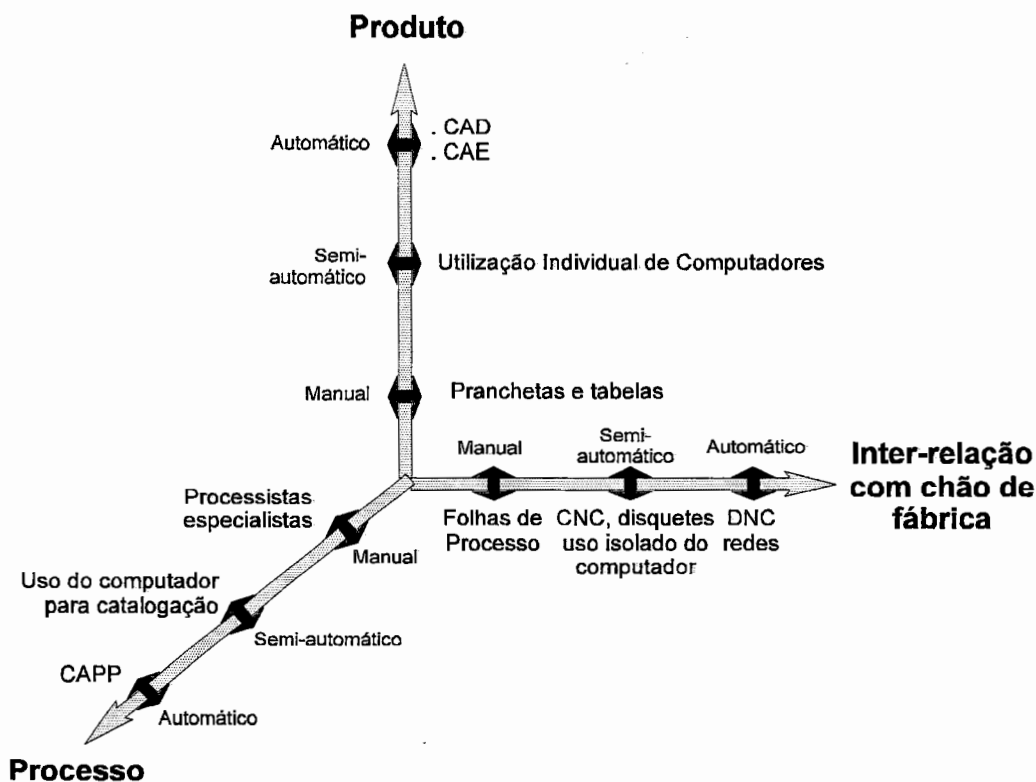


Figura 2.6: Integração dos sistemas de engenharia

Fonte: Adaptado de AGOSTINHO (1991: 79)

2. NEGÓCIOS e CLIENTES (ver figura 2.7)

Administra informações como estabilidade dos produtos produzidos, tendências a diversificação, vida dos produtos e alterações de quantidade.

- a) Suprimentos
- b) Planejamento e Controle da Produção
- c) "Marketing"

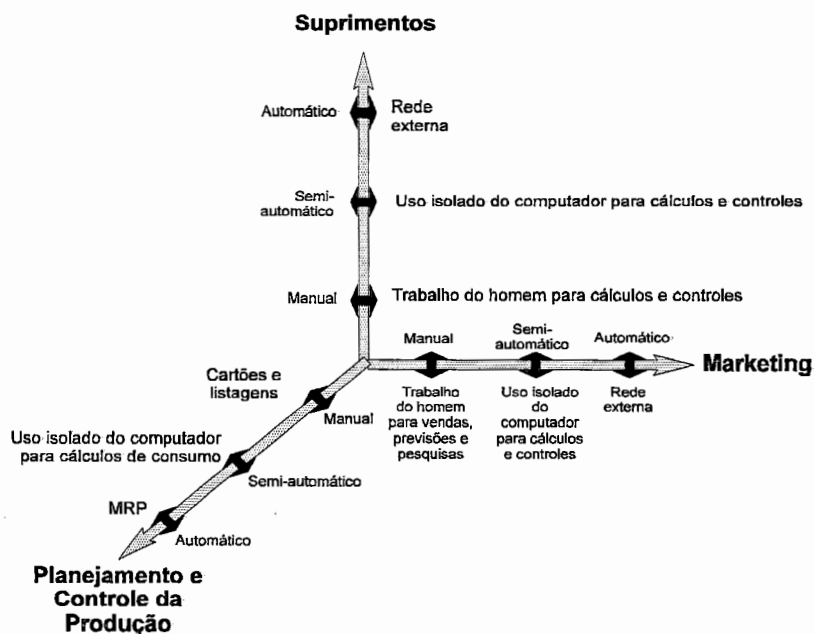


Figura 2.7: Integração dos sistemas de negócios e clientes

Fonte: Adaptado de AGOSTINHO (1991: 80)

3. SUPORTE (ver figura 2.8)

- a) Controle de Qualidade
- b) Manutenção
- c) Facilidades

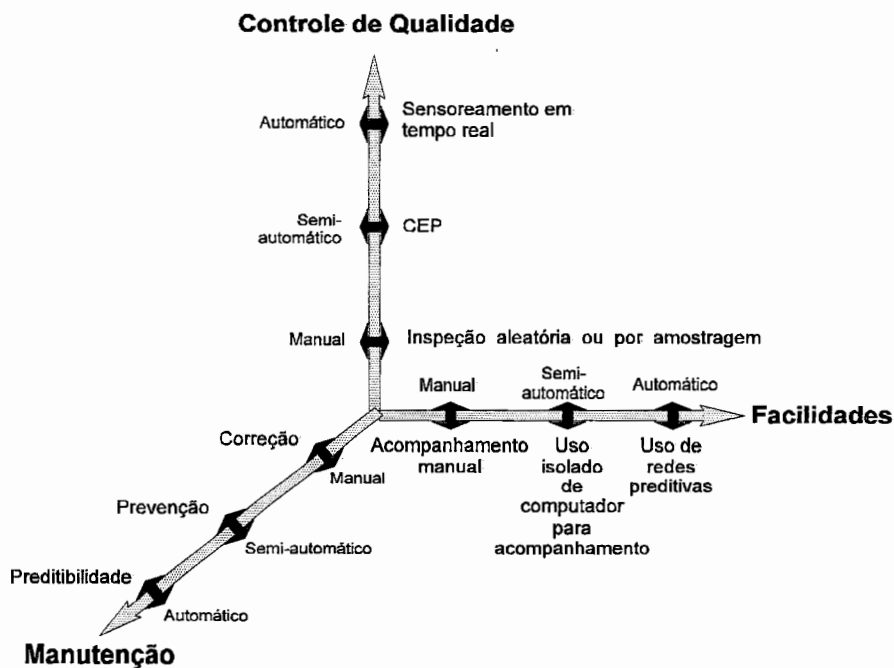


Figura 2.8: Integração dos sistemas de suporte

Fonte: Adaptado de AGOSTINHO (1991: 81)

A integração harmônica de todos os setores componentes do sistema de manufatura deverá prever o crescimento ordenado de cada conjunto de atividades em sintonia com o crescimento das outras, e portanto, como AGOSTINHO (1991) descreveu, "a obtenção do modelo ideal de Manufatura Integrada deve passar pelas fases de implantação de tecnologia de automação nas diversas atividades do Sistema de Manufatura, mantendo-se a correlação harmônica de crescimento de suas atividades isoladas", ou seja, não se conseguirá integração total tendo um crescimento harmônico no chão-de-fábrica com relação à automação e mantendo as áreas de engenharia, suporte ou negócios estagnadas.

Caso isto aconteça, teremos a manufatura com poder de responder rapidamente às necessidades de flexibilidade e diversidade exigidas pelo mercado, mas uma engenharia sem capacidade de desenvolver novas tecnologias, fornecer projetos ou desenhos com igual velocidade. Com isso, os produtos entram em obsolescência e, da mesma forma, as outras áreas ficam sem condições de dar suporte na mesma velocidade. A mesma avaliação é válida numa situação contrária, em que a produção não tenha condições de acompanhar a evolução dos desenvolvimentos de engenharia, e a manutenção ou negócios. Assim se dará com qualquer outra combinação não harmônica. A figura 2.9, apresentada a seguir, ilustra a comparação entre o crescimento harmônico e o não harmônico, sendo que o último não deve acontecer.

O conjunto de eixos principal, ilustrado também na figura 2.1 pelo bloco central, que corresponde ao Chão de Fábrica, possui em uma de suas subdivisões ou eixo, a função de "Gerenciamento de Informações". É através das estratégias deste eixo que o chão-de-fábrica se integra às informações, se comunica com suas interfaces e utiliza seus recursos de informação. Uma análise mais detalhada deste eixo dentro de suas três estratégias de automação, manual, semi-automática e automática, cabe bem dentro deste trabalho, e é discutida a seguir.

1. ESTRATÉGIA MANUAL: Controle por cartões.

Nesta fase de automação, todo o trabalho, como o próprio nome indica, é realizado manualmente sem a presença de computadores, fato este que torna o trabalho bastante lento e que impossibilita gerenciar as informações de um sistema com grande diversidade de produtos e alta flexibilidade. Os controles são

feitos basicamente por cartões e as informações transferidas por meio de folhas de processo, listas de materiais, tudo passado de mão em mão. Qualquer alteração é muito lenta e complexa, sendo necessário atualizar todos os documentos existentes na empresa, o que torna o sistema muito burocrático e sem flexibilidade. Empresas pequenas, com poucos funcionários e sem diversidade de produtos, podem ainda tirar proveito deste tipo de sistema, que não deixa de ser um tipo de preparação para elas entrarem nas próximas estratégias de automação, já que muitas nem mesmo um sistema manual organizado possuem.

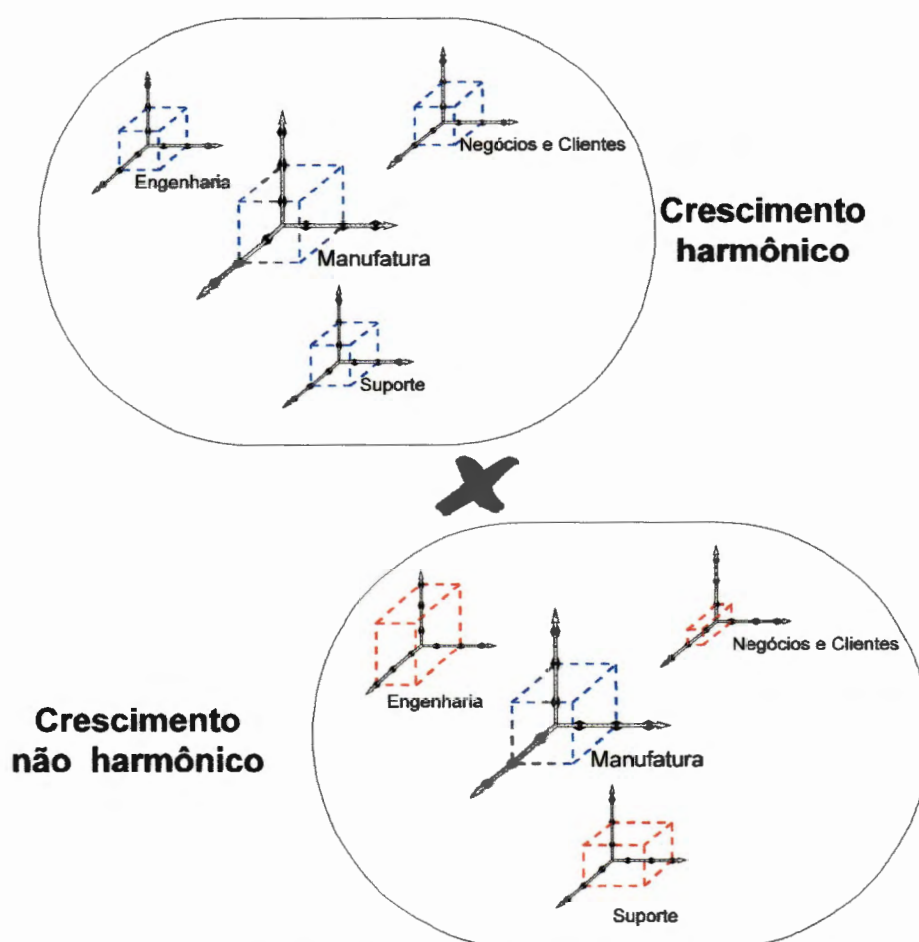


Figura 2.9: Comparação entre crescimento harmônico e não harmônico

2. SEMI-AUTOMÁTICA: Controle Numérico Direto (Direct Numerical Control - DNC)

KRAILLING (1988) também reforça que aplicar o fator "informação" corretamente é hoje um dos mais eficientes instrumentos para se manter competitivo, e um dos mais importantes instrumentos para satisfazer esta

necessidade com sucesso, complementa, são os Sistemas DNC. Uma das mais importantes tarefas a ser satisfeita pelo DNC é o fornecimento claro de informações, garantindo informação para um desempenho eficiente das máquinas, e permitindo coleta de informações quando necessário. Neste estágio de automação encontramos complexas células de fabricação, necessidades de redução de tamanho de lotes e menores "lead-times", e tal contexto necessita de informação num novo sistema no qual homem e máquina estejam totalmente integrados.

As áreas abordadas e ligadas pelo DNC são as de controle de produção, registro e controle de dados da fábrica como volume, tempo e custos. Na área técnica, o DNC supre, entre diversos componentes, os seguintes:

- CAD, CAM, CAQ (Computer Aided Quality),
- planejamento de trabalho,
- programação CN (Controle Numérico),
- controle de máquinas-ferramenta e robôs industriais,
- manutenção e
- qualidade assegurada.

A função básica do sistema DNC dentro da manufatura consiste na administração e distribuição dos dados, principalmente os dados CN, como programas principais, sub-rotinas e ferramentas CN. Desmistificando o DNC, KRAILLING (1988) explica que o sistema principal CN administrador de dados é baseado num sistema de banco de dados, cuja tarefa é coletar, catalogar e condensar os dados. As entradas e os resultados das saídas podem ser efetuados pelo usuário através da tela, pela impressora ou "plotters". Em adição às funções anteriores, o sistema gerenciador de dados CN tem a função de documentar a evolução dos eventos e passar informações de resultados de cálculos. Na área de qualidade assegurada, o sistema DNC transmite medidas obtidas, julga os dados, faz medições, inspeciona e faz protocolos para posteriormente, caso necessário, poder consultá-los.

Os dados distribuídos pelo DNC são mais seguros e confiáveis em comparação com os dos sistemas manuais. A razão disto reside nos claros fluxos de informação e o seguro método de transmissão. O sistema produz um circuito fechado de "feedback" entre o computador servidor e os vários outros

componentes. O nível de "performance" oferecido pelo sistema DNC inclui a possibilidade de convocar vários programas, como projetos e desenhos de ferramentas feitos pelo CAD através do terminal de sistema DNC, ou parcialmente através da própria máquina. Estas facilidades para a representação gráfica reduzem o fluxo de papel no trabalho. Outras funções que o sistema também possui são funções de edição, de "zoom" e diálogo dirigido, facilitando interfaces conduzidas para situações em que usuários relativamente inexperientes possam encontrar o caminho a seguir sobre cada sistema, rapidamente.

O DNC garante informação vinculada diretamente com segurança entre as várias camadas da fábrica e o computador principal. Nos níveis da própria fabricação, o DNC integra os fluxos de informação entre quantidade média de estocagem, preparação e utilização.

Inicialmente pode-se distinguir entre várias áreas de manufatura, isto é, entre células de manufatura ou máquinas isoladas. No caso de células de manufatura, o computador gerenciador se preocupa com o suprimento de informação para os vários elementos da célula, elementos estes que podem ser sistemas de transporte de produtos e ferramentas, magazines de ferramentas, máquinas de medir e inspecionar, unidades de ferramentas e estações de trabalho manual. As máquinas isoladas são unidas pelo sistema DNC. Todas as transações são tratadas pelo computador e as estações de trabalho conectadas a ele, que podem ser máquinas CNC (Computer Numerical Control) ou CN apresentando-se isoladas, como máquinas de medição e inspeção, sistemas de transporte e estações de trabalho manual. Neste caso, o computador se preocupa com a coordenação entre as várias ferramentas da máquina.

Concluindo, KRAILLING (1988) finaliza que o sistema DNC deve oferecer inteligência e capacidade de memória. Isto inclui pacotes de "software" para comunicação com o computador. O sistema deve então conter:

- conferência automática quando se inicia;
- configuração irrestrita dos periféricos, como impressoras, códigos de barra;
- interfaces configuráveis (CNC);
- fácil ligação e combinação entre os componentes.

A comunicação do computador deve preencher as seguintes funções:

- comunicação entre CNC e o computador coordenador;
- troca de dados entre o computador coordenador e o CNC;
- edição de dados CN;
- representação de informações CN gráficas e visuais.

A integração de todos os componentes individuais levará a um sistema de informação para manufatura automática, e assim será incorporado pela sistema CIM dentro de uma estrutura total de comunicação.

3. AUTOMÁTICA: Sistemas Especialistas.

A partir da década de 80 e a partir da já conhecida linguagem LISP de 1959, com disponibilidade de ferramentas para desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento, começa um maior desenvolvimento de tais sistemas chamados sistemas especialistas. Eles possibilitam a aquisição e o uso de conhecimentos especializados para resolver problemas específicos, num âmbito estreito; têm conhecimento generalizado, semelhante a uma coleção de "Know-how", experiência e métodos para resolução de certos problemas dentro de uma área restrita. FRANK (1991) comenta que, em indústrias de manufatura, já é evidente a aplicação com sucesso dos sistemas especialistas, e começa-se a perceber que sistemas especialmente complexos podem ser gerados e mantidos a custos razoáveis, apenas com a introdução de processamento de conhecimento.

SAWYER (1992) destaca as facilidades possibilitadas pelas interfaces amigáveis dos sistemas especialistas, que são capazes de fazer diagnósticos diariamente, planos de manutenção preventiva, integram áreas comerciais e industriais, e ganham importância contribuindo na eficiência e segurança dentro de um amplo grupo de indústrias.

Através da introdução do processamento de dados baseados em conhecimento, tem-se um ganho de velocidade não só nos cálculos e no suporte gráfico para tomada de decisão de projeto e planejamento tecnológico, mas também na possibilidade de os sistemas agora incluírem a tomada de decisão automatizada, e o uso de determinado conhecimento e estruturação de dados que não podem ser considerados da mesma maneira pelo processo algorítmico. Quando se deixa disponíveis, a partir de uma base de métodos, módulos de aplicação de concepção funcional, geométrica e tecnológica, atinge-se o mais alto

grau de integração e flexibilidade para construir sistemas orientados para o produto.

FRANK (1991) destaca que o desenvolvimento dos sistemas deve se dar em quatro etapas :

1. definição do domínio de aplicação;
2. desenvolvimento de um sistema protótipo;
3. geração de um sistema completo;
4. manutenção e atualização do sistema.

Em seguida, FRANK (1991) aponta os itens básicos dos sistemas baseados em conhecimento, que, como podem ser vistos ilustrados pela figura 2.10, são:

- base de conhecimentos (contém o domínio da aplicação);
- inferência;
- comunicação;
- aquisição de conhecimento.

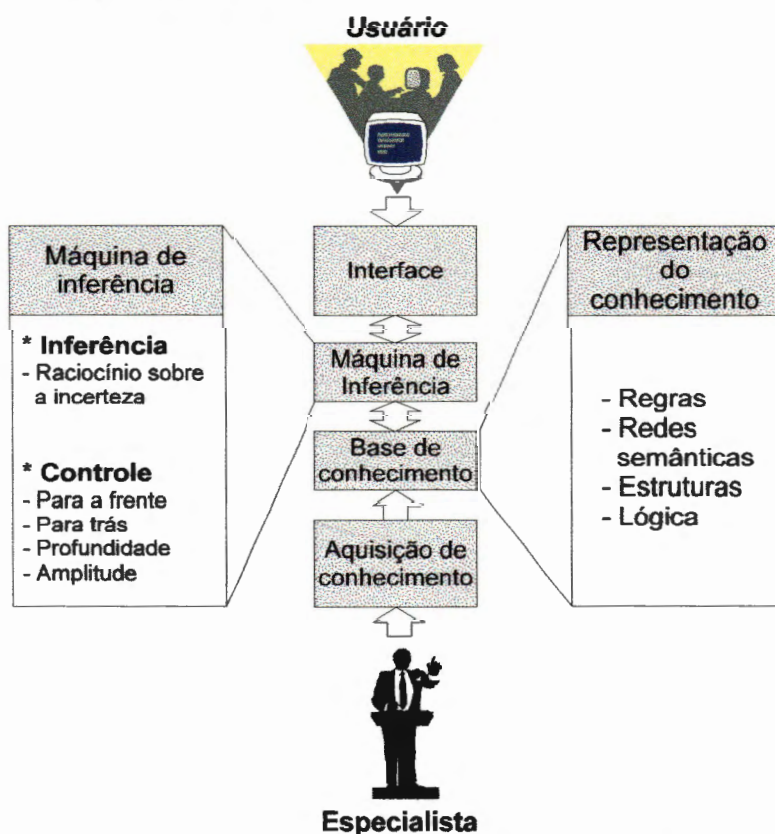


Figura 2.10: Componentes dos sistemas baseados em inteligência artificial

Fonte: FRANK (1991: 51)

Para o processamento do conhecimento pode-se fazer uso de regras, redes semânticas, estruturas e expressões lógicas. As regras descrevem ações condicionais "se", contendo uma base de dados dinâmica e uma base de regras que formam a base de conhecimentos, e um interpretador de regras. O processo para se chegar a soluções sobre os problemas passa pelo interpretador de regras que compara regras com dados na base de dados e coleta regras que combinam a parte condicional "se" aos elementos da base de dados. Estas regras são avaliadas e processadas pelo gerenciador de conflitos. Durante a execução do programa, os fatos requeridos são declarados e as ações especificadas por regras são executadas. A utilização de regras pode se dar para soluções de problemas em modelamento geométrico, processos de decisão que precisam de conhecimentos detalhados e em sistemas de configuração para decisão baseada em imagem e lógica de projeto, complementa FRANK (1991).

Entre os diversos modelos existentes que tratam do processamento do conhecimento, FRANK (1991) destaca os modelos de produto, que contêm todos os dados gerados dentro de uma empresa sobre um produto ou necessários para sua fabricação. Em se tratando de um ambiente de manufatura CIM, outros modelos também se fazem necessários, como:

- modelos de processo: usados para descrição de processos;
- modelos de fábricas: que contêm dados sobre máquinas, ferramentas, meios de transporte, dispositivos e outros equipamentos;
- modelos de uso: que possibilitam acompanhar produtos já entregues durante seu uso e coletar experiências para novos produtos e processos;
- modelos derivados: possibilitam acompanhar regras técnicas, conhecimento científico, leis e soluções da concorrência e suas tecnologias, que possam ser importantes para a configuração do produto, conforme ilustra a figura 2.11.

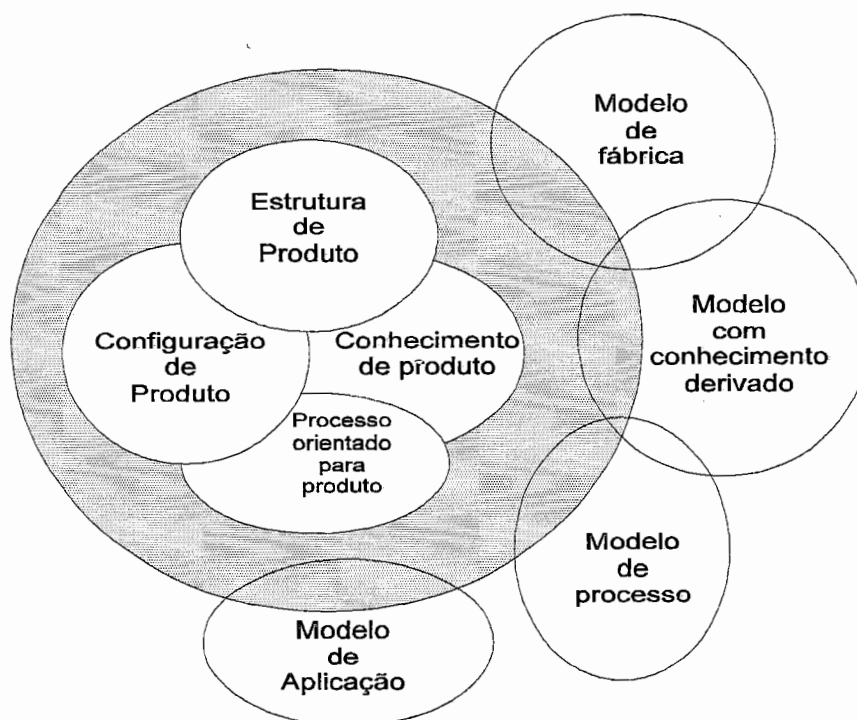


Figura 2.11: Modelo de produto integrado por inteligência artificial

Fonte: FRANK (1991: 61)

Outro campo de aplicação bastante especial, onde são utilizados os Sistemas Especialistas, é o de para Programação e Controle da Produção (PCP), comentam KANET e ADELSBERGER (1987) e PIERREVAL e RALAMBONDRAINNY (1990), sobre a aplicação e crescimento dos sistemas especialistas em tarefas de planejamento, programação e controle da produção, capazes de administrar problemas de paradas de máquinas ou surgimento de ordens prioritárias, inclusive em tempo real.

Dentro desta intenção de programação da produção, KERR e EBSARY (1988) explicam que, se a intenção é substituir totalmente o “programador”, então deve ser adotada uma tecnologia para a representação do conhecimento mais avançada, utilizando sistemas capazes de auto-ajustar seus conhecimentos de forma a adaptarem-se às mudanças, ajustando para isto suas próprias heurísticas. Sistemas deste tipo já são estudados e chamados de Sistemas Especialistas de Segunda Geração. No entanto, se a intenção é apenas dar apoio ao programador, que irá decidir dentre várias alternativas, então sistemas mais simples de conhecimento podem ser empregados. A introdução de técnicas de Tecnologia de

Grupo (TG) e Sistemas Flexíveis provocarão simplificações no processo, o que futuramente poderá viabilizar a total automação da programação da produção.

DUCHESSI e O'KEEFE (1990) salientam que, mesmo com a existência de diversas técnicas e heurísticas para otimizar o planejamento da produção, a pouca confiabilidade, os altos custos e a excessiva necessidade de informação são alguns dos motivos que levam à baixa utilização das mesmas, e dentro deste contexto, os sistemas especialistas tornam-se uma alternativa viável. Os autores propõem um sistema baseado nas regras e heurísticas tradicionais de planejamento, que não garante uma solução ótima, porém é de fácil utilização. O sistema sacrifica o objetivo de otimização concentrando-se em padrões aceitáveis de programação.

No entanto, WU e WYSK (1990) mostram que a filosofia aplicada pelos Sistemas Especialistas pode não ser suficiente para resolver problemas em **Tempo Real**, devido a razões como:

1. o domínio do conhecimento de controle e programação é muito específico de cada sistema;
2. os sistemas existentes baseiam-se em informações do histórico do sistema, e seus procedimentos de inferência também se baseiam neste histórico;
3. a maioria dos sistemas especialistas aplica procedimentos heurísticos complicados, o que cria programas rígidos, exigindo memória e tempo de computador, limitando-o a que possa trabalhar em tempo real;
4. algumas metodologias adotadas nos sistemas especialistas existentes ignoram as possíveis restrições que existem no sistema físico, e podem criar programas irreais;
5. a maioria dos "softwares" existentes restringem-se a usar um controle particular de busca, que é mais difícil de gerenciar e menos flexível.

O maior problema do processamento em tempo real, segundo PIERREVAL e RALAMBONDRAINY (1990), está em obter o conhecimento. A proposta dos mesmos é utilizar técnicas de aprendizado da inteligência artificial para simular resultados, o que permite encontrar um conjunto de regras que

podem ser inseridas em uma base de conhecimento para a manufatura ou controle, a qual pode ser atualizada pelo usuário diariamente assim que este encontre melhores soluções.

Tão importante quanto trabalhar com as informações geradas pelo sistema de manufatura, é formar um sistema de informação integrado onde toda a empresa seja vista como um único sistema, devendo a informação estar disponível e ser comum a todos os departamentos da fábrica. Dentro deste conceito, surgem várias tecnologias, e a escolha da tecnologia correta também irá determinar o sucesso ou fracasso da empresa. O mercado nos fornece inúmeras soluções e, quase sempre, uma melhor que outra. Na ansiedade de vender seus produtos, os fornecedores prometem tudo, mas nem sempre “o tudo” é conseguido, resultando uma grande frustração do cliente e usuário.

Por isso, é importante admitir o sistema de manufatura como um sistema de informações integradas, mas também é muito importante, e normalmente deve ser o primeiro passo, saber qual informação é necessária e para que. Do contrário, navegar-se-á num “mar” de informações que para nada servirão. Por outro lado, a carência de informações pode impossibilitar a tomada de decisões importantes pela gerência, ou retardá-las demais, o que certamente irá acarretar perdas de pontos no acirrado mercado competitivo.

Concluindo, pode-se definir, então, um sistema de manufatura ideal como aquele que se espelha num sistema de informação integrado, definido na hora e no lugar certos. As empresas que já conseguem se encaixar dentro dessa configuração também começam a se distanciar das outras, que devem pensar logo em correr atrás do prejuízo, antes que seja tarde.

2.4. O computador como ferramenta de trabalho

O aumento da utilização de computadores e principalmente de microcomputadores é uma tendência prevista por diversos autores e que vem se confirmando com o passar dos anos devido às facilidades, rapidez e segurança proporcionadas para controlar previsões, vendas, estoques, produção, chão-de-fábrica, projeto, entre outras funções, principalmente contando com o constante aumento do poder de processamento das máquinas e a redução de seus preços.

LEHTIMÄKI (1987) já defendia que o desenvolvimento da tecnologia permitiria que se utilizassem microcomputadores de forma unitária, em rede, ou até mesmo como terminais inteligentes de sistemas de grande porte.

A utilização de microcomputadores no chão de fábrica data de 1984, quando a IBM utilizou um micro baseado no “chip” Intel 8088, utilizando um “software” semelhante ao Lotus 123, conforme MARTIN (1989) aponta em seu trabalho. Hoje, PCs (Personal Computers) têm sido utilizados para as mais diversas atividades, como controlar e carregar CLPs (Controlador Lógico Programável), extrair dados estatísticos de produção e qualidade, controlar robôs, ou ainda programar estações com CN. Os PCs têm estado presentes em vários setores das empresas, como almoxarifados, expedição, no auxílio ao controle de manutenção preventiva em ferramentas, movimentação de materiais, controle de produção, entre outros.

Além de controlar equipamentos, os PCs podem ser ligados a redes, de onde irão extrair e tornar disponíveis a operadores e supervisores dados de trabalhos em processo, qualidade, programação, alocação de ferramentas e pessoas, entre outros. A tendência de aumento da participação de PCs é incrementada pela facilidade de uso, flexibilidade, custos mais acessíveis e pela necessidade de melhorar a comunicação nas empresas, tarefa executada pelos PCs com facilidade, diz MARTIN (1989).

COCHRAN e LIN (1992), com vista na utilização dos computadores no auxílio ao chão-de-fábrica, enfoca a possibilidade de se desenvolverem modelos matemáticos implementados em computadores simples trabalhando em tempo real, onde é possível obter informações sobre tarefas prioritárias e datas de término, tão bem quanto como se estivéssemos trabalhando em um sistema de montagem regularizado, propiciando uma grande ferramenta de apoio aos gerentes na tomada de decisões.

A tarefa mais rigorosa, quando se trata de novos projetos ou de novas técnicas de manufatura segundo OLIVER (1989), está na investigação dos caminhos que levarão aos melhores resultados da implantação, pois o computador através de simulações permite que vários caminhos sejam testados antes de se adotar algum. O autor diz ainda que visitas a expositores, indústrias e discussões com consultores também são importantes para traçar estes caminhos.

Por mais simples que seja, um sistema computadorizado bem desenvolvido trará benefícios maiores que um sistema manual, que não exigirá necessariamente equipamentos extremamente caros, interfaces gráficas, multimídia, etc. Para uma grande parte de pequenas empresas, equipamentos individuais como os micros baseados em processadores 80286 e impressoras matriciais, considerados já obsoletos, rodando "softwares" já consagrados como planilhas eletrônicas semelhantes ao Lotus 123, editores de texto como Word, Wordstar ou Word Perfect, bancos de dados padrão Xbase como Clipper, Dbase ou Fox, editores gráficos como Flow Charting ou Formax, entre centenas de outros aplicativos disponíveis no mercado e que podem ser adquiridos a baixos preços, inclusive "softwares" dedicados, podem rodar bem em equipamentos do tipo citado, e que inclusive rodam até hoje em equipamentos mais poderosos em grandes empresas. Tais aplicativos e máquinas permitirão, na mão de pessoas preparadas, que se consiga trazer informações mais rápidas e seguras e com melhor apresentação, possibilitando às pequenas empresas organizar-se de uma forma que ainda não conseguiram manualmente e, assim também, preparar-se para sistemas maiores, mais poderosos e com mais recursos, porém que exigem maiores investimentos.

O computador, como já ressaltado por diversas vezes, é uma ferramenta, ou seja é um instrumento que tem a função de auxiliar o homem na execução de um determinado trabalho, e como toda ferramenta, para que traga os efeitos esperados, precisa ser corretamente utilizada; do contrário, seu retorno pode ser bem diferente do esperado. Alguns autores, como BYRD e HAUSER (1991), falam da importância dos recursos humanos existentes nas empresas cuja importância costuma ser negligenciada. São os fatores humanos que farão que novas técnicas e ferramentas levem as empresas a obter o sucesso ou o fracasso. Portanto, a introdução de uma nova técnica ou ferramenta tem que estar integrada com os fatores humanos.

Capítulo 3

Evolução dos Sistemas de Informação Voltados ao Controle da Manufatura

3.1. O PCP convencional

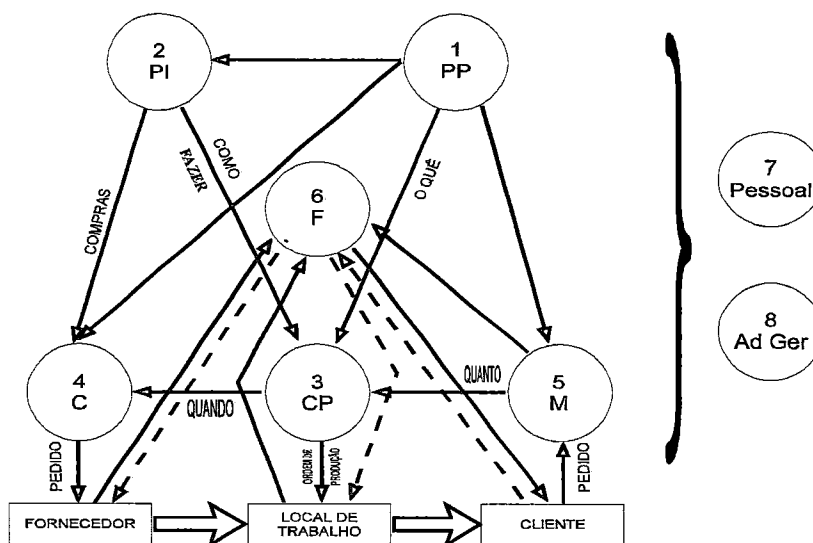
Embora a aplicação pura de métodos convencionais para se realizar o Planejamento e Controle da Produção (PCP) esteja cada vez mais em desuso, a grande maioria das técnicas atuais é baseada nos métodos convencionais aplicados geralmente em computador, utilizando modelos matemáticos para que se possam descrever melhor os alvos logísticos como diversificação de produtos, "lead-time", programação, estoques, capacidade e suas inter-relações. WIENDAHL (1993) aponta o PCP como o bloco central de novos conceitos como JIT e CIM, e logísticas que procuram reestruturar a produção industrial.

Para entender a importância e abrangência do PCP, podemos analisar a tabela 3.1 proposta por BURBIDGE (1990), que agrupa as centenas de tarefas de gerenciamento executadas na fábrica, dentro de oito funções principais, que formam, por sua vez, uma classificação primária da ciência do gerenciamento da produção. A tabela 3.1 descreve as funções, quais controles executam, suas entradas e saídas. BURBIDGE (1990), em complemento à tabela 3.1, apresenta a figura 3.1, que mostra o fluxo de material, dinheiro e dados entre as funções, locais de trabalho e clientes da empresa.

Tabela 3.1 - Funções de Gerenciamento

Fonte: BURBIDGE (1990: 04)

FUNÇÃO	TIPO DE TAREFA	CONTROLES	ENTRADAS	SAÍDAS
PROJETO DO PRODUTO	Projeta o estado final do produto.	Controle da qualidade	Idéias, pesquisas de mercado	Lista de materiais, desenhos
PLANEJAMENTO INDUSTRIAL	Planeja como o produto será fabricado.	Controle de processo, manutenção	Lista de materiais, desenhos, previsão de vendas	"layout", tempos de operação, ferramental, roteiros
COMPRAS	Planejamento de fontes, realiza contratos com fornecedores.	Acompanhamento de compras	Liberção de programas de compras	Ordens de compra
"MARKETING"	Descobre e ou desenvolve mercados. Vendas e distribuição	Controle de vendas	Ordens de venda	programas e confirmação de vendas
FINANÇAS	Planeja investimentos, ganhos e fluxo de caixa	Controle orçamentário, custos padrão	Programações anuais, entradas e saídas bancárias	orçamentos, contabilidade, balanço
PESSOAL	Planeja condições de contratação, benefícios sociais, treinamento e promoções	Méritos, freqüências	Salários, demitidos, promovidos, afastados	Lista de funcionários, condições de contratação
PROCESSAMENTO DE DADOS	Planeja processo de troca e armazenamento de informações	Controle de dados	projeto do sistema produtivo	"Software"



LEGENDA:

1. PP - PROJETO DO PRODUTO
2. PI - PLANEJAMENTO INDUSTRIAL
3. CP - CONTROLE DA PRODUÇÃO
4. C - COMPRAS
5. M - MARKETING
6. F - FINANÇAS
7. PESSOAL - PESSOAL
8. Ad Ger - ADMINISTRAÇÃO GERAL



FLUXO DE MATERIAIS



FLUXO DE INFORMAÇÕES



FLUXO DE DINHEIRO

Figura 3.1 - Sistema arterial de fluxo

Fonte: BURBIDGE (1990: 04)

Para ser competitiva hoje, as empresas necessitam de novas formas de organização, envolvendo delegação de decisões operacionais ao chão-de-fábrica, divisão de algumas responsabilidades funcionais entre grupos produtivos e uso de grupos multidisciplinares de planejamento e controle. Embora a maioria das tarefas de cada função possua uma certa independência, é importante lembrar que estas funções independentes fazem parte de um sistema maior que constitui a empresa como um todo, e toda decisão tomada em qualquer uma das funções irá afetar os resultados de uma ou mais das outras funções. Para obter resultados ótimos, as tarefas funcionais devem estar reguladas de forma que sejam suportadas pelas estratégias e políticas adotadas pela administração geral, visando maximizar a eficiência da empresa como um todo, complementa BURBIDGE (1990).

O Controle da Produção é definido como uma função gerencial de controlar e regular o fluxo de materiais pelas rotas entre os postos de processamento de materiais, e todo sistema produtivo necessita dele. Sua variação depende da complexidade do produto a ser feito. Segundo BURBIDGE (1990), os processos tradicionais programam ou planejam as datas de início e término dos serviços em três fases:

- a) programação,
- b) emissão de ordens e
- c) liberação.

O Controle da Produção também pode ser dividido em outras três fases:

- a) acompanhamento da produção,
- b) controle de cargas e capacidades e
- c) controle de inventário.

Juntas, estas fases formam as seis principais divisões da Programação e Controle da Produção, completa BURBIDGE (1990).

De forma a identificar como as diferenças no tipo de produção afetam a escolha do sistema de controle da produção, BURBIDGE (1990) propõe duas classificações que podem ser combinadas em doze tipos principais (ver tabela 3.4), das quais três são irrelevantes e podem ser desprezadas. A primeira

classificação divide a produção em quatro tipos de acordo com a variação de materiais utilizados e a variação obtida de produtos acabados, conforme pode ser visto na tabela 3.2 a seguir:

Tabela 3.2 - Classificação do sistema de produção segundo diversidade de materiais de entrada e saída de produtos

Sistema de Produção	Diversidade	
	Material / matéria-prima	Produto acabado
Processo	baixa	baixa
Implosivo	baixa	alta
Nivelado	alta	alta
Explosivo	alta	baixa

Conforme a tabela 3.3 a segunda classificação é dividida em três tipos de acordo com o processo de fabricação utilizado nas indústrias:

Tabela 3.3 - Classificação segundo processo de produção

Processo de Fabricação	Características
Produção por Encomenda ou de Projetos	Fabrica produtos especiais sob encomenda, de grande porte ou complexos, em quantidade única ou lote único. Requer administração específica por ser uma situação nova.
Produção em Lotes ou Intermitente	Fabrica produtos repetidos em lotes intermitentes de produtos variados. Necessita de planos de produção que visem a integração dos lotes entre si, de forma a aumentar a eficiência.
Produção Contínua	Fabrica ainda produtos repetidos, porém em grande quantidade e continuamente. As máquinas e postos de trabalho são organizados em linhas de forma a permitir um fluxo contínuo de material entre eles.

Finalmente, na tabela 3.4, é apresentada a matriz de combinação dos dois tipos de classificação, diversidade X processo de produção, segundo BURBIDGE (1990):

Tabela 3.4 - Tipos de produção e exemplos

Fonte: adaptado de BURBIDGE (1990: 05)

Tipos de Ordem	Processo Fabricação	Diversificação materiais X produto			
		Processo	Implosivo	Nivelado	Explosivo
Programa Longo Prazo	Sob Encomenda	●	⊙	⊙	○
Programa Curto Prazo		●	○	○	○
Ordem de Fabricação		●	●	●	○
Ordem de Compra		●	○	○	○
Liberação		●	○	○	○
Programa Longo Prazo	Lotes	⊙	⊙	⊙	○
Programa Curto Prazo		⊙	○	○	○
Ordem de Fabricação		○	●	●	○
Ordem de Compra		○	○	○	○
Liberação		●	○	○	○
Programa Longo Prazo	Contínuo	⊙	●	●	○
Programa Curto Prazo		⊙	●	●	○
Ordem de Fabricação		●	●	●	○
Ordem de Compra		○	●	●	○
Liberação		●	●	●	○

legenda:

- Necessário
- Não necessário
- ⊙ Programado em unidades gerais: peso, comprimento, volume ou dinheiro

3.1.1. Níveis do Planejamento e Controle da Produção

Didaticamente, o PCP pode ser dividido em alguns níveis, que trabalhando em conjunto, permitirão à empresa alcançar seus objetivos de produção. Tais níveis são descritos a seguir:

1. Programação

A programação é o primeiro nível do PCP, e gera o Plano Mestre de Produção (PMP), que determina as quantidades e datas de entrega de produtos acabados a serem produzidos numa série futura de tempo, com vista na capacidade de produção e previsão de vendas. Tal plano varia de acordo com o tipo de processo produtivo. Em indústrias explosivas, são mostradas as quantidades de produtos acabados a serem montados; em indústrias implosivas, são mostradas quantidades a serem produzidas em unidades gerais, como peso, volume ou comprimento; e em indústrias de processo, são mostradas quantidades discretas a serem produzidas.

O horizonte de tempo do plano busca variar de acordo com a necessidade. Para fazer os programas financeiros, contratos de compra com os fornecedores e outros planos de longo prazo, são necessários programas com um horizonte de tempo de um ano ou mais; porém, para as áreas de produção ou montagem, este horizonte precisa ser dividido em séries de tempo mais curtas, que deverão ser atualizadas, quando possível, semanalmente, expõe BURBIDGE (1990).

GIESBERTS (1991) destaca a importância do Plano Mestre de Produção em comparação a quando as demandas eram calculadas através de previsões. Com o aumento da variedade dos produtos, as previsões tornaram-se mais difíceis, e em contrapartida, com a evolução dos computadores, atualizações mais rápidas tornaram-se possíveis, e a demanda passou a ser obtida a partir do Plano de Produção, através da introdução das Ordens Planejadas Firmes. O conjunto de Ordens Planejadas Firmes dá origem então ao Plano Mestre de Produção. O Plano Mestre de Produção transformou-se numa função organizacional que coordena a Produção e Marketing, e leva a companhia a bons fluxos de controle de decisões.

2. Emissão de Ordens

A emissão de ordens é o segundo nível do PCP, e tem a função de regularizar o suprimento de materiais comprados e fabricados de forma a atender o programa de produção. Em sistemas de fabricação sob encomenda, a maioria dos materiais utilizados é especial para cada ordem e portanto a quantidade de material a ser comprada é exata para cada uma. O método de emissão de ordem é por produto ou projeto.

Em produção contínua ou em lotes, os produtos são repetitivos, portanto outros métodos de emissão de ordem são possíveis de ser utilizados, como os sistemas de estoque base. Exemplos deste sistema são os sistemas de Estoque Mínimo, kanban, MRP e os Sistemas de Lotes de Quantidade Econômica.

3. Liberação

O terceiro nível do PCP é a Liberação, definida por PHILIPOOM e FRY (1990) como o processo de determinar qual serviço de uma fila de espera será processado dentro de uma fábrica, e tem como objetivo minimizar o nível de estoque e maximizar a "performance" das datas de entrega.

A liberação não trata simplesmente de expedir ordens, mas de garantir condições prévias para a execução das mesmas. Dentre o conjunto de funções da liberação, temos:

- verificação da disponibilidade de materiais, ferramentas e instruções técnicas, e sua disponibilidade ao usuário;
- decisão sobre a seqüência de processamento das ordens de fabricação;
- distribuição ordenada das vias componentes da ordem de fabricação;
- coleta de informações para controle.

O estudo da programação já tem como foco há longo tempo as regras de liberação, buscando os objetivos citados anteriormente, sob critérios e variações de chão de fábrica. PHILIPOOM e FRY (1990) observaram, através de vários estudos de casos, que, com o objetivo de garantir uma ampla aplicação dos resultados obtidos por tais regras, alguns cuidados adicionais vêm sendo tomados. Um deles é separar o sistema de produção em dois tipos:

- produção aberta: é capaz de processar serviços em um roteiro qualquer de fabricação;
- produção fechada: só é capaz de processar serviços dentro de roteiros fixos.

Outro está relacionado ao tratamento dos gargalos. Algumas suposições feitas em estudos anteriores consideravam que todas as máquinas eram utilizadas igualmente, o que não é realidade na prática. Prova disto são os gargalos que acabam surgindo freqüentemente nas indústrias e que afetam bastante as regras de liberação. Para aumentar a complexidade, estes gargalos costumam ainda mudar de máquina para máquina, embora algumas máquinas continuem sendo mais gargalos do que outras.

MELNYK, VICKERY e CARTER (1986), que também apontam as regras de liberação como importantes agentes no sentido de determinar qual o melhor fluxo para as ordens de fabricação dentro da empresa, dizem que, embora tais regras estejam recebendo a atenção de muitos pesquisadores, os resultados apresentados por tais estudos têm tido pouco impacto no comportamento dos profissionais da área. Estes autores já dedicaram parte de seu tempo estudando o modo de trabalho de tais profissionais, buscando identificar quais os fatores considerados críticos e que não são conhecidos ou não têm ênfase na literatura.

Dentre as falhas detectadas, algumas são apontadas pelos usuários, que acreditam que os pesquisadores tratam dos problemas errados, apresentam soluções muito complexas, ignoram realidades do chão-de-fábrica e usam termos muito técnicos. Porém a principal falha, segundo MELNYK, VICKERY e CARTER (1986), está no fato de os pesquisadores verem a liberação como uma atividade isolada, uma vez que para os profissionais da área, ela é uma atividade que deve ser tratada juntamente com as outras do sistema de planejamento onde atua.

A liberação pode tornar-se bastante complicada quando em um sistema de produção por encomenda, com "layout" funcional, utilizam-se os métodos convencionais de forma manual. Neste caso, BURBIDGE (1983) relaciona um conjunto de documentos típicos que serão utilizados pelo liberador, também ilustrado na figura 3.2:

1. uma ordem de fabricação para cada componente;
2. uma cópia da ordem conhecida como cópia de controle;
3. uma requisição de material;
4. um cartão de "inspeção volante";
5. uma ficha de acompanhamento;
6. cartões de mão-de-obra, um para cada operação;
7. ordens de movimentação do material para cada operação;
8. ordem de movimentação de ferramentas para cada operação.

Na produção contínua, a liberação é bastante simples, uma vez que a seqüência das operações não varia ou varia muito pouco, quando da mudança dos produtos a serem fabricados; além de que não existem grandes variações de produtos ou processos. Na produção em linha, a dificuldade pode ocorrer apenas na montagem, onde será necessário coordenar as entregas de subconjuntos provenientes de diversas áreas da empresa. As tarefas de liberação são executadas normalmente por especialistas de cada departamento. Em linhas organizadas por produtos, a liberação é geralmente delegada à linha ou grupo. A tarefa mais difícil é a programação da operação, que pode contar com ferramentas de auxílio como gráficos de Gantt, painéis de planejamento e, atualmente, com computadores.

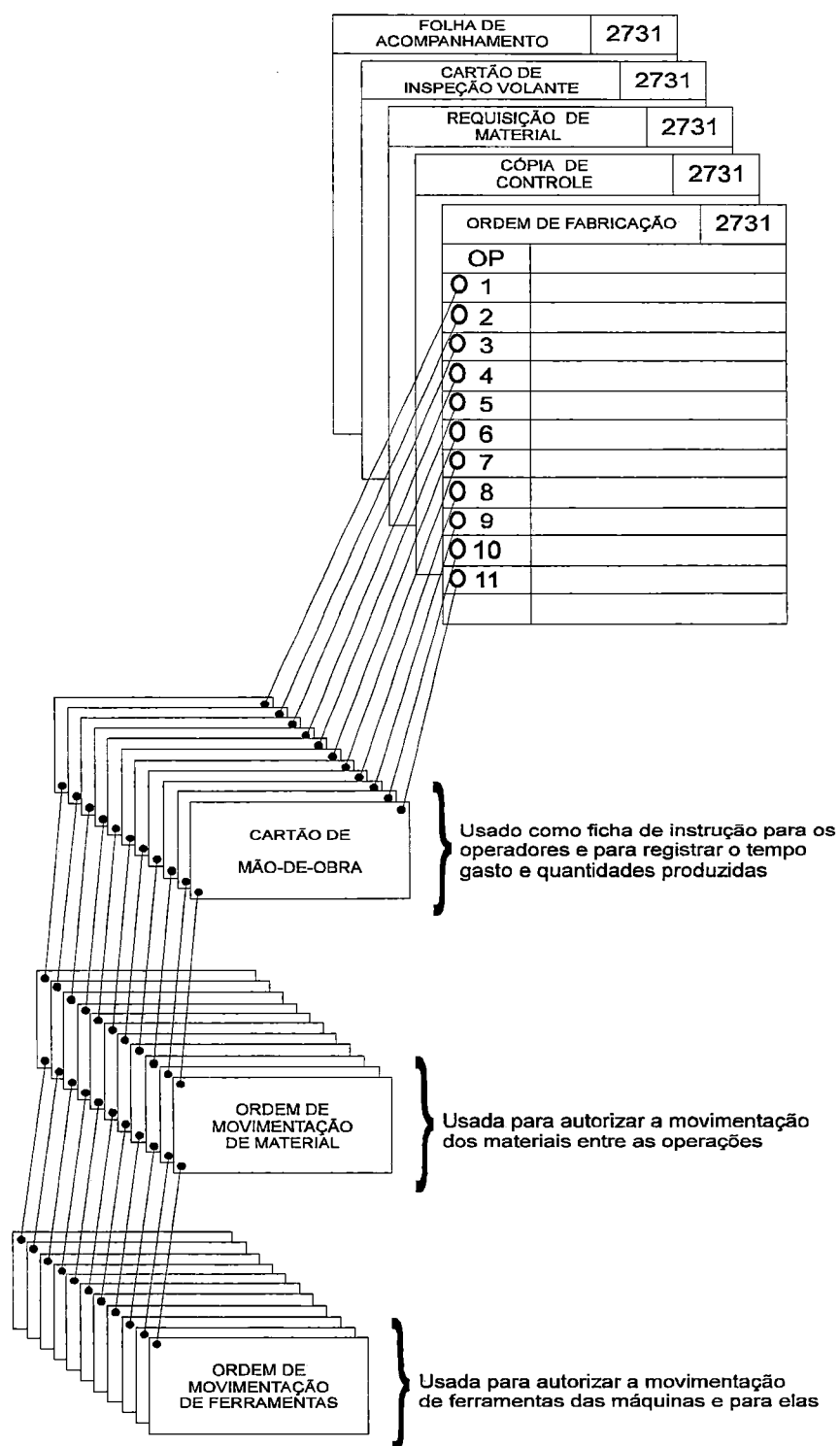


Figura 3.2 - Conjunto de documentos típicos usados pelo liberador na produção em lotes

Fonte: BURBIDGE (1983: 456)

4. Controle

O processo de controle, na maioria das empresas, é coberto por rotinas de monitoramento que medem os resultados e os comparam com o planejado, retornando à gerência as variações significativas para que possam ser feitas as correções necessárias, e assim retornar às condições planejadas. No controle da produção, são utilizados três controles principais, segundo BURBIDGE (1990).

- 4.1. Acompanhamento da produção: monitora as transformações de materiais, comparando os resultados com os planos contidos nos programas, ordens e programas de operações. Em sistemas organizados por processo, o controle pode ser centralizado, e em sistemas organizados por produto, ele pode ser delegado ao grupo de trabalho.
- 4.2. Controle de cargas e capacidades: este controle monitora a carga de horas alocadas a homens, máquinas e grupos de máquinas, compara com a capacidade disponível para cada caso e determina o grau de sobrecarga ou subutilização. O principal objetivo deste controle é garantir que os programas e ordens emitidas possam ser concluídas com êxito, e o objetivo secundário é propiciar dados para se planejarem futuras alterações de capacidade em mão-de-obra e equipamentos e também para se fazerem ajustes para flutuações de curto prazo.
- 4.3. Controle de inventário: é utilizado para controlar o nível de investimento dentro da companhia através da comparação do investimento atual com o montante de capital disponível para investimento. O controle de inventário concentra-se principalmente nos investimentos realizados em estoque. A principal causa do excesso de estoque nas indústrias vem do conceito de que a produção é mais econômica quando todas as máquinas trabalham o tempo todo. Na prática, porém, poucas são as máquinas gargalos que devem trabalhar o tempo todo; caso contrário, haverá uma "inchaço" principalmente nos estoques intermediários e nos custos, além do risco de este excesso de estoque vir a tornar-se obsoleto.

Através da análise do chamado PCP convencional, é fácil visualizar que dentro de uma empresa com alguma diversidade na sua linha de produtos, existem dificuldades inerentes a esta forma de trabalho e restrições a uma integração, via planejamento de materiais, das ordens de fabricação, estudo de carga e plano de produção. Isso sem falar na falta de flexibilidade quando se tornar necessária uma reprogramação devido a circunstâncias diversas como falta de componentes, cancelamentos de pedidos por clientes, quebra de equipamentos, etc. Assim, a busca de novas alternativas que permitam maior flexibilidade, eficiência e redução de desperdícios é sempre constante.

3.2. Em busca de novas alternativas

A busca de novas alternativas em todas as áreas de atuação dentro e fora das empresas deve sempre ser uma constante. O mercado consumidor e a concorrência não param. Novos produtos são lançados diariamente bem como são desenvolvidos novos equipamentos, processos, e pesquisadas técnicas que resultem em melhor desempenho. Algumas novas alternativas surgidas nos últimos anos com este intuito são discutidas a seguir.

3.2.1. Flexibilidade é a palavra de ordem

Uma reconfiguração da manufatura, tanto nos requisitos quanto no próprio processo, torna-se necessária para que se possa ter capacidade de atender as necessidades do mercado. Esse tipo de afirmação vem sendo feita por diversos autores como FRY, WILSON e BREEN (1987) e VONDEREMBSE e WOBSE (1987), que procuram relatar quais são os caminhos a serem seguidos. Assim, técnicas de auxílio ao planejamento e gerenciamento como MRP, MRP II, OPT, TG, JIT, FMS e CIM, surgiram ao longo do tempo, com o objetivo de responder melhor às mudanças impostas pelo mercado. O advento do computador causou uma dramática mudança na maneira de fazer o controle e planejamento da produção e na busca de respostas aos problemas. Um grande número de sistemas baseados em computadores surgiu nos últimos trinta anos. O que antes era feito manualmente através das técnicas de ponto de reposição e classificação ABC, entre outras, foi inovado por fabricantes de computadores, que iniciaram o

controle de estoques através de sistemas computadorizados, conforme explica PTAK (1991).

O PCP, conforme já foi visto, tem como principais funções:

- determinar a necessidade de produtos baseado em pedidos ou previsões;
- planejar as necessidades de materiais;
- controlar os estoques;
- programar e sequenciar as operações;
- planejar e balancear as capacidades;
- liberar as ordens, e
- controlar a *performance* e tomar ações corretivas.

Na prática, existem diversas formas de realizar o PCP, que fazem uso desde conceitos convencionais até conceitos como MRP II, JIT, OPT, entre outros. Características como estrutura do produto, variedade dos produtos, volume de produção, flutuação da demanda, tecnologia de fabricação, entre outras, irão determinar qual a melhor forma e conceito a utilizar para realizar o PCP. A escolha do sistema de PCP a ser utilizado é, portanto, muito individual na maioria dos casos, e pode levar inclusive a uma combinação das técnicas, conclui PTAK (1991).

Para KRAJEWSKI (1987), entre os elementos significativos capazes de melhorar a "performance" dos ambientes de manufatura estão tamanho de lote, tempo de "setup", flexibilidade da força de trabalho, e estrutura do produto. Trabalhar estes elementos de forma a reestruturar o ambiente de manufatura é a chave para melhorar a sua "performance".

Desta forma, muitos estudos foram desenvolvidos em busca de uma solução que apresentasse resultados mais eficientes e que permitissem uma maior eficácia das empresas. A flexibilidade tornou-se palavra de ordem, e como dizem LILES e HUFF (1990), um sistema de programação apropriado deve ser desenvolvido de forma a explorar a flexibilidade dos equipamentos, onde a estratégia está no conceito de programar o processo de manufatura e não a manufatura do produto. A manufatura deve mudar o foco de sua atenção, que está centrado no produto, para os recursos necessários à fabricação deste

produto, onde a estrutura de programação deve ser tão dinâmica quanto os recursos que controla.

CORRÊA (1993) fala também da importância da flexibilidade devido principalmente ao ambiente turbulento em que as empresas vêm atuando com concorrência mais competente, ciclos de vida dos produtos mais curtos, demanda variável, entre outros. As empresas serão obrigadas a ter uma capacidade maior de resposta às mudanças ambientais, e uma nova ênfase deverá ser dada ao critério de flexibilidade devido ao desenvolvimento de novas tecnologias de processo, que, muitas vezes, encontram-se subutilizadas devido à taxa de desenvolvimento tecnológico.

A flexibilidade tem sido estudada qualitativa e quantitativamente nos sistemas de manufatura dentro de categorias como máquinas, centros de processamento, serviços, roteiros, informações, condições ambientais, necessidades de processo, "lead-time" e modelos matemáticos. No caso de uma máquina ou um grupo de máquinas, BRILL e MANDELBAUM (1990) abordam a flexibilidade em termos da capacidade de resposta quando estas máquinas estão submetidas a um conjunto de tarefas dentro de um ambiente sujeito a mudanças periódicas ou contínuas, onde são considerados também o conjunto de tarefas, seu grau de importância e níveis de eficiência obtidos na execução destas tarefas.

3.2.2. Alternativas promissoras

ANTUNES, NETO e FENSTERSEIFER (1989), através de uma comparação entre as filosofias de administração tradicional e algumas novas filosofias de gerenciamento da produção, mostram que os sistemas tradicionais estão normalmente organizados em seções por processo. Fabricando grandes lotes (lote econômico), e assim constituindo estoques, dependem de previsões tanto para produzir quanto para comprar, caracterizando assim um sistema de empurrar. As novas filosofias de gerenciamento começam a aparecer na década de 60 com o surgimento do MRP e, em seguida, o MRP II. Em meados de 70, surge a filosofia JIT, que estrutura o sistema produtivo de forma a evitar e eliminar todo tipo de perda, como movimentações de materiais desnecessárias, controles indiretos, inspetores de qualidade nas linhas, estoques, entre outros, e assim

caracteriza o sistema de puxar, assim chamado por iniciar o ciclo produtivo do fim para o começo.

Outras conseqüências da filosofia JIT, apontadas por ANTUNES, NETO e FENSTERSEIFER (1989), são a diminuição do "lead-time", aumento da flexibilidade, capacidade de respostas mais rápidas e mudança de "layout" ocupando menos espaço. As técnicas de Kanban, um dos elementos do JIT, formam um sistema de informação visual, simples e de fácil compreensão para controlar a produção. Devido aos resultados alcançados pelos sistemas japoneses de administração da manufatura repetitiva, KRAJEWSKI (1987) diz que os mesmos têm despertado bastante a atenção dos pesquisadores americanos, onde utiliza-se muito o modo de fabricação em lotes apoiado pelo sistema MRP.

Para PLOSSI (1988), a estratégia a ser utilizada nas fábricas do futuro será a aplicação do JIT junto com o CIM. As fábricas do futuro devem ser uma evolução das atuais para que não se cometam novamente os mesmos erros. As mudanças necessárias para desenvolver as futuras fábricas devem ser mais profundas nas áreas de práticas gerenciais, sistemas de informação, movimentação de materiais e arranjo físico. Tecnologia de manufatura, sistemas de planejamento e programação, e tecnologia de projeto de engenharia devem estar envolvidos em direção a uma integração. A principal mudança está no aumento da velocidade de fluxo dos materiais e do dinheiro, o que leva a mais automação computadorizada em todos os departamentos.

Também DROLET, MOODIE E MONTREUIL (1989) defendem a utilização do JIT debaixo de um controle computadorizado nas fábricas do futuro. As tendências das fábricas no futuro, segundo os autores, é ter poucos centros de trabalho dotados de grande flexibilidade e com sistemas automáticos de movimentação de materiais trabalhando com lotes reduzidos. Os autores acreditam nas células de manufatura virtuais como uma necessidade nas fábricas do futuro. Tais células não possuem um grupo físico de estações de trabalho fixo, mas sim arquivos de dados de processos dentro de um controlador. Uma vez selecionada uma ordem de trabalho, a célula virtual é criada, e as partes são movimentadas entre os centros de trabalho como em uma seqüência linear.

Os sistemas de controle em tempo real também recebem destaque de MANSHIP (1989), que diz que a arma para diminuir os custos e aumentar a produtividade está no controle dos eventos que ocorrem no chão de fábrica. Estas

informações devem estar acessíveis aos gerentes e supervisores, e o uso de um sistema de coleta de informações em tempo real suportado por computadores torna possível um controle de alto nível, que atuará através:

- da ajuda para detectar gargalos de produção;
- do fornecimento de avaliações precisas da “performance” dos trabalhadores;
- da eliminação de relatórios da produção em papel, liberando o supervisor para concentrar-se nas tarefas de manufatura.

Técnicas como MRP II e JIT obtêm sua melhor “performance” quando alimentadas com informações de tempo real, pois elas comparam dados passados com os eventos atuais para preverem o futuro, finaliza MANSHIP (1989).

COCHRAN (1992) destaca a importância da utilização de sistemas em tempo real nos inevitáveis casos de formação de filas, como quando chega um produto até o posto de trabalho e a máquina não está disponível. A regra normalmente utilizada para o processamento da fila que se forma é a “FIFO”, que significa “o primeiro que chega é o primeiro que sai”. No planejamento e controle da produção, as decisões normalmente são tomadas com base na “performance” dos sistemas, considerando-se situações estáticas, e a falta de informações dinâmicas pode levar a tomadas de decisões incorretas. Problemas como quebra de equipamentos, falta de material para processamento e produtos prioritários, levam a atrasos na entrega dos produtos e a aumento de custos; desta forma, o uso de sistemas de trabalho em tempo real propiciará uma grande ferramenta de apoio aos gerentes na tomada de decisões.

Na busca de novas alternativas, FAVARETTO et al (1993), apresentam o conceito de Planejamento Fino da Produção como solução para a deficiência dos sistemas MRP II, que apresentam grande eficiência no gerenciamento de materiais mas nem sempre bons resultados na programação da produção. É essencial que fatores como capacidade finita da produção, o carregamento do recurso produtivo levando em conta esta capacidade, tempos de fabricação precisos, capacidade de reação rápida frente às flutuações, e variações da produção no chão de fábrica sejam considerados no sistema de programação. Os autores apresentam os sistemas de Planejamento Fino da Produção (PFP) como ferramentas de auxílio ao planejamento da produção, de forma que esta

programação seja feita de modo interativo, permitindo simulações e reprogramações devido a ocorrências no chão-de-fábrica, considerando os fatores anteriormente citados.

O PFP permite uma implementação em computador da programação manual, como os Gráficos de Gantt, programando a produção de forma que o próprio processo produtivo determine sua programação e também controle o programa criado, representando a primeira interação homem / máquina para a programação da produção. BREMER, MELLO E ROZENFELD (1992) dizem que o MRP localiza-se como planejador da produção em nível mais macro, e o conceito do PFP representa um passo em direção à integração das funções da manufatura (CIM).

3.3. Implantação de novas técnicas

BURBIDGE et al (1987), afirmam que é necessário um amplo conhecimento dos vários aspectos e partes que compõem a organização industrial para que se possa atender as já citadas necessidades do mercado. Uma melhor integração entre as atividades que envolvem a manufatura moderna é um dos fatores já citados, e são muitas as ferramentas que existem neste sentido.

A potencialidade de novas tecnologias e ferramentas aumentarem a competitividade, reduzir custos, estoques, "lead-time" e espaço necessário, conduz a estudos bastante intensos sobre o assunto. Não só os benefícios devem ser relatados, mas também os diversos problemas. Problemas que justifiquem a implantação de novas tecnologias são tão comuns quanto os problemas técnicos oriundos de tais implantações, como os de interfaceamento de "softwares", explica MEREDITH (1987). Devido aos altos custos associados a estas tecnologias e seus impactos, a organização pode ser facilmente levada à beira do caos no caso de erros, fato que justifica o grande interesse em pesquisas.

MEREDITH (1987), preocupado com a qualidade do material existente sobre o assunto, vai até o mais básico estágio de desenvolvimento destas tecnologias, de onde destacou alguns temas em comum entre os vários estudos relatados e os detalhou como postulados, descritos a seguir, que foram comparados com resultados obtidos em algumas indústrias automatizadas. Destes postulados, vários são aceitos como certos, outros dão uma visão que não

coincide com a realidade, e alguns poucos estão certos em um caminho mas incorretos em outros:

1. as tecnologias flexíveis têm um extenso tempo de vida;
2. elementos intercambiáveis dentro da tecnologia propiciam flexibilidade adicional;
3. primeiro deve-se avaliar e melhorar o processo de produção existente;
4. o maior problema técnico existente na implantação é o "software";
5. empresas de grande porte apresentam grande dificuldade de integração na implantação destas tecnologias;
6. a extensiva infra-estrutura necessária para estas tecnologias normalmente é negligenciada;
7. o tempo de implantação é consideravelmente maior de que o esperado;
8. sistemas contábeis e para avaliação devem ser modificados com estas tecnologias;
9. os benefícios técnicos são os maiores benefícios propiciados por estas tecnologias;
10. flexibilidade é uma vantagem importante destas tecnologias;
11. direção estratégica é imprescindível para estas tecnologias;
12. estas tecnologias flexíveis podem parcialmente substituir gerentes;
13. treinamento é indispensável a estas tecnologias;
14. pessoas irão resistir à automação como a qualquer outra mudança;
15. é necessário um comitê de acompanhamento para uma eficiente implantação destas tecnologias.

A importância dos aspectos humanos na introdução de uma nova técnica é lembrada por GUPTA e YAKIMCHUK (1989), que vêem os aspectos humanos como sendo tão fundamentais quanto os aspectos técnicos, os quais podem determinar o sucesso do novo sistema.

Vários autores descrevem regras e procedimentos para se fazer a implantação de novos sistemas com sucesso, baseados principalmente em estudos de casos e, muitas vezes, em técnicas e casos especiais que normalmente podem ser extrapolados para várias técnicas. TATIKONDA e

WEMMERLÖV (1992) apresentam condições aplicadas à TG (Tecnologia de Grupo) mas que podem ser aplicadas a outras técnicas ou filosofias, conforme segue:

- os sistemas devem ser amigáveis;
- os sistemas podem ser comprados desde que os itens a serem controlados tenham uma variedade padrão;
- são necessários suporte gerencial contínuo e manutenção durante a vida do sistema;
- programas-piloto podem trazer grandes benefícios e ajudar na seleção do sistema;
- itens de maior retorno devem ser tratados primeiro.

3.3.1. Dificuldades emergentes na implantação

O motivo de fracasso da implantação de sistemas, técnicas e ambientes também tem merecido muita atenção de pesquisadores, principalmente porque, muitas vezes, todo o investimento feito na nova experiência é perdido se a mesma não for realizada sob alguns critérios. Diversos autores procuram descobrir o que leva a tais fracassos de forma a prever futuros erros e assim eliminá-los, criando algum tipo de regra.

HELMS (1990) diz que muitas mudanças organizacionais falham não por problemas estruturais da nova técnica, mas sim porque, ou faltou conhecimento sobre o novo assunto, ou não houve coordenação adequada para a implantação – e a comunicação é o elemento chave para uma mudança de técnica ou de comportamento. Quanto melhor for a comunicação de uma empresa, melhor será a transição de uma tecnologia ou comportamento.

KERR e EBSARY (1988) durante a implantação de um sistema especialista para programação da produção destacam como principais problemas:

1. dificuldades em se testar o sistema dentro do ambiente real;
2. tempo necessário para absorver-se as informações dentro das mudanças dinâmicas no conhecimento;
3. dificuldade em julgar se as programações produzidas pelo sistema são realmente boas.

Porém um componente essencial em qualquer um desses sistemas é um conjunto de medidores de “performance” que permitam avaliar os progressos obtidos, identificar problemas, e tomar ações corretivas quando necessárias. Esses medidores propiciam as informações para correlacionar o dia-a-dia operacional com as decisões estratégicas da organização, de tal forma que o máximo de benefícios possa ser obtido do planejamento e controle do processo. O problema está em definir o que medir, como utilizar os resultados e quais níveis de *performance* adotar. É muito difícil generalizar uma base para todas as indústrias, pois cada organização deve considerar suas necessidades e objetivo. Mesmo assim, WHARTON e REID (1990), através de um levantamento realizado em 1200 empresas de manufatura, conseguiram identificar oito medidores de uso mais comuns nas atividades de PCP, que são:

1. percentual de conclusão dos planos de produção;
2. conformidade do plano de produção;
3. datas de liberação;
4. performance do “lead-time”;
5. acuracidade das previsões;
6. acuracidade da lista de materiais;
7. “performance” do inventário, e
8. utilização da capacidade.

Os resultados mostraram que a maioria das empresas não estava conseguindo obter os níveis de “performance” padrão e além disso, muitas organizações não estavam medindo a performance de atividades importantes no sistema de PCP. Outra questão importante é saber se os objetivos traçados pelas empresas são realísticos ou não. É responsabilidade de cada organização determinar quais medidas são apropriadas a cada situação, de forma a estabelecer padrões para cada uma delas, e estabelecer um programa para monitorá-los e providenciar as ações corretivas quando necessárias.

BERTRAND e WORTMANN (1992) apontam que, em geral, a principal causa do fracasso da implantação de tais sistemas está na divergência entre a *performance* esperada do sistema padrão escolhido e os requisitos necessários para a implantação do mesmo.

TATIKONDA e WEMMERLÖV (1992), trabalhando com TG, detectam como possíveis causadores de falhas na implantação de novos sistemas:

- falta de conhecimento do custo da deficiência;
- falta de conhecimento das novas técnicas e seus benefícios;
- medo de não conseguir manter o sistema em funcionamento;
- impressão de que o custo de implantação é maior que os benefícios proporcionados;
- o sistema atual é adequado e suficiente;
- organização não apta para implantar o sistema.

3.4. Técnicas mais difundidas

3.4.1. MRP, MRP II

Os sistemas de informação convencionais, conforme vimos, coletam e processam um grande número de informações manualmente, fato que gera uma ineficiência inerente ao sistema e torna difícil uma integração entre as áreas da empresa. Além disso, outras deficiências dos sistemas convencionais estão relacionadas ao fato de os mesmos trabalharem com previsões estatísticas de itens de demanda dependentes e possuírem sistemas de reabastecimento que podem gerar reposições desnecessárias em períodos inativos, pois os mesmos se baseiam no histórico do produto, enquanto o MRP baseia-se na estrutura do produto e no Plano Mestre.

O MRP (*Material Requirements Planning* ou Planejamento das Necessidades de Materiais) e o MRP II (*Manufacturing Resources Planning* ou Planejamento dos Recursos de Manufatura) são os sistemas de administração da produção de grande porte mais implantados no mundo desde os anos 70, garantem CORRÊA e GIANESI (1993), e têm como objetivo permitir o cumprimento dos prazos de entrega dos pedidos dos clientes com a menor formação de estoques, planejando para tal as compras e a fabricação para que ocorram apenas nos momentos exigidos e na quantidade necessária.

Para atender o objetivo acima, em termos simplificados, o funcionamento do MRP II se dá da seguinte forma:

- i. parte-se das necessidades de entrega dos produtos finais (quantidade e datas);
- ii. calculam-se para trás, no tempo, as datas em que as etapas do processo de produção devem iniciar e terminar;
- iii. determinam-se os recursos necessários e suas respectivas quantidades para que se execute cada etapa.

É importante destacar alguns conceitos para um melhor entendimento do funcionamento do MRP e MRP II.

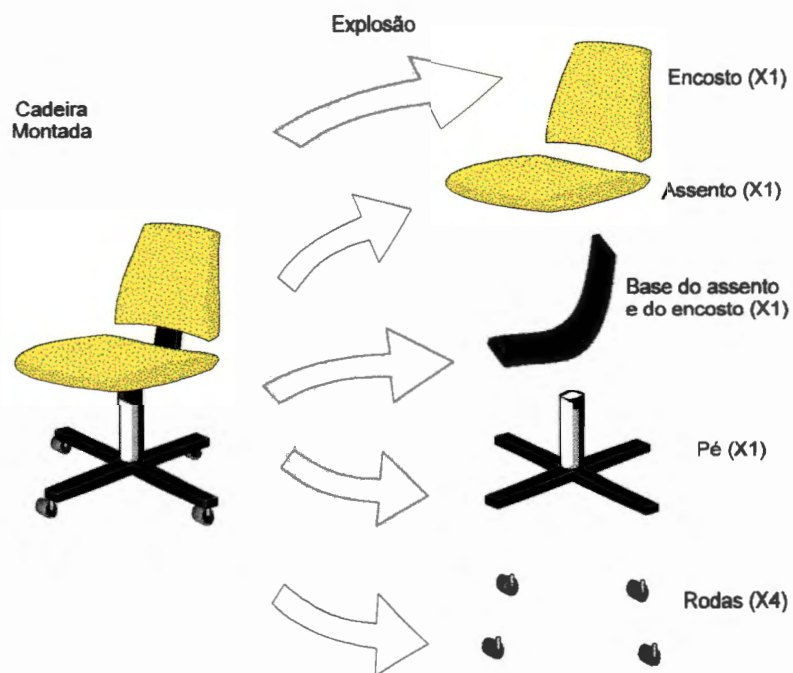
3.4.1.1. Conceitos para utilização dos sistemas MRP e MRP II

1. Demanda independente X demanda dependente

Itens de demanda independente são aqueles cuja demanda independe da de qualquer outro item, como os produtos finais, estando apenas subordinado ao mercado consumidor. Já os itens de demanda dependente são aqueles cuja demanda pode estar vinculada à de algum outro item, como, por exemplo, componentes de um produto final. É nesta diferença que está centrada a lógica do cálculo das necessidades de materiais, utilizada pelo MRP, por exemplo.

2. Lista de Materiais ou Estrutura do Produto

A lista de materiais ou estrutura do produto definem o produto relacionando as partes componentes de cada conjunto e subconjunto. Ela deve informar o estágio de fabricação e a quantidade necessária do item-filho para formar o item-pai. Aqui surgem dois novos conceitos: o de item-pai e de item-filho. O primeiro é um item de estoque, que possui componentes, os filhos, mas que poderão também vir a ser itens-pai de outros itens que sejam seus componentes. A lista de materiais deve ser estruturada e alimentada de forma a garantir que cada item seja inequivocamente identificado e permita uma eficiente manutenção dos arquivos de informação. A figura 3.3 e 3.4 ilustram os conceitos de estrutura de produto, de itens-pai e de itens-filho para um exemplo hipotético de uma cadeira, que aqui é considerada como montada apenas por encaixes.



ESTRUTURA DO PRODUTO (CADEIRA C0105)

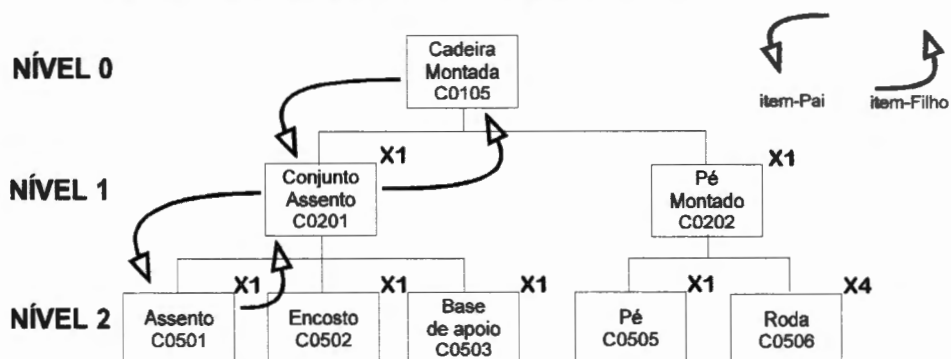


Figura 3.3 - Estrutura do produto, itens-pai e itens-filho

A figura 3.4 mostra a estrutura do produto em forma de lista:

Lista de Material: Cadeira Montada C 0105				Nível 0	
Parte No.	Descrição	Quantidade	Unidade	Nível	
C0201	..Conjunto Assento	1	pç	1	
C0501	..Assento	1	pç	2	
C0502	..Encosto	1	pç	2	
C0503	..Base	1	pç	2	
C0202	..Pé montado	1	pç	1	
C0505	..Pé	1	pç	2	
C0506	..Roda	4	pç	2	

Figura 3.4 -Lista de materiais de vários níveis

3. "Lead-Time"

O "Lead-Time" de um produto é o tempo necessário para a reposição de um produto, compreendido desde a colocação do pedido de compra ou fabricação, até o recebimento do mesmo. Este tempo inclui tempo de fabricação, montagem, trabalho, movimentação e espera.

4. "Status" dos itens em estoque

Dentro do sistema MRP, todo item que entrar ou sair do estoque deve ser registrado no banco de dados do sistema, de forma a representar o "status" atual do item em termos de quantidade e destino. Este é classificado conforme as denominações a seguir:

- QM = Quantidade em mãos
- QE = Quantidade encomendada ou pedidos programados
- QB = Quantidade bruta necessária
- QL = Quantidade líquida necessária
- QP = Quantidade de ordens planejadas
- QD = Quantidade disponível

As equações a seguir determinam a posição do estoque:

- $QD = QM + QE - QP$
- $QL = QB - QD$

3.4.1.2. Módulos do sistema MRP II

Os sistemas de MRP II estão normalmente disponíveis no mercado na forma de sofisticados "pacotes" para computador, e são divididos em módulos que possuem funções diferentes mas que mantêm relações entre si, conforme descrevem CORRÊA e GIANESI (1993). Contudo, cinco módulos principais são comuns na maioria dos "pacotes" devido à sua lógica básica. CORRÊA e GIANESI (1993) descrevem estes módulos, cujas inter-relações são também ilustradas pela figura 3.5:

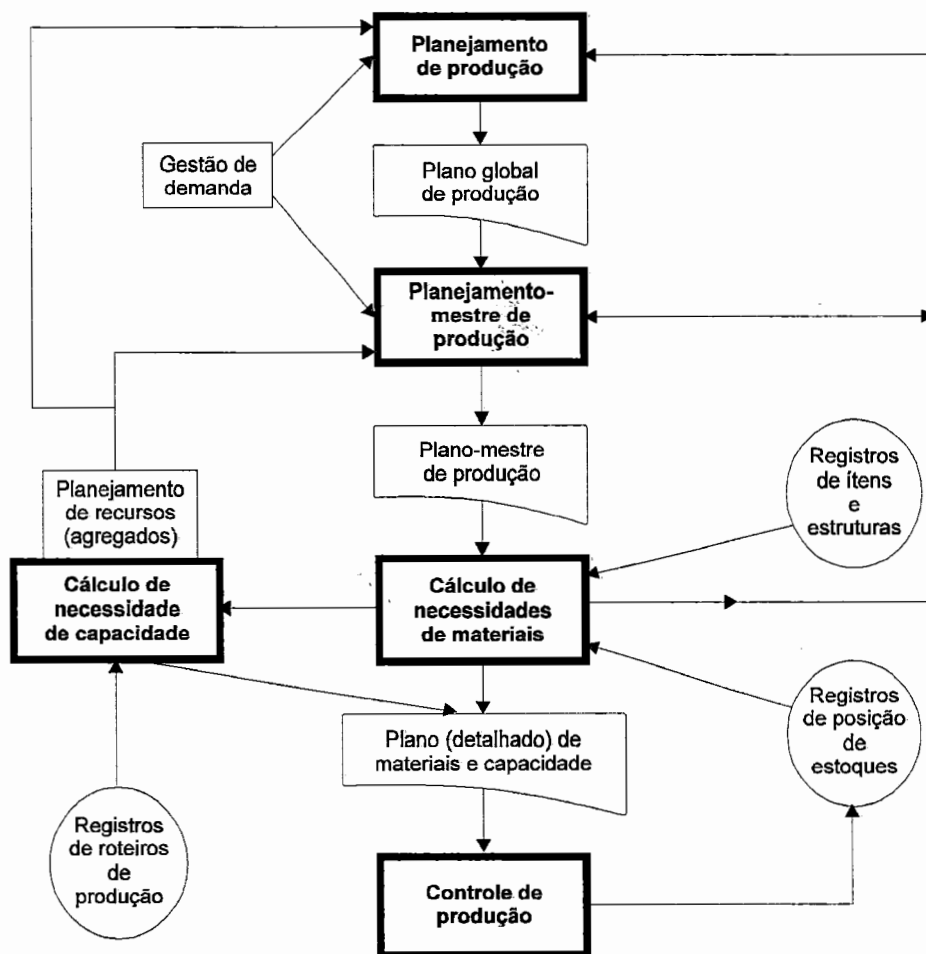


Figura 3.5: Inter-relações entre os módulos principais de um sistema MRP II típico
 Fonte: CORRÊA e GIANESI (1993: 117)

Uma melhor discussão sobre estes cinco módulos principais é feita a seguir:

1. Módulo de planejamento da produção (production planning).

Este módulo planeja níveis agregados (conjunto de produtos) de estoque e produção, utilizando horizontes de tempo de longo prazo que podem chegar a alguns anos, valendo-se, muitas vezes, de unidades monetárias para o planejamento.

2. Módulo de planejamento mestre de produção (master production schedule - MPS)

O plano-mestre de produção é desagregado do plano agregado, transformado em itens de produtos finais, período a período, ficando desta forma

intermediário entre o plano agregado e o plano de produção. Seu principal “input” para o processo de planejamento é a previsão de vendas, a qual será limitada pela capacidade do sistema como um todo. É a partir do plano-mestre que serão calculadas as necessidades de materiais e analisada a capacidade produtiva dentro de determinado período; portanto, as considerações estratégicas quanto ao planejamento logístico da produção devem ser feitas em nível do MPS. CORRÊA e GIANESI (1993) chamam a atenção para as questões a seguir que devem ser levadas em conta para que se faça uma boa gestão estratégica do MPS:

- incertezas de demanda: em geral são proporcionais à necessidade de manter níveis de estoque;
- importância estratégica: há situações em que o cumprimento de prazos pode não ser essencial para o posicionamento estratégico e competitivo da empresa;
- importância estratégica de se minimizarem os níveis de estoque: estoques representam custos financeiros podendo acarretar um aumento do custo de produção, porém em alguns casos podem ser uma estratégia para enfrentar variações de demanda;
- custos financeiros e organizacionais das variações nos níveis de produção: variação excessiva nos níveis de produção tende a acarretar complexidade e turbulência prejudiciais em níveis globais da organização.

3. Módulo de cálculo de necessidades de materiais (material requirements planning - MRP)

O MRP baseia-se num registro, período a período, chamado de “MRP time-phased record” para representar a posição e planos de produção e estoque de cada item, seja ele um item de matéria-prima, semi-acabado ou produto acabado. Os elementos básicos deste registro são:

- **período:** são períodos para os quais o planejamento é realizado. Os valores usuais podem ser de um dia, uma semana ou um mês, podendo variar dependendo de cada caso;
- **necessidades brutas:** quantidades necessárias futuras em cada período;

- **recebimentos programados:** ordens já abertas de reposição de estoque com recebimento para o início de cada período;
- **estoque projetado disponível:** níveis projetados de estoque para o final de cada período;
- **plano de liberação de ordens:** ordens planejadas a serem liberadas no início de cada período;
- **tempo de ressurgimento:** igual ao "lead-time";
- **tamanho de lote:** quantidade a ser repostada pelas ordens, visando obter ganhos em custos fixos frente à quantidade produzida.

Para um melhor entendimento, aproveitando o exemplo da cadeira representada na figura 3.3, será mostrado na figura 3.6 como se dá a programação pelo MRP através dos registros de "time-phased".

4. Módulo de cálculo de necessidade de capacidade (capacity requirements planning - CRP)

O cálculo da necessidade de capacidade é necessário para prever futuras ociosidades ou insuficiências na capacidade produtiva da empresa. Tanto a ociosidade quanto a insuficiência são prejudiciais à empresa. A ociosidade acarreta custos desnecessários para mantê-la, e a insuficiência afeta o desempenho da empresa com relação aos cumprimentos de prazos, fator competitivo no mercado atual, além de afetar as quantidades de estoque em processo bem como a satisfação das pessoas que trabalham na manufatura. Estes são os motivos da grande importância dispensada ao CRP nos sistemas de administração da produção.

Os sistemas MRP II fazem o planejamento da capacidade em pelo menos dois níveis. O primeiro ocorre logo com o Plano-Mestre, buscando identificar inviabilidades já no planejamento mestre da produção, e o segundo ocorre em níveis mais detalhados de planejamento depois da explosão do MRP, levando em consideração roteiros de fabricação e recursos necessários.

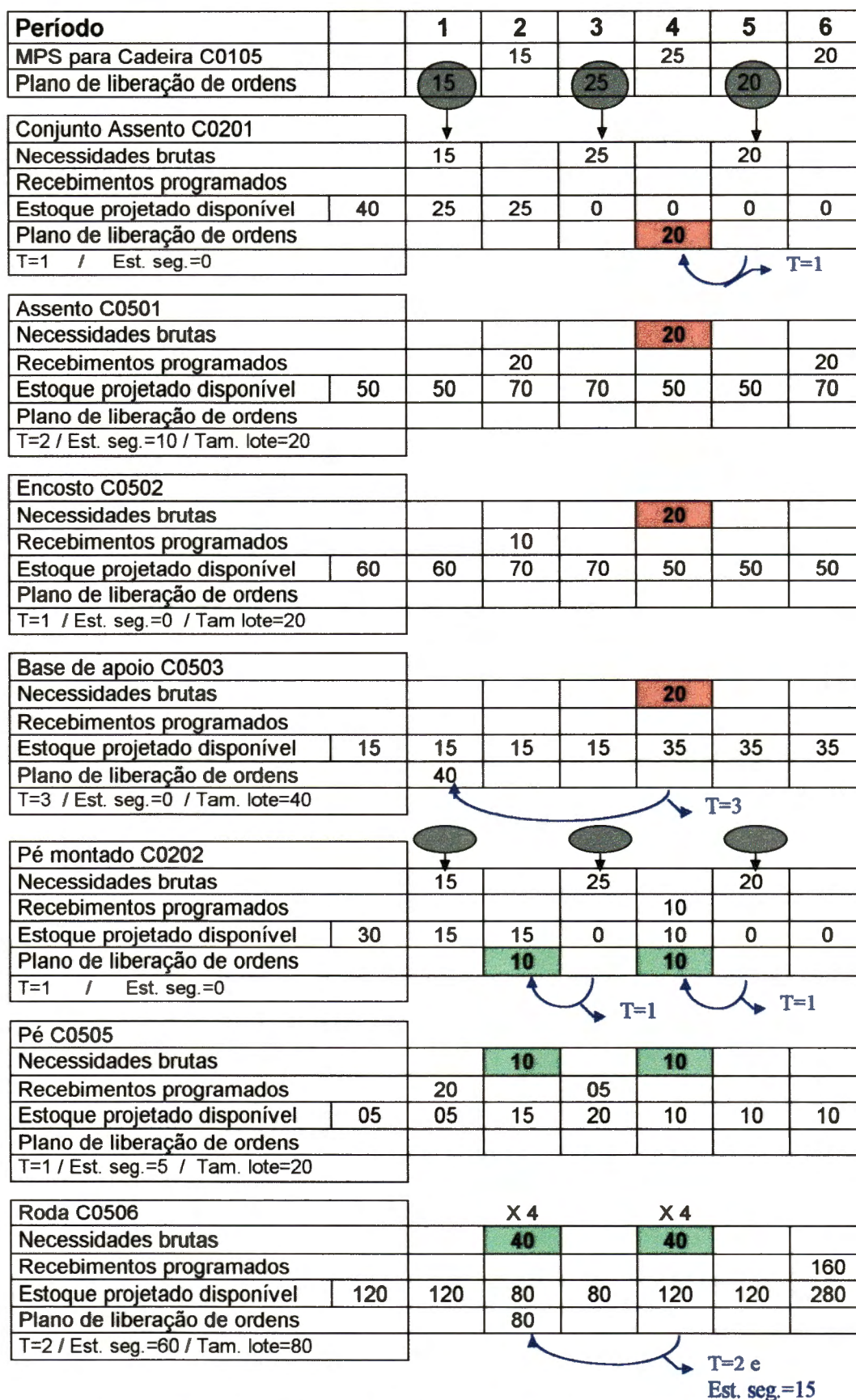


Figura 3.6 - Registros "time-phased" para o exemplo da cadeira

5. Módulo de controle de fábrica (shop floor control - SFC)

O controle da fábrica é responsável pelo seqüenciamento e liberação das ordens para os centros produtivos, e pelo controle da produção no nível da fábrica. É através deste módulo que o MRP II busca garantir que o que foi planejado será cumprido da melhor maneira possível. Uma das deficiências deste módulo é o alto volume de informações necessário para alimentar o sistema, que além de trabalhoso na coleta e de alto risco de erro, acaba agregando custo sem agregar valor aos produtos.

3.4.1.3. Implantação

Entre as já abordadas dificuldades de implantação de um sistema geral exposto no item 3.3.1, vale a pena considerar algumas observações adicionais de alguns autores sobre o MRP especificamente.

Para uma implantação com sucesso do sistema MRP II, VAAN (1992) destaca a importância de um conhecimento adequado da técnica a ser utilizada, pois uma implantação inadequada pode resultar em aumento de custos para o planejamento e controle da produção e queda no nível de atendimento aos clientes. O autor diz ainda que o pacote clássico do MRP deve sofrer algumas adaptações, embora os pacotes mais modernos, em geral, já prevejam esta adaptação.

MACMANUS (1989) destaca a importância de se ter um plano detalhado para implantação do MRP II, fato que freqüentemente tem sido negligenciado. Embora muito já se tenha relatado sobre a necessidade de mudança da cultura da alta gerência, companhias ainda falham na implantação do sistema total. Termos como treinamento de 80% do pessoal de apoio e necessidade de 98% de acuracidade do estoque, entre outros, freqüentemente são discutidos, mas é necessário que sejam atribuídos responsabilidades, prazo e dependências. O plano a ser utilizado para acompanhar o projeto é uma ferramenta indispensável para a alta gerência e toda força de trabalho.

3.4.2. JIT

A filosofia de administração japonesa, principalmente o JIT (Just-in-Time), vem despertando o interesse de empresas em todo o mundo em busca do aumento da competitividade dentro do novo contexto de concorrência global. Dentre os benefícios buscados, SARKER e FITZSIMMONS (1989), HANNAH (1987), IM (1989), MEJABI e WASSEBMAN (1992) destacam:

- a rapidez para atender as mudanças do mercado;
- o aumento da flexibilidade;
- a minimização dos estoques em processo e suas flutuações;
- a simplificação dos controles de estoque;
- a prevenção das flutuações na demanda;
- a descentralização dos controles do chão-de-fábrica;
- a redução dos retrabalhos;
- a prevenção dos problemas, e
- a melhoria da qualidade dos produtos.

DICASALI (1986), RAO e SCHERAGA (1988) e GRAVEL e PRICE (1988) explicam que o JIT trabalha baseado no princípio de eliminar todos os desperdícios, seja de material, capacidade, trabalho ou tempo. Dentre estes, podemos citar:

- estoque de produtos em processo e acabados;
- preparação de máquinas (“setup”);
- produção de peças defeituosas e o conseqüente retrabalho;
- movimentação de materiais;
- filas de materiais;
- tempo de espera do operador, e
- tudo aquilo que não agrega valor ao produto.

Estas são as razões que estão levando as empresas a repensar a maneira de fazer as coisas. Embora o JIT se aplique melhor a empresas de produção repetitiva, empresas com produção discreta também vêm obtendo bons resultados com a utilização do JIT. Para tal, estas empresas vêm redesenhando

seus “layouts” de forma a tornar o fluxo de materiais mais eficiente e reduzir os tempos de fila.

CORRÊA e GIANESI (1993) referem-se ao JIT como algo muito maior do que uma técnica ou um conjunto de técnicas de administração da produção, considerando-o como uma completa “filosofia” que inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos.

Para tal o JIT trabalha com idéias simples como fabricar no momento de vender, submontar no momento de montar os produtos finais, fabricar as peças no momento de submontá-las e adquirir materiais no momento de transformá-los. O sistema ideal leva à produção de lotes unitários através do sistema de “puxar” ordens, conforme SARKER e FITZSIMMONS (1989), e para tal, é necessário que se melhore a flexibilidade através da redução dos tempos de processamento, redução no tempo de espera e preparação, mudança no “layout” , entre outros.

A redução dos estoques traz, como vantagens secundárias, menores juros aplicados sobre o capital, menos armazéns, menor estrutura para administração deste estoque, menos espaço necessário, menor contabilização, capacidade de resposta mais rápida às alterações do mercado; força que os problemas apareçam e tenham que ser resolvidos, e ainda como vantagem principal, passa a exercer um controle sobre os desperdícios.

3.4.2.1. Elementos da produção JIT

O JIT pode ser subdividido em alguns elementos que devem ser tratados com especial atenção, e é a combinação dos mesmos que irá proporcionar as vantagens e os benefícios discutidos anteriormente:

1. Qualidade por toda empresa: Qualidade Total vai além do conceito tradicional que está voltado apenas ao processo, estendendo-se a todas as áreas da empresa, desde Desenvolvimento do Produto, Compras e “Marketing”. A qualidade total deve começar pela satisfação do consumidor e deve ser um pensamento difundido por toda a empresa para que a qualidade surja naturalmente. Para tal, é necessário que existam metas e objetivos definidos e que estes sejam reavaliados e melhorados periodicamente. Padronização,

responsabilidade na fonte, avaliação e registros da qualidade são outros pré-requisitos para a qualidade total.

2. Fazer certo da primeira vez: A consciência de que o trabalho deve ser realizado corretamente da primeira vez leva à redução de defeitos e conseqüentes refugos ou recuperação, fontes enormes de desperdício dentro da empresa. Em contrapartida, obtém-se um aumento da produção.

3. Redução no tempo de preparação das máquinas: Para que seja possível reduzir o tamanho dos lotes de produção, é necessário melhorar a flexibilidade, que está intimamente relacionada à redução dos tempos de "setup". No JIT esta redução pode ser obtida através de alguns procedimentos como:

- i. separar a preparação de ferramentas em interna, aquela que só pode ser realizada parando-se a máquina, e em externa, aquela que pode ser realizada com a máquina em funcionamento e, assim, procurar transferir as preparações de internas para externas;
- ii. eliminar processos de ajuste através de padronização de alturas, engates rápidos, limitadores de curso, carros de remoção;
- iii. projetar ferramentas que possam produzir vários produtos, eliminando-se assim a troca;
- iv. padronizar as partes necessárias e etapas de preparação;
- v. praticar e aprimorar as etapas de preparação.

4. Redução dos tamanhos de lote: A redução dos tamanhos de lote tem como meta o lote unitário. Outras metas do JIT são defeitos zero, tempo de "setup" zero, estoques zero, movimentação zero e quebra zero. Estas metas são fundamentais em direção à eliminação de todos os desperdícios.

5. Operador multifuncional e "layout" em "U": O "layout" em "U", juntamente com o operador multifuncional, é o elemento responsável por dar flexibilidade ao sistema produtivo. O operador multifuncional, além de saber operar com a mesma competência várias máquinas e realizar diversos serviços, deverá estar treinado para preparar a máquina, resolver problemas de ajustes, fazer manutenção preventiva e responsabilizar-se pela qualidade do serviço realizado.

Outra vantagem do operador multifuncional dentro de "layout" em "U" é a facilidade de balanceamento da carga de produção, conforme pode ser visto nas figuras 3.7 e 3.8.

Padronizar as operações, separar o operador das máquinas e treinar operadores são condições indispensáveis para o sucesso deste tipo de "layout" e operador.

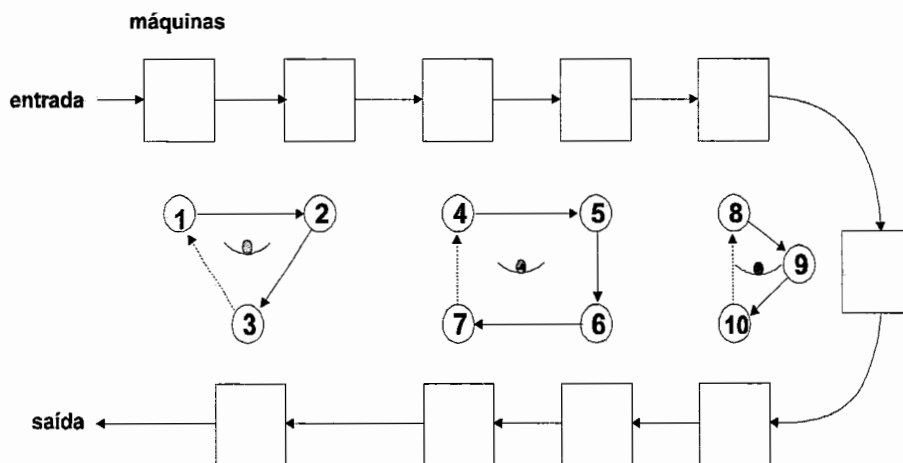


Figura 3.7 - "Layout" celular um forma de "U"

Fonte: MONDEN (1984: 58)

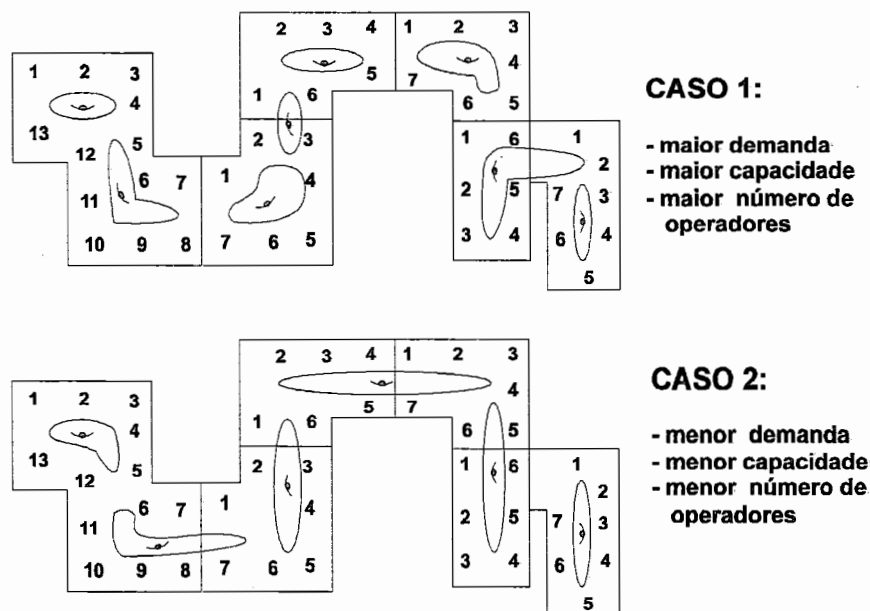


Figura 3.8 - Balanceamento de capacidade em "layout" "U" e operador multifuncional

Fonte: Adaptado de MONDEN (1984: 61)

6. Manutenção Preventiva: A manutenção preventiva é importante para eliminar o grande desperdício com manutenção corretiva de máquinas paradas durante o horário de trabalho. A manutenção preventiva deve ser feita em parte pelos próprios operadores da máquina.

7. Rede de Fornecedores: Os fornecedores devem ser estimulados a também trabalharem dentro da filosofia JIT, atuando, desta forma, em conjunto na busca da redução e eliminação dos desperdícios.

8. Envolvimento do operário: Empresas que trabalham com a produção JIT têm programas para estimular o envolvimento dos operários com o desempenho do trabalho que estes vêm executando e a sua qualidade, uma vez que o operário é o grande especialista naquele trabalho, e, portanto, pode contribuir muito no sentido de melhorá-lo. Um dos programas mais difundidos de envolvimento são os Círculos de Controle de Qualidade (CCQ).

9. Revisão permanente do projeto: Tem como objetivo conseguir o projeto mais adequado ao processo. Este elemento parte do princípio de que nada é tão bom que não possa ser melhorado.

10. Sistema kanban: Sistema de reposição por sinais visuais pertencente ao sistema de “puxar” a produção, oposto ao conceito tradicional de emissão de ordens que “empurra” a produção. Embora muitas vezes seja confundido, o kanban não é condição única e suficiente para chegar ao JIT, e conforme KRAJEWSKI (1987) afirma, o sistema kanban sozinho não é capaz de melhorar a “performance” da manufatura, pois ele é um dos elementos de uma filosofia de manufatura, que visa reduzir estoques, aumentar a produtividade e melhorar o serviço de seus fornecedores. Existem diversos tipos de kanban, mas os mais utilizados são os *Kanbans de Requisição* e os *Kanbans de Produção*. O Kanban de Requisição informa a quantidade que a fase subsequente do processo deve retirar, e o Kanban de Produção informa a quantidade que a fase precedente deve produzir, e desta forma, fornecem as informações na retirada e produção de quantidades necessárias à produção JIT. A figura 3.9 ilustra, de forma simplificada, a corrente dos kanbans e das unidades físicas:

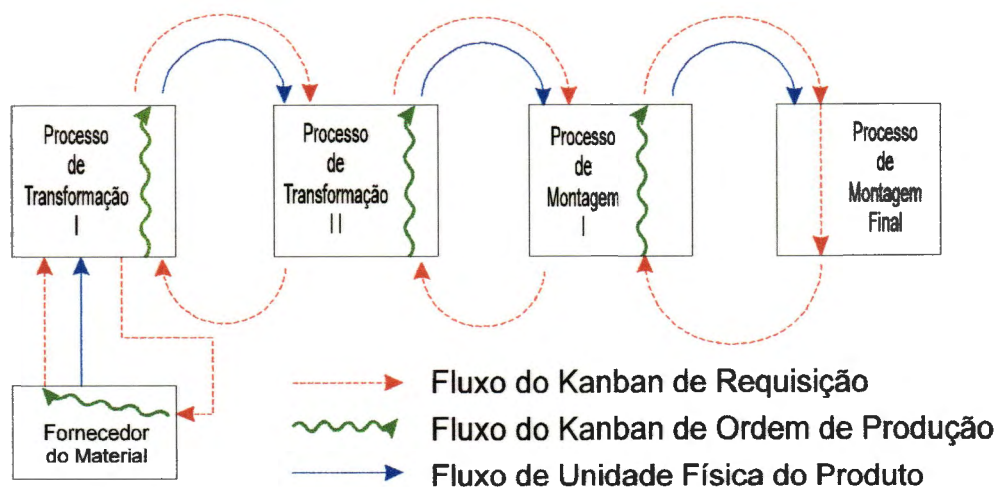


Figura 3.9 - Corrente de kanbans e unidades físicas

Fonte: Adaptado de MONDEN (1984: 11)

Algumas regras básicas devem ser seguidas para se obter um melhor rendimento do sistema Kanban, conforme mostra MONDEN (1984):

- o processo subsequente deve retirar no processo precedente os produtos necessários, na hora exata;
- fabricar na quantidade pedida pelo processo subsequente;
- não enviar peças com defeito;
- minimizar o número de kanbans;
- o kanban é utilizado para adaptar pequenas flutuações na demanda.

3.4.2.2. Implantação da produção JIT

A implantação de novas tecnologias ou filosofias sempre causam algum impacto nas pessoas que compõem a empresa. Os conceitos do JIT de reeducação de desperdício são fáceis de entender na teoria durante a implantação; no entanto, na prática, ocorrem problemas com pessoas, procedimentos e processos, que normalmente não estavam previstos, explica HELMS (1990). Por isso, as empresas devem procurar entender melhor os problemas que envolvam pessoas para que tenham um processo de implantação mais eficiente. A função da comunicação frequentemente é desprezada ou minimizada na transição, e o JIT necessita que os padrões de comunicação sejam

modificados de forma a permitir maior capacidade de processamento de informações, propiciando maior descentralização das decisões. Todos os funcionários devem ter uma visão integrada da empresa, sabendo como seu trabalho afeta e é afetado pelos outros. A introdução de novas tecnologias continua causando medo, preocupação e resistência entre as pessoas que compõem a empresa, e será através do envolvimento das mesmas no planejamento, controle e melhoramentos, que a resistência será superada e se obterão melhores resultados, afirma HELMS (1990).

Muito se tem relatado sobre os benefícios provenientes do JIT, mas PRIMROSE (1992) alerta sobre a necessidade de uma completa avaliação, estudando-se principalmente os custos envolvidos e os benefícios indiretos. O custo envolvido deve ser tratado como um investimento e avaliado juntamente com os benefícios. PRIMROSE (1992) explica que o JIT normalmente é tratado como sendo uma filosofia da qual vários benefícios são inalcançáveis, e desta forma, assume-se sempre que a introdução do JIT não pode ser avaliada em termos financeiros e, sim, deve ser tratada como uma forma de decisão estratégica. Justificativas baseadas no modismo ou comparação direta com outras empresas são utilizadas para a implantação do JIT, levando a adotar o JIT como um ato de fé ao invés de uma técnica que pode trazer maiores benefícios financeiros. PRIMROSE (1992) mostra que a falha na avaliação da introdução do JIT pode levar a um sério número de conseqüências como:

- liberação insuficiente de recursos, o que levará à obtenção de menos benefícios;
- a falta de benefícios quantificáveis não permite avaliar a evolução da implantação em termos de custo, benefícios e retornos de investimento, termos entendidos pelo alta gerência;
- perda do suporte gerencial se os benefícios resultantes da introdução do JIT não forem atribuídos a ele;
- a introdução do JIT pode ser adotada apenas por estar na moda; portanto, corre-se o risco de a mesma ser abandonada caso a moda mude;
- a falha na implantação pode ocorrer quando os altos custos envolvidos surgirem e não for possível mostrar sua utilidade;

- algumas empresas podem concentrar recursos na introdução do JIT enquanto existem outros aspectos operacionais que deveriam ter maior prioridade.

O objetivo de utilizar técnicas de avaliação de investimento não é apenas para garantir que o nível de retorno seja adequado; é uma técnica gerencial que deveria ser utilizada como parte integral de qualquer projeto, desde o estágio inicial até a implantação final. No caso do JIT, os principais objetivos são:

- determinar se os recursos devem ser aplicados no JIT ou em outras deficiências da empresa;
- definir quais são os benefícios esperados;
- definir quais técnicas associadas ao JIT são necessárias para se atingir os benefícios pretendidos;
- definir quais são os recursos necessários e relacioná-los aos benefícios de tal forma que um cronograma possa ser estabelecido e garanta a utilização eficiente destes recursos;
- identificar e quantificar todos os custos e benefícios de forma que o JIT possa ser corretamente refletido no sistema de custos e balanço da empresa, sendo que uma falha neste sentido será relatada como uma falha financeira.

Falhar na introdução do JIT pode levar a empresa a concentrar esforços em objetivos que não são ótimos, e em casos extremos, a introdução incorreta pode aumentar os custos, conclui PRIMROSE (1992).

Muitos autores sugerem a migração gradativa para o JIT, porém devido às diferenças existentes entre os sistemas de produção baseados no JIT e os sistemas de produção utilizados nos EUA e Europa, parece impossível esta mudança gradativa de um sistema para o outro. Aparentemente, a mudança brusca de desmontar o sistema em um dia e iniciar o JIT no outro é a melhor alternativa, mas a dificuldade e a alta chance de fracasso levam a optar pela mudança gradual, justificam MILTENBURG e WIJNGAARD (1991). MEJABI E WASSEBMAN (1992) também defendem a mudança gradual, e apontam que a forma ideal de implantação deve consistir de passos, em que cada um deles deve realizar pequenas mudanças no sistema atual, ser de fácil implantação, não

causar rupturas na produção, necessitar de pouco capital, melhorar a qualidade e reduzir custos. A experiência adquirida em cada passo auxiliará no passo seguinte.

MILTENBURG e WIJNGAARD (1991) apresentam três passos para a implantação gradual:

- i. começar com um sistema paralelo de estoque. Fazer melhorias no processo de produção de forma a diminuir os pontos de re-encomendas e lotes de reposição;
- ii. mudar para o sistema de puxar com o kanban. Fazer melhorias no processo de produção de forma que o número de kanbans possa ser reduzido;
- iii. rearranjar o processo de produção para o fluxo de produção contínua.

Estes três passos fazem parte de um procedimento para forçar melhorias suaves e causar um menor número de rupturas possíveis na produção com pouco uso de capital. No entanto, a organização deve garantir que as pessoas e recursos estejam disponíveis para fazer estas melhorias. Realocar um equipamento sem primeiro fazer melhorias no mesmo, no processo e nos materiais, irá resultar em um novo "layout" com um grande número de problemas, que já deveriam ter sido resolvidos para não causar rupturas na produção. Estas rupturas freqüentemente forçam o gerente a abandonar o projeto JIT para que, deste modo, a produção possa fluir, explicam MILTENBURG e WIJNGAARD (1991).

As organizações que seguirem os três passos podem implantar o JIT sem a necessidade de contratar ajuda externa, utilizando a experiência de seu próprio pessoal para eliminar todos os desperdícios do processo produtivo. As chances de sucesso são grandes e a quantidade de rupturas são baixas, concluem os autores.

A simulação é uma ferramenta defendida por MEJABI e WASSEBMAN (1992) e CHU e SHIH (1992), que pode trazer bons resultados na implementação de um sistema JIT, permitindo explorar seus riscos e benefícios. Determinar o número de kanbans necessários, verificar qual o efeito da variação da demanda ou dos tempos de fabricação é umas das possibilidades da simulação. A

simulação feita por computador é aceita como uma boa ferramenta, que pode ser utilizada para verificar a performance do sistema JIT, comparando-a com outras técnicas para planejamento e controle dentro de algumas condições pré-estabelecidas, porém, a análise dos resultados deve ser feita com cautela pelo pesquisador, finalizam CHU e SHIH (1992).

Capítulo 4

Gerenciamento de Ferramentas

4.1. Conceitos e Importância

As evoluções do gerenciamento dos sistemas produtivos, máquinas e equipamentos, que a cada dia caminham rumo a uma maior automação, necessitam de uma forte infra-estrutura ao seu redor de forma a mantê-los em funcionamento. Dentro desta preocupação, destaca-se a importância do gerenciamento de ferramentas como um conceito que, embora, hoje, conte com poucos estudos e desenvolvimentos, e não esteja muito difundido na maioria das empresas, tende a ganhar muita atenção dentro dos novos sistemas produtivos. Estar fora desta realidade significa ter prejuízos diariamente, e o pior para uma empresa é não saber disto.

Muitas vezes, a falta de uma ferramenta de US\$ 50 pode deixar parada uma máquina de US\$ 500.000 e toda a infra-estrutura que existe por detrás da mesma, além de acarretar atraso na entrega do produto e aumento dos estoques, uma vez que para o operador não ficar parado, ele irá processar uma ordem futura, cujo produto ficará parado até a data prevista de sua produção. CHUNG (1991) afirma que a falta de um apropriado planejamento de ferramentas impedirá um fluxo suave da produção, e poderá resultar em aumento de filas além de aumentar a confusão na programação da produção. Ferramentas erradas e duplicações desnecessárias representam grandes desperdícios.

KHATOR e LEUNG (1994) explicam que o grande fator de sucesso de um FMS (Flexible Manufacturing System) está na habilidade deste em rotear as peças entre as estações de trabalho. Com o aprimoramento dos FMS, o roteamento das ferramentas também ganha espaço. Existem muitos esforços no

que diz respeito ao compartilhamento, flexibilidade e qualidade de ferramentas, o que é justificável quando se verifica que os custos das ferramentas podem chegar a representar 25% do custo da operação. Portanto, manter os custos de ferramentas num mínimo está relacionado à melhoria da produtividade. Compartilhar ou duplicar ferramentas são estratégias que requerem diferentes controles bem como facilidades físicas, e com a automação do ferramental, problemas de gerenciamento de ferramentas precisam ser explicitamente identificados.

Desta forma, novos sistemas produtivos baseados em CIM (Computer Integrated Manufacturing), FMS e JIT (Just in Time) necessitam que a questão de gerenciamento de ferramentas venha receber uma atenção maior do corpo administrativo das empresas, pois a falta destas dentro destes sistemas representará grandes perdas. Os atuais sistemas informais e reativos, geralmente feitos de baixo para cima, devem dar lugar a sistemas integrados à hierarquia de produção. MELNYK e LYMAN (1993) alertam que o atual conhecimento sobre ferramentas é pobre e cercado de conceitos errados, e se elas forem controladas eficientemente, dentro dos objetivos da empresa, contando com uma integração entre este controle e a produção, um grande número de benefícios pode ser obtido, entre eles, melhor controle de estoque, melhoria no gerenciamento e capacidade de máquina, e desenvolvimento mais rápido das ferramentas.

Ferramenta, para MELNYK e LYMAN (1993), é definida como todo equipamento ou dispositivo especial de fixação que o sistema possa projetar e usar durante os ajustes e operação de uma máquina ou processo de produção. Dentro deste conceito se encaixam serras, fixadores, brocas, ferramentas de corte em geral, rebolos, pincéis, escovas, matrizes, moldes, magazines de ferramentas, gabaritos, etc. Estas ferramentas podem ser classificadas em três categorias, baseadas nas suas atividades, e que enfatizam sua complexidade:

- a. ferramentas de transporte,
- b. ferramentas de ajuste ("setup"), e
- c. ferramentas de produção.

As ferramentas têm diversas particularidades que devem ser entendidas para se obter melhor aproveitamento das mesmas; no entanto, três

peculiaridades ajudam a transformar as ferramentas num recurso que é único e difícil de gerenciar, apontam MELNYK e LYMAN (1993), conforme descrito a seguir:

1. As ferramentas permitem adequar a capacidade de uma dada máquina, centro de trabalho ou processo de montagem às necessidades específicas de uma ordem de produção. Por exemplo, uma furadeira tem capacidade de executar uma grande variedade de furos; no entanto, uma vez escolhida uma broca específica, a capacidade da furadeira estará limitada a um diâmetro de furo e materiais específicos.
2. Antes que qualquer ordem de produção possa ser atendida, é necessário que se tenha atendida a capacidade de ferramental. Para que uma ordem de produção seja concluída, quatro recursos precisam estar disponíveis no tempo necessário: material, força de trabalho, capacidade de máquinas, e ferramentas. A falta de qualquer um destes recursos pode e irá influenciar no tempo e nos custos desta ordem.
3. Ferramentas, assim como materiais, não podem ser utilizados em mais de um lugar ao mesmo tempo. Para a execução de um trabalho têm que estar disponíveis não somente os componentes do produto, mas também as ferramentas, cuja capacidade deve ser medida em tempo de vida. Como material, ferramentas devem estar disponíveis em quantidade suficiente para permitir o processamento do material, e terão consumidas parte de sua vida proporcionalmente à quantidade de trabalho executado.

CHUNG (1991) e MELNYK e LYMAN (1993) observam que existe um significativo potencial de ganho em cima do pobre gerenciamento de ferramentas existente, pois nos poucos estudos que ligam o gerenciamento de ferramentas à performance da manufatura, nota-se que:

- normalmente, 30% a 60% do estoque de ferramentas destinadas à produção estão em algum lugar do chão-de-fábrica, muitas vezes perdidas, deteriorando-se, ou indisponíveis dentro de caixas de ferramentas pessoais;

- em torno de 16% do programa de produção não pode ser executado devido à falta de ferramentas;
- normalmente de 40% a 80% do tempo do “encarregado” é perdido procurando e expedindo materiais e ferramentas;
- em algumas empresas, operadores perdem mais de 20% de seu tempo procurando por ferramentas, valor que se somado meia hora por turno, pode resultar, ao longo de um ano, em um período acima de três semanas de trabalho;
- normalmente, numa empresa metalúrgica, o orçamento anual para ferramentas, gabaritos, acessórios e ferramentas de reservas é 7 a 12 vezes maior que o orçamento do equipamento total.

Individualmente, cada ferramenta pode não ter grande importância no custo total; no entanto, quando se fala no conjunto, o impacto é muito diferente. Os tipos de ferramentas mantidas em estoque dentro de uma empresa de manufatura podem atingir de 5.000 a 10.000, e dentre estas, as ferramentas especiais podem ser muito caras. O custo de um molde ou matriz complexos podem atingir a faixa de US\$ 50.000 a US\$ 250.000 cada, chegando a representar entre 20% a 30% do custo total da máquina, diz MELNYK e LYMAN (1993).

Os mesmos autores complementam que, além dos custos, outros problemas freqüentemente associados com a falta de um gerenciamento eficiente de ferramentas incluem:

- possibilidade de se estar gerenciando ferramentas obsoletas;
- investimento excessivo em ferramentas;
- movimentação excessiva de ferramentas;
- compras imprecisas de ferramentas;
- aumento das filas de produtos em processo por falta de ferramenta;
- duplicação desnecessária de ferramentas;
- perdas de produção devido à falta de ferramentas.

4.2 - O Gerenciamento de Ferramentas

Para KHATOR e LEUNG (1994) existem duas categorias básicas de gerenciamento de ferramentas: o planejamento de ferramentas e o controle de ferramentas. A primeira está relacionada ao projeto de ferramentas e suas facilidades, estratégias, disponibilidade e interfaces com máquinas. A segunda categoria, a de controle, está relacionada ao suporte ao banco de dados, ao fluxo de controle, aos esquemas de inspeção e ao monitoramento de ferramentas. Ferramentas, da mesma forma que outros itens de estoque, acarretam custos como de compra e de manutenção do estoque, porém para elas, existem adicionalmente os custos de falha (da ferramenta) e de desvio da qualidade devido às condições das mesmas.

O foco do gerenciamento automático de ferramentas nos estudos apresentados vem sendo associado à sua armazenagem, sensoreamento de falhas, bancos de dados, alocação, distribuição e suporte computacional. No entanto, enquanto estes estudos tratam da natureza e importância das ferramentas, estão sendo negligenciados dos problemas de gerenciamento de ferramentas, a necessidade de um bom planejamento das necessidades de ferramentas. CHUNG (1991) alerta que, em um sistema FMS, o planejamento das necessidades de materiais deve ser cuidadosamente observado para que se possam obter os benefícios da flexibilidade propiciados pela troca rápida de ferramentas. Ao planejamento das necessidades de ferramentas deve ser dada a mesma importância que é dada ao planejamento de materiais e de capacidade.

Num sistema MRP, as quantidades de componentes de um produto podem ser determinadas a partir da sua lista de materiais, examinando-se a quantidade de subcomponentes que vão dentro do componente do próximo nível hierárquico, e assim por diante até chegar ao item ou material comprado. Dentro desta linha de conduta, é importante e necessário realizar um planejamento de compras e reafiação de ferramentas com relação à demanda de produtos, e assim desenvolver um amplo modelo de TRP (Toll Requirements Planning - Planejamento das Necessidades de Ferramentas) que relacione o consumo de ferramentas e seu estoque com demanda dos produtos. MELNYK e LYMAN (1993) reforçam a importância de ligar o ferramental ao planejamento da produção porque

a ferramenta é um recurso cuja capacidade deve ser planejada e gerenciada como a capacidade de máquinas.

Para MELNYK e LYMAN (1993), um sistema completo de gerenciamento de ferramentas consiste das atividades de Planejamento, Programação, Obtenção, Identificação, Distribuição, Manutenção, Rastreabilidade, Controle e Medida de "Performance" das ferramentas, e deve, assim, dedicar ao ferramental a mesma atenção, estrutura e disciplina do sistema dedicado à manufatura.

Assim podemos destacar a estrutura proposta por CHUNG (1991) e KHATOR e LEUNG (1994) representada na figura 4.1, e a estrutura proposta por MELNYK e LYMAN (1993) na figura 4.2. Todos defendem uma interação total do Planejamento e Controle de Ferramentas com o tradicional sistema de Planejamento e Controle da Produção, em que é mostrada uma forma de relacionamento entre o MRP e o TRP dentro de um modelo de Planejamento e Controle da Manufatura.

A figura 4.1 situa-se dentro de um ambiente CIM, incorporando várias decisões necessárias ao FMS, como agrupamento de peças em famílias, carga e roteamento. A metade direita consiste basicamente de um sistema tradicional de PCP, e a metade esquerda trata do gerenciamento de ferramentas, incluindo as decisões relacionadas ao FMS. O Planejamento da Produção determina os níveis agregados de produção, estoque e mão-de-obra em função de demandas futuras. Este plano, uma vez desagregado, dará origem ao Plano Mestre de Produção (PMP) estabelecendo prazos e tamanhos de lotes de produtos acabados. Na seqüência, o Planejamento de Capacidade Crítica (PCC) indica potenciais pontos de ruptura em operações críticas, tal que o PMP deva ser revisado de forma a acomodar as limitações de capacidade. O PMP é a entrada da programação detalhada nos níveis mais baixos. O Planejamento das Necessidades de Materiais (PNM ou "MRP") determina prazos e quantidades de componentes e peças do produto final, servindo de base para um detalhado controle de estoques, planejamento de prioridades e planejamento de capacidade, que é um planejamento mais acurado que o PCC, pois considera o "status" dos materiais em processo e apenas as ordens abertas firmes.

As ferramentas de CAD, CAM e CAPP, que estão presentes no diagrama, complementam o sistema de Planejamento e Controle assistido por

computadores. O CAD tem a função de projetar e analisar os produtos; o CAM a função de dirigir as atividades de manufatura, e o CAPP, a de determinar como converter o projeto do produto para a manufatura do produto final, todos baseados em computador.

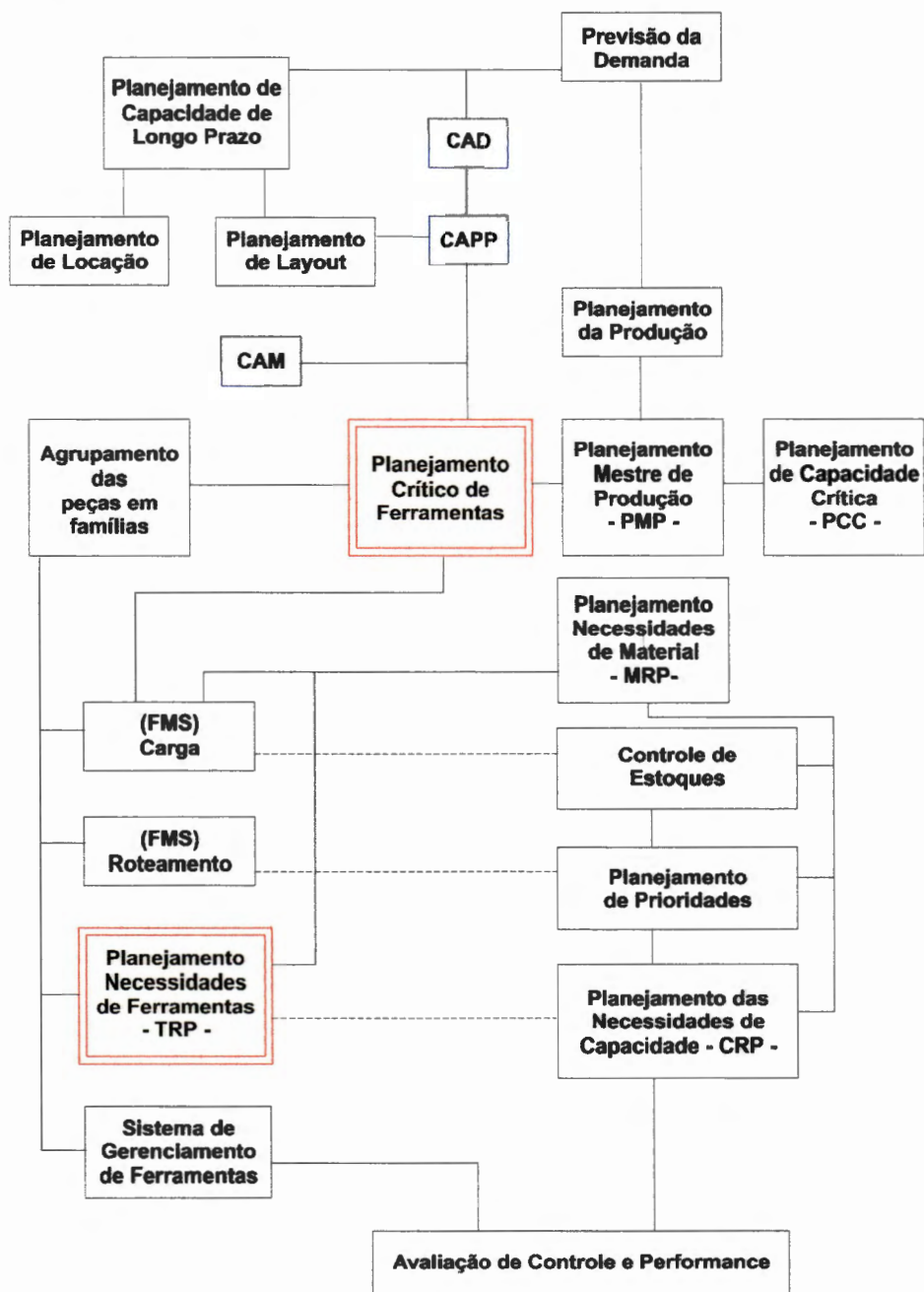


Figura 4.1 - Planejamento e Controle em um ambiente de Manufatura Integrada por Computador

Fonte: CHUNG (1991: 478)

Como um conjunto de ferramentas é capaz de executar diferentes operações, é necessário que exista um módulo de agrupamento dos produtos e ferramentas por famílias, permitindo uma maior utilização das ferramentas e um correto planejamento das necessidades de ferramentas. Os módulos de carga e roteamento determinarão quais as máquinas a ser utilizadas e terão um impacto direto nas necessidades de ferramentas.

MELNYK e LYMAN (1993) mostram a interação entre o TRP e os sistemas tradicionais de PCP através da figura 4.2, destacando os três níveis de Controle da Produção onde o Planejamento de Ferramentas pode ocorrer:

- a. Planejamento da Produção,
- b. Planejamento Mestre de Produção, e
- c. Planejamento das Necessidades.

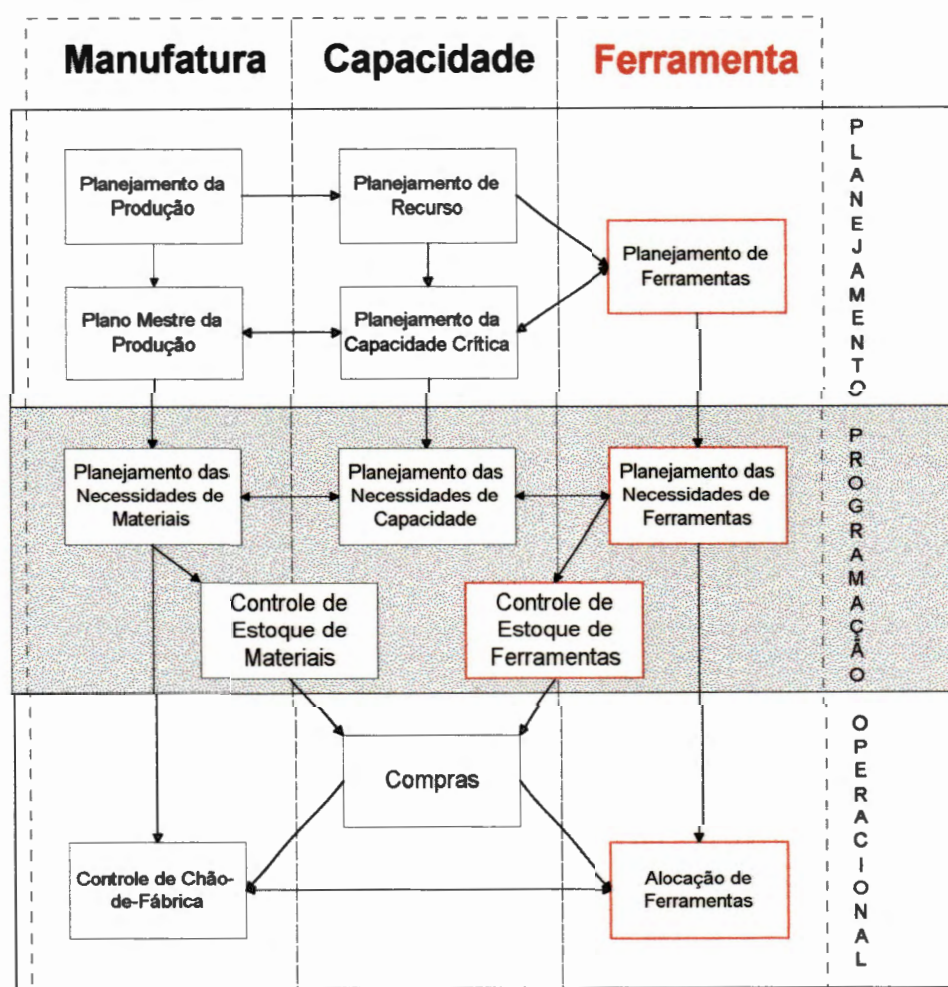


Figura 4.2 - Integração do Planejamento e Controle da Produção e Ferramentas

Fonte: Adaptado de MELNYK e LYMAN (1993: 511)

Cada nível de controle trabalha com diferentes capacidades de negócios, os quais são também aplicáveis ao Controle de Ferramentas.

O Planejamento da Produção é um plano de capacidade de longo prazo, onde são negociadas mudanças nos níveis de capacidade que necessitem de altos investimentos e execução ou aquisição de longo prazo.

O Plano Mestre de Produção envolve planejamento de capacidade mais detalhado e de curto prazo, e é menos dispendioso se comparado com os investimentos do nível anterior. Dentro deste nível, encontram-se as ferramentas possíveis de recuperação. O processo de reforma ou recuperação pode ser feito externamente dentro do prazo de algumas semanas a um mês, e deve ser considerado dentro do PMP através do planejamento da capacidade.

O Planejamento das Necessidades trata de programação detalhada e gerenciamento de recursos como estoques. O Planejamento das Necessidades pode também ser aplicado a itens que relativamente são pouco dispendiosos e caracterizados por menores prazos de aquisição ou recuperação.

No entanto, nem sempre é simples estabelecer o relacionamento proporcional entre a utilização de ferramentas e a demanda dos produtos necessários para que se possa fazer o planejamento das necessidades de ferramentas. KHATOR e LEUNG (1994) salientam algumas fatores que podem vir a dificultar este relacionamento, e os descrevem como:

1. Uso de ferramentas de tipos alternativos

Geralmente, uma operação pode ser processada por diferentes tipos de ferramentas, a qual pode ser executada em diferentes tipos de máquinas e pode ser processada debaixo de diferentes parâmetros, dependendo do tipo de material a ser processado. A determinação da quantidade de vida de ferramenta necessária para um certo lote de peças deve ser baseada na disponibilidade da ferramenta, tempos de processamento e os respectivos tipos de ferramentas, custos de máquina e ferramentas, levando-se em conta outros lotes que estejam sendo processados durante o ciclo de manufatura.

2. Falhas de ferramentas

Ferramentas possuem uma característica que difere da de todos os itens controlados pelo MRP, a sua vida útil. A quebra de ferramentas em sistemas

automatizados como os FMS acarreta elevadas perdas, fato que tem levado as empresas a trocar suas ferramentas prematuramente na tentativa de prevenir sua falha. Porém, a melhor alternativa é buscar apoio em mecanismos de controle computadorizados, que são utilizados para detectar sinais antecipados de falha das ferramentas.

3. Recuperação ou reafiação de ferramentas

Em muitos casos a vida de uma ferramenta pode ser prolongada através de uma recuperação da mesma. Esta reciclagem inclui reafiar, armazenar e reutilizar. Deve-se observar que uma ferramenta pode ser reafiada apenas um número específico de vezes recomendado pelo fabricante.

4. Compras e vida de ferramentas reafiadas

O planejamento de compra da ferramenta deve ser reajustado de forma a incorporar a possibilidade de recuperação de uma ferramenta como um recurso. Um controle que combine e identifique ferramentas novas e reafiadas é necessário para garantir a qualidade de certas operações que só podem ser realizadas com ferramentas novas, a fim de atender tolerâncias apertadas, maior precisão, ou, ainda, um melhor acabamento superficial. Isto significa que o controle dos níveis de vida das ferramentas deve ser balanceado com ferramentas novas e recuperadas.

5. Estratégias de administração e disponibilidade de ferramentas

Algumas estratégias de administração de ferramentas podem ainda afetar o estoque necessário das mesmas. Pode-se praticamente optar por:

- manter uma cópia de cada ferramenta para cada operação que a utilize;
- manter um volume de ferramentas no ciclo de manufatura, considerando-se o compartilhamento de ferramentas entre diferentes tipos de peças, e assim carregar ou remover ferramentas durante um ciclo de manufatura de uma operação para outra, de forma a concluir determinadas operações de diferentes produtos;
- manter certas ferramentas fixas em locais de alta utilização.

Além destas estratégias, o controle da ferramenta pode ser afetado pela necessidade de sua disponibilidade imediata em sistemas automáticos. O grau de automação de ferramentas, tipos de suporte dos locais de armazenagem, dispositivos de transporte, monitoração, duplicação (reserva) para o caso de falhas, ferramentas em circulação, ferramentas sendo afiadas e outras novas em preparação são os principais elementos que poderão influenciar este controle nos sistemas automáticos.

4.3. Desenvolvimento de modelos de gerenciamento de ferramentas

Para o desenvolvimento de um sistema adequado de gerenciamento de ferramentas, é necessário primeiro classificar a ferramenta dentro do nível mais apropriado do sistema de Planejamento da Produção. MELNYK e LYMAN (1993) apresentam uma tabela com o objetivo de ajudar a classificar a ferramenta dentro do nível de Planejamento e Controle mais adequado, baseados em três características:

- ferramentas recuperáveis (reafiáveis) e não recuperáveis,
- custo da ferramenta, e
- prazo de obtenção da ferramenta.

Ferramentas não recuperáveis ou reafiáveis tendem a ter uma vida curta. Na maioria dos casos, as reposições ocorrem uma vez por semana ou mais, e são de custos relativamente baixos, ao contrário das ferramentas recuperáveis ou reafiáveis, que tendem a ter uma vida entre muito longa e infinita, que representam grandes custos. Um maior detalhamento de como se deve dar o tratamento das ferramentas em cada um dos níveis apresentados na tabela 4.1 é apresentado a seguir:

1. Planejamento da Produção

As ferramentas tratadas neste nível, conforme já visto, têm como características serem recuperáveis, relativamente caras e com prazo de aquisição e troca relativamente longos, sendo tratadas muitas vezes como investimentos de

capital. Estas ferramentas passam pela mesma avaliação da aquisição de uma máquina. Devido tais características, podemos dizer que estamos tratando de investimentos que são considerados como estratégicos.

2. Plano Mestre de Produção

As ferramentas atribuídas a este nível estão na média. São recuperáveis, possuem custo de aquisição entre alto e moderado, e prazos de aquisição e reposição médios, acima de um mês. Embora estejam abaixo das ferramentas tratadas no nível anterior, o impacto que elas representam na aquisição ou recuperação é muito importante para ser ignorado. Tanto para a aquisição de uma ferramenta nova quanto para a recuperação, o horizonte de planejamento necessário está cercado pelo Plano Mestre de Produção.

3. Planejamento das Necessidades

O Planejamento das Necessidades está relacionado às técnicas do MRP através do TRP, e é mais apropriado para ferramentas não possíveis de serem recuperadas ou reafiadas, de baixo custo e curto prazo de reposição. O TRP, ao controlar ferramentas, trata as mais como um item de estoque do que como um recurso dotado de uma certa capacidade. Muitas ferramentas de corte caem nesta categoria e podem ser eficientemente gerenciadas utilizando-se o TRP.

O TRP, conforme já foi abordado, utiliza a lista de ferramentas de um determinado produto para determinar quais e em que quantidade serão consumidas por unidade deste produto. A lógica do TRP converte o programa de produção dentro de registros "time-phased" de necessidades de ferramentas. Estas necessidades são comparadas com os estoques de ferramentas (soma da vida de todas as cópias de um tipo de ferramenta) para identificar os períodos nos quais a quantidade de vida será insuficiente, e assim, baseado nestas datas, a lógica do TRP usa o prazo de reposição para determinar quando colocar ordens, de forma a garantir que não haja ruptura no estoque de ferramentas.

4. Controle de Chão-de-Fábrica

Neste nível mais baixo de controle, as principais preocupações são quando e onde alocar ferramentas para produção. Ferramentas não recuperáveis são controladas como itens de estoque neste nível, e a preocupação está em se conhecer onde estão alocadas as mesmas, enquanto ferramentas recuperáveis precisam de monitoramento especial. A utilização da ferramenta, ou especificamente da sua vida, pode necessitar ser controlada de tal forma que a substituição ou a recuperação possa ser planejada por altos níveis no sistema de planejamento.

Tabela 4.1 - Tipo de Ferramenta e Nível de Controle

Fonte: MELNYK e LYMAN (1993: 512)

Tabela 4.1 - Tipo de Ferramenta e Nível de Controle			
Nível de Controle	Tipo de Ferramenta		
	Não - Recuperáveis X Recuperáveis	Custo de Aquisição	Prazo de aquisição
Planejamento da Produção	Ferramentas recuperáveis (reafiáveis)	Ferramentas com alto custo de aquisição	Longos prazos para entregas, podendo chegar a ser superiores a 6 meses
Plano-Mestre	Ferramentas recuperáveis	Ferramentas com custo de aquisição entre alto e moderado. Precisam ser controladas neste nível para minimizar os custos	Prazo para compra ou recuperação acima de um mês
Planejamento das necessidades	Ferramentas não recuperáveis tendem a ser tratadas dentro deste nível. Elas são tratadas como itens de estoque	Ferramentas de baixo custo	Prazo de obtenção curto. Normalmente não excede uma semana
Controle de chão-de-fábrica	Aplicado em ambos os tipos de ferramentas. Monitora a vida de ferramentas recuperáveis		

Observou-se que as ferramentas recuperáveis têm como características o alto custo e a necessidade de longos prazos para aquisição, em contraste com as ferramentas não recuperáveis, que têm baixo custo e necessitam

de curtos prazos para obtenção. A principal razão para este contraste está na padronização de cada ferramenta. As primeiras são fabricadas sob encomenda para propósitos específicos de um produto, enquanto as demais são padronizadas. Considerar ferramentas padronizadas nos altos níveis de controle somente complicaria o sistema de planejamento com poucos benefícios, uma vez que à medida que aumentam o custo da ferramenta e o prazo de aquisição, aumenta também a necessidade de planejá-la em altos níveis.

CHUNG (1991), conforme já apresentado pela figura 4.1, propõe um Planejamento Crítico de Ferramentas num primeiro nível antes de partir para o propriamente dito TRP, com dois propósitos. Primeiro, realiza uma checagem no Plano Mestre de Produção com relação a disponibilidade de ferramentas, e em seguida elabora um planejamento inicial das ferramentas necessárias ao programa de produção. Funcionalmente, o Planejamento Crítico de Ferramentas é equivalente ao Planejamento da Capacidade Crítica. CHUNG (1991) apresenta três métodos para realizar este planejamento:

1. Método de Consumo Histórico

Este método calcula as necessidades críticas das ferramentas para cada tipo principal de ferramenta, baseado nos níveis de consumo da ferramenta do ano anterior. Matematicamente teremos:

$$f_j(x_t^k) = P_j \sum_k r^k \cdot x_t^k$$

onde:

P_j = porcentagem da ferramenta tipo j utilizada no ano anterior

r^k = quantidade total de ferramentas necessária (pode ser em horas de vida) para cada unidade produzida do item k

x_t^k = quantidade de produção planejada do item k para o período t

f_j = função de planejamento crítico de ferramentas para a ferramenta j

2. Método da Lista de Ferramentas

A lista de ferramentas, semelhante à lista de materiais, indica a quantidade de horas necessárias das ferramentas utilizadas para a produção de cada item ou componente (subitem). Para o Planejamento Crítico de Ferramentas é aplicado somente o Plano Mestre de Produção. Matematicamente fica:

$$f_j(x_t^k) = \sum_k r_j^k \cdot x_t^k$$

onde:

r_j^k = quantidade necessária da ferramenta j (pode ser em horas de vida) para cada unidade produzida do item k

sendo:

$$\sum_j r_j^k = r^k$$

3. Método do Perfil das Necessidades de Ferramentas:

O grande diferencial deste método com relação aos anteriores é que o mesmo leva em conta o "time-phasing" projetado de uso das ferramentas, além de propiciar informações sobre todas as partes da estrutura de produto do item em questão. Desta forma, as necessidades de ferramentas podem ser ligadas diretamente às partes do produto final. As quantidades de produção contidas no Plano Mestre de Produção são utilizadas para a estimação das quantidades necessárias de ferramentas. O método fica então:

$$f_j(x_t^k) = \sum_k \sum_{m=1}^{l_k} r_{mj}^k \cdot x_{t+l_k-m}^k$$

onde:

r_{mj}^k = quantidade necessária da ferramenta j (pode ser em horas de vida) para cada unidade produzida do item k no período m

l_k = "lead-time" de manufatura do item k

$$\sum_{m=1}^{l_k} r_{mj}^k = r_j^k$$

$x_{t+l_k-m}^k$ = representa as quantidades de produção das partes do Plano-Mestre

O exemplo numérico a seguir é apresentado com o objetivo de tornar mais clara a aplicação dos três métodos propostos. Por questão de objetividade, o cálculo das ferramentas será feito sempre para o período 1, sendo que para os períodos restantes segue-se o mesmo princípio. Os dados do Plano Mestre de Produção, Estrutura de Produto dos itens, Ferramentas e as Horas de Vida necessárias para cada item são expostos inicialmente, e valem para os três métodos.

Tabela 4.2 - Plano Mestre de Produção utilizado no exemplo

Item	Períodos					
	1	2	3	4	5	6
A	10	20	30	30	20	10
B	30	20	10	10	20	30

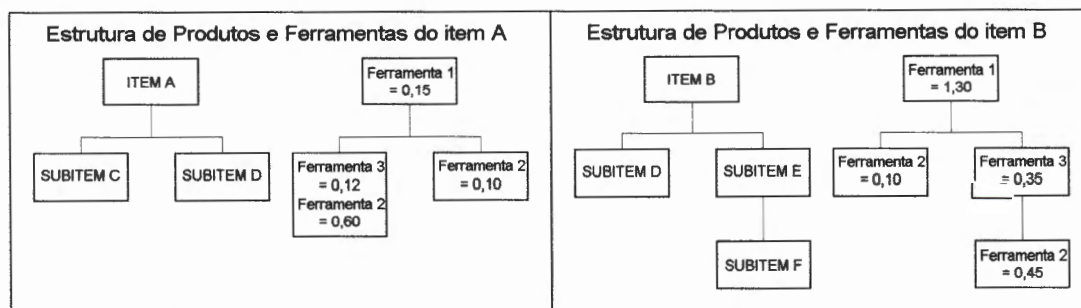


Figura 4.3 - Estrutura de Produto X Estrutura de Ferramentas para o exemplo

Tabela 4.3 - Grade de Consumo de Ferramentas:

ferr/ item	Item A	Subitem C	Subitem D	total ferr.
1	0,15	-	-	0,15
2	-	0,60	0,10	0,70
3	-	0,20	-	0,20
total geral				1,05

ferr/ item	Item B	Subitem D	Subitem E	Subitem F	total ferr.
1	1,30	-	-	-	1,30
2	-	0,10	-	0,45	0,55
3	-	-	0,35	-	0,35
total geral					2,20

As setas azuis apontam para as variáveis de consumo: r_{mj}^k , r_j^k e r^k .

Cálculos referentes ao exemplo (somente para o período 1):

1. Método do Consumo Histórico

sendo:

$$P(1) = 60\%$$

$$P(2) = 30\%$$

$$P(3) = 10\%$$

passo 1- cálculo da quantidade total de horas de ferramentas necessárias:

$$\sum_k r_j^k \cdot x_t^k = 1,05 \times 10 + 2,20 \times 30 = 76,5 \text{ h}$$

passo 2- alocação do total de horas de ferramentas por ferramenta

$$\text{Ferramenta tipo 1: } f_1 = 76,5 \times 60\% = 45,90 \text{ h}$$

$$\text{Ferramenta tipo 2: } f_2 = 76,5 \times 30\% = 22,95 \text{ h}$$

$$\text{Ferramenta tipo 3: } f_3 = 76,5 \times 10\% = 7,65 \text{ h}$$

2. Método da Lista de Ferramentas:

$$\text{Ferramenta tipo 1: } f_1 = 0,15 \times 10 + 1,30 \times 30 = 40,50 \text{ h}$$

$$\text{Ferramenta tipo 2: } f_2 = 0,70 \times 10 + 0,55 \times 30 = 23,50 \text{ h}$$

$$\text{Ferramenta tipo 3: } f_3 = 0,20 \times 10 + 0,35 \times 30 = 12,50 \text{ h}$$

3. Método do Perfil das Necessidades de Ferramentas (ver fig. 4.4)

$$\text{Ferramenta tipo 1: } f_1 = 0,15 \times 10 + 1,30 \times 30 = 40,50 \text{ h}$$

$$\text{Ferramenta tipo 2: } f_2 = 0,10 \times 20 + 0,10 \times 20 + 0,60 \times 30 + 0,45 \times 10 = 26,50 \text{ h}$$

$$\text{Ferramenta tipo 3: } f_3 = 0,20 \times 20 + 0,35 \times 20 = 11,00 \text{ h}$$

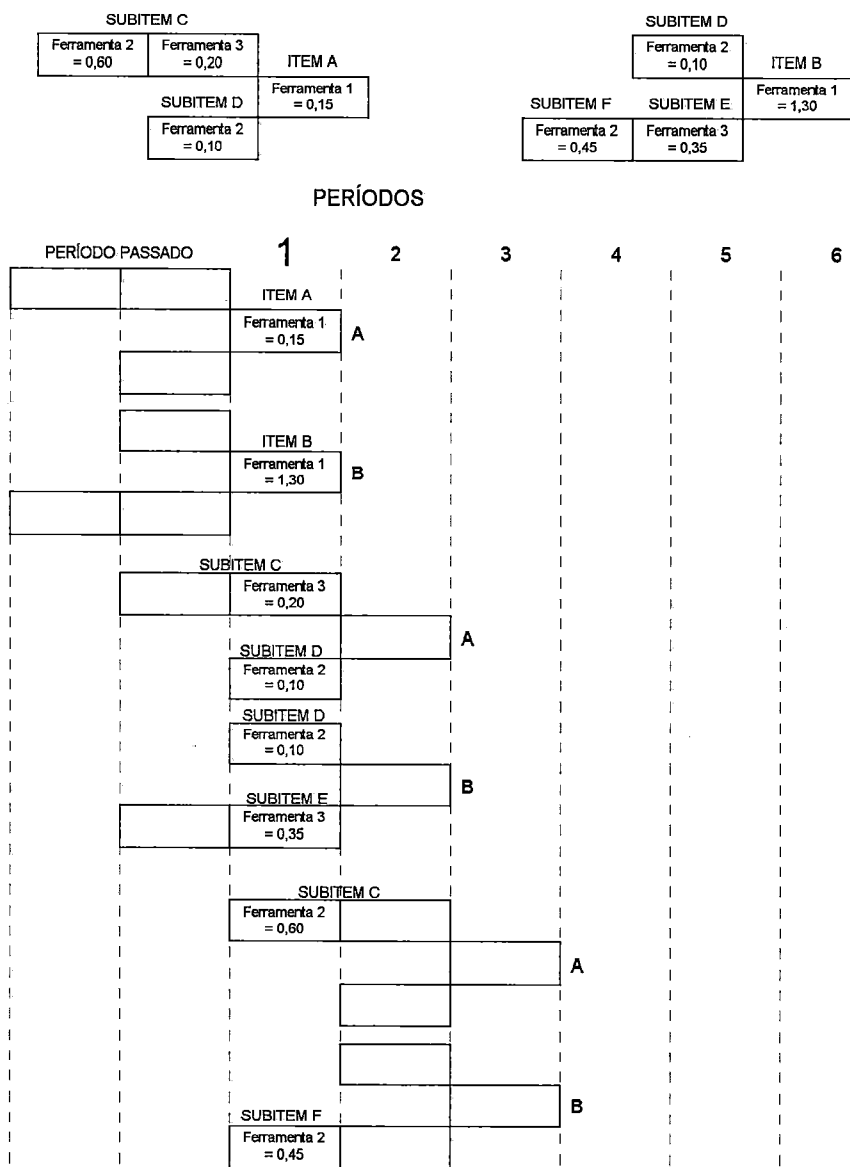


Figura 4.4 - Perfil das Necessidades de Ferramentas dentro do "time-phasing"
 Fonte: adaptado de CHANG (1991: 481)

Intuitivamente, a lógica do CRP pode ser diretamente aplicada às atividades do TRP; no entanto, na maioria dos FMS, as necessidades atuais de ferramentas são freqüentemente ditadas pelas políticas de sistemas de gerenciamento de ferramentas, as quais variam de empresa para empresa, e irão requerer diferentes níveis de estoque. Entre as diversas políticas, podemos citar pelo menos quatro normalmente utilizadas pelas empresas, como mostra CHUNG (1991):

- a política do Lote de Reposição;
- a política de compartilhar ferramentas em programas de produção firmes;
- a política de migrar as ferramentas entre os centros de trabalho para completar um determinado item, e
- a política de ter ferramentas fixas ao centro de trabalho.

O modelo de TRP abaixo, proposto por CHUNG (1991), ilustra matematicamente a política de Compartilhamento de Ferramentas em Programas de Produção Firmes. Esta política reconhece as ferramentas de uso comum entre as peças num horizonte de tempo firme, sendo que as mesmas podem ser compradas ou recondiçionadas de forma a satisfazer as necessidades de ferramentas.

$$\text{Min} \sum_j \sum_t \left(C_{j1} \cdot Y_{jt} + C_{j2} \cdot Y'_{jt} + C'_{jt} + I_{jt} \right)$$

$$I_{j,t-1} + Y_{jt} + Y'_{jt} - I_{jt} = r_{jt} \quad \forall j, t$$

$$Y'_{jt} \leq I_{j,t-1} \quad \forall j, t$$

onde:

C_{j1} = Custo de reposição de cada ferramenta do tipo j

C_{j2} = Custo de recuperação de cada ferramenta do tipo j

Y_{jt} = Quantidade de ferramenta do tipo j reposta no período t

Y'_{jt} = Quantidade de ferramenta do tipo j recuperada no período t

I_{jt} = Estoque em mãos da ferramenta do tipo j no fim do período t

r_{jt} = Necessidade de ferramenta do tipo j no período t

Este modelo tem como objetivo ilustrar o TRP e sua relação com outros subsistemas. Para outras políticas, o TRP deve ser revisado, pois as relações entre o TRP e outros sistemas podem ser diferentes.

Devido às características das ferramentas, situações e possibilidades de uso, é possível concluir que não existe um modelo único de Planejamento e Controle de Ferramentas que atenda qualquer situação; pelo contrário, existem mais particularidades e restrições associadas às ferramentas do que a materiais componentes de produtos finais, o que irá, sem dúvida, tornar seu planejamento e controle mais complicados também. No entanto, verificaram-se os prejuízos que a falta de um planejamento eficiente de ferramentas pode trazer às empresas, ou ainda, o quanto esta pode deixar de perder se contar com um planejamento eficiente. Além disso, novos produtos são introduzidos quase que diariamente no mercado, e as ferramentas são a chave do negócio para conduzir o projeto do produto à produção do mesmo, e portanto, é mais do que justificável que as ferramentas devam fazer parte do Processo de Planejamento como um todo.

Capítulo 5

O Estudo de Caso

5.1. Histórico e Caracterização da Empresa

A Tecumseh do Brasil Ltda. é uma subsidiária da americana Tecumseh Products Company, empresa líder mundial na fabricação de compressores herméticos. Atuando desde 1973, a Tecumseh do Brasil Ltda atende em torno de 60 países dentro dos cinco continentes, atuando com tecnologia de ponta e buscando incessantemente inovar seus produtos, garantindo o que há de melhor, atual, econômico e de qualidade indiscutível. Instalada em duas plantas industriais na cidade de São Carlos, SP, conta com aproximadamente 4500 funcionários e abrange mais de 93.000 m² de área construída, com capacidade produtiva de 35.000 compressores por dia e um faturamento anual em torno de US\$ 300 milhões. Uma terceira planta, adjunta da segunda, está em fase de conclusão e operando parcialmente, e, com a conclusão desta, a capacidade produtiva estará sendo ampliada para 47.000 compressores por dia.

A Tecumseh do Brasil Ltda. conta com uma estrutura produtiva integrada possuindo fundição, fábrica de motores elétricos, estamparia, usinagem, montagem e processo final próprios, além de áreas de Engenharia de Processo e Produto, que permitem um contínuo aprimoramento dos produtos, materiais e processos produtivos, visando as necessidades do Cliente. Prova disto é que em 1994, data prevista para redução de 75% do uso do gás CFC no mundo, a Tecumseh do Brasil já tinha em produção normal compressores compatíveis com o gás "ecológico", o R134a, e a partir de 1995, produzir compressores compatíveis com este gás já não era mais obstáculo para a empresa.

Em outubro de 1992, a Tecumseh do Brasil Ltda. foi certificada pelo BVQI (Bureau Veritas Quality International) com a norma ISO 9001 da série ISO 9000, consolidando assim um Sistema de Qualidade aceito e respeitado no mundo inteiro. Através de auditorias semestrais parciais, e a cada três anos totais, o BVQI realiza uma reavaliação no Sistema de Qualidade, o que leva a um constante aprimoramento do mesmo.

A atual razão social da Tecumseh do Brasil Ltda. substituiu a partir de maio de 1996 a antiga razão social Sicom (Sociedade Intercontinental de Compressores Herméticos Ltda.), e paralelamente à mudança da razão social, houve também uma descentralização da forma de gestão, com a criação de cinco Unidades de Negócio de Manufatura (MBU - Manufacturing Business Unity) com estruturas completas e autônomas de manutenção corretiva, transporte, auditoria de qualidade, engenharia de tempos métodos e processos, treinamento, recrutamento, assistência social, PCP e manufatura. Esta mudança tem como objetivo dar maior autonomia e agilidade às decisões das unidades da empresa. Tais unidades ficaram divididas em:

- MBU 1 - Fundação,
- MBU 2 - Motor Elétrico e Módulos Eletrônicos,
- MBU 3 - Usinagem e Montagem das famílias AE, AZ e AK,
- MBU 4 - Estamparia e Tubos e
- MBU 5 - Usinagem e Montagem das famílias TP, RK e RG.

Dentro de sua linha de produção, a Tecumseh do Brasil Ltda. produz e vende compressores herméticos, unidades condensadoras e ainda exporta “kits” de motor elétrico e bomba para algumas empresas montadoras da América Latina e América do Norte. São quatro os tipos de aplicações aos quais estes compressores podem ser dedicados:

1. Baixa Pressão de Evaporação (LBP),
2. Média Pressão de Evaporação (MBP),
3. Alta Pressão de Evaporação (HBP) e
4. Pressão de Evaporação Comercial (CBP).

Dentre as centenas de modelos produzidos pela Tecumseh do Brasil Ltda., estes são organizados e oferecidos por famílias:

- Família AZ: compressores compactos que apresentam altos índices de eficiência energética e baixos níveis de ruído durante o funcionamento. Estão disponíveis em LBP e CBP.

Aplicações:

- ◆ AZ LBP: são aplicáveis a pequenos e médios refrigeradores, equipamentos compactos para fabricação de sorvetes, bebedouros, pequenos congeladores e produtos com capacidade variando entre 100 a 500 litros;
- ◆ AZ CBP: são aplicáveis a resfriadores de líquidos em geral, pequenas vitrines refrigeradoras, resfriadores de bebidas, bebedouros e produtos com capacidade variando entre 10 e 70 litros.

- Família TP: são compressores cujo projeto busca alta eficiência energética, desenvolvidos para gases refrigerantes comuns (freon - R12) e “ecológico” (R134a). Suas características técnicas são realçadas quando utilizado o gás R134a.

Aplicações:

- ◆ TP LBP: são aplicáveis a refrigeradores e congeladores domésticos, resfriadores de água, desumidificadores e produtos com capacidade variando entre 200 a 1.200 litros.

- Família AE: estes compressores atendem uma ampla faixa de aplicação no mercado.

Aplicações:

- ◆ AE LBP: Aplicáveis a refrigeradores (combinados) e congeladores domésticos, máquinas para fabricação de sorvetes, refrigeradores de água e produtos com capacidade variando entre 200 a 1.250 litros;
- ◆ AE MBP/HBP: aplicáveis a balcões refrigeradores, refrigeradores comerciais, vitrines expositoras, conservadores de líquido, máquinas de “post-mix” e produtos com capacidades variando entre 20 a 100 litros;

- ◆ AE CBP: aplicáveis a resfriadores de garrafa, resfriadores de líquidos em geral e produtos com capacidade variando entre 20 a 100 litros;
 - ◆ AE HBP: aplicáveis a condicionadores de ar.
- Família AK: são compressores considerados de médio e grande porte, caracterizados pela eficiência e durabilidade.

Aplicações:

- ◆ AK LBP: utilizado em congeladores, conservadores de produtos congelados, equipamentos para fabricação e conservação de sorvetes e produtos com capacidade variando entre 700 a 1.500 litros;
 - ◆ AK MBP/HBP: aplicáveis a balcões frigoríficos, chopeiras, resfriadores de líquidos e produtos com capacidade superiores a 45 litros;
 - ◆ AK HBP: aplicáveis a condicionadores de ar.
- Família RK: são compressores rotativos, cujo destaque é dado ao baixo nível de ruído, baixo nível de vibração e alto desempenho. Estão dentro da faixa de evaporação HBP e são aplicáveis a condicionadores de ar.
- Unidades Condensadoras: as unidades condensadoras são compostas por compressor hermético, circulador de ar, base, grade protetora, tanque de líquido, válvula de serviço e componentes elétricos.

Aplicação:

- ◆ Unidade Condensadora LBP: podem ser utilizados em congeladores, equipamentos para a fabricação e conservação de sorvetes e conservadores de produtos congelados;
- ◆ Unidade Condensadora MBP/HBP: aplicáveis a equipamentos de refrigeração de médio e grande porte como balcões frigoríficos, refrigeradores comerciais, conservadores de bebidas, chopeiras, vitrines expositoras, resfriadores de líquidos.

5.2. Setor piloto e seu grupo empreendedor

Conforme já comentado, a empresa está hoje dividida em cinco Unidades de Negócios de Manufatura, e dentre estas unidades a Unidade de Motor Elétrico e Módulos Eletrônicos (MBU 2), que está dividida nos setores de Motor 1, Motor 2, Motor 3 e Módulos Eletrônicos. O setor piloto em questão no presente trabalho é o de Motor 2.

Contando com aproximadamente 400 funcionários divididos em três turnos de trabalho, o setor de Motor 2 conta com uma área construída de aproximadamente 1.860 m² e é responsável pela produção do estator, que juntamente com o rotor irá formar o motor elétrico. Composto basicamente por bobinas de fios de cobre, chapas de aço, isolações de poliéster, cabo "cluster" e linhas de "nylon", o estator tem como função principal transformar corrente elétrica em campo magnético, que por sua vez irá colocar o rotor em movimento giratório. O rotor através de seu movimento giratório irá impulsionar a bomba que fará a compressão do gás refrigerante. A figura 5.1 mostra um estator genérico e um estator com rotor formando o motor elétrico. A figura 5.2 mostra a estrutura de produto simplificada de um compressor genérico com destaque para o estator.

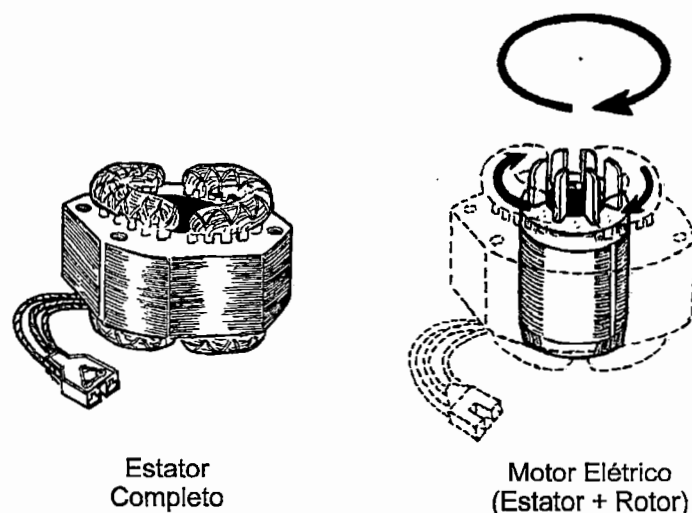


Figura 5.1 - Estator e motor elétrico (estator mais rotor)

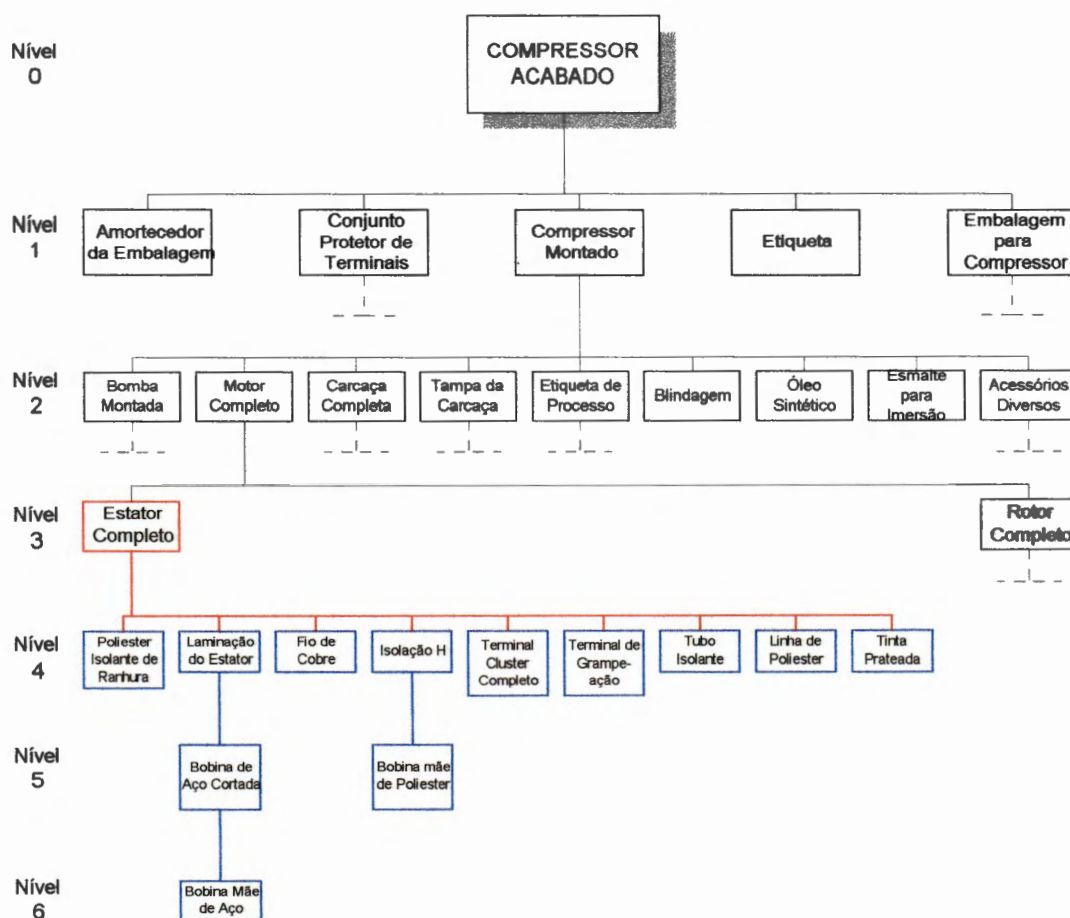


Figura 5.2 - Estrutura de produto de um compressor genérico destacando o estator

Para atender a montagem de compressores das diversas famílias, os estatores também estão divididos dentro das mesmas famílias dos compressores, AE, AZ, AK, RK e TP.

O setor é um dos poucos setores produtivos que possui ambiente com temperatura e umidade controlados, devido às características dos produtos e dos equipamentos. Por ser um componente que representa em torno de 1/3 do valor total do compressor e ser chamado de “coração do compressor” devido à sua função, cuidados especiais têm que ser dispensados a sua fabricação. Um pequeno descuido de manuseio, ou uma ferramenta inadequada que venha danificar o esmalte isolante do fio de cobre, pode comprometer a vida do compressor. Por isso, os equipamentos são dotados de dispositivos para checagem deste isolante durante a fabricação, e os operadores estão conscientizados da importância do manuseio correto do produto.

Ultimamente, elevados recursos foram investidos no setor para aquisição de equipamentos que garantam maior qualidade e produtividade, e que

permitam a fabricação de estatores para compressores de maior rendimento energético.

Para manter-se esta estrutura dentro de um funcionamento eficiente e eficaz, é necessário um grupo de trabalho qualificado, cujos componentes estejam treinados, comprometidos com os objetivos, sejam dinâmicos, competentes tecnicamente e contem com uma administração participativa. Tudo isto ainda precisa ser complementado pelo espírito empreendedor, elemento indispensável em um mundo de constante mutação como o que vivemos atualmente. Ninguém melhor do que quem vive o dia-a-dia para dizer quais são suas necessidades e como precisa ser ajudado. Não é mais aceitável, principalmente em empresas globais, que um setor conheça seu problema e fique aguardando até que “alguém venha ajudá-lo” quando tiver tempo. Desta forma, atividades empreendedoras são desenvolvidas diariamente dentro do setor.

Estas atividades podem ser exemplificadas pelo ato de um operador que avisa a seu superior imediato que detectou uma possível falha de um projeto em um equipamento, e este por sua vez, leva uma proposta de solução do problema à área de processo para que o problema seja solucionado, ou ainda quando o corpo administrativo do setor toma iniciativa de fazer trabalhos de conscientização com operadores para ganhar produtividade e qualidade, mudando apenas o comportamento do operador, sem o menor investimento em máquinas e ou equipamentos.

Foi assim que ocorreu o trabalho chamado de “Grupos de Linhas”, semelhante ao CCQ, apoiado pelas áreas de treinamento e CCQ. A principal diferença entre os “Grupos de Linha” e o CCQ é que o coordenador e agente de mudanças no caso dos “Grupos de Linha” é o próprio Mestre. O trabalho teve com foco inicial a redução de rejeição de linha, porém, como efeito “cascata” outros índices que medem o desempenho também obtiveram ganhos, que, nos resultados obtidos ao longo de um ano, foram em torno de 40% em alguns dos índices de desempenho. Entre os indicadores utilizados para a medição do desempenho tem-se:

- eficiência (relação entre horas produzidas e horas trabalhadas);
- percentual da rejeição para retrabalho com relação ao total produzido;
- percentual do refugo de estatores com relação ao total produzido;

- percentual do refugo de fio de cobre com relação ao total de fio consumido.

Organização, identificação, localização, informação sobre a quantidade em estoque, desenvolvimento de “software” de apoio e elaboração de procedimento para controle de estatores devolvidos para retrabalho pela Montagem e Garantia da Qualidade (Assistência Técnica), também foram trabalhos desenvolvidos pelos empreendedores internos do setor de Motor 2, que permitiram reduzir o estoque intermediário de produtos recuperados, aumentar sua rotatividade e reduzir refugos devido a obsolescência, manuseio inadequado e má conservação.

Finalmente, deve-se destacar o trabalho de gerenciamento de ferramentas, desenvolvido integralmente dentro do setor, e que vem trazendo grandes benefícios, conforme será discutido nas seções seguintes.

5.3. A proposta

Dentro do setor de Motor 2, iniciou-se, há algum tempo, a organização de um local para tratamento das ferramentas específicas utilizadas no setor, e também de algumas comuns entre outras áreas. Este trabalho veio ganhando corpo ao longo do tempo contando com o esforço dos componentes do grupo, e merece uma atenção especial devido aos resultados obtidos no que diz respeito à mudança de cultura, aprendizado, interação com PCP, envolvimento das pessoas, utilização de técnicas de administração e controle, e perspectivas de evolução, sempre em busca de melhor produtividade e qualidade. São abordadas e utilizadas no presente trabalho e estudo a utilização da informática, técnicas de MRP, JIT, Controle de Estoques, entre outras.

Desta forma, será apresentado o processo de evolução do trabalho, estabelecendo-se uma comparação entre a situação anterior, a atual e aonde se pretende chegar, bem como quais eram os problemas, quais os benefícios atuais e quais os benefícios futuros pretendidos. Uma interface principalmente com o PCP será traçada, assim como a utilização de vários conceitos gerenciais aplicados na prática. Além disso, pretende-se mostrar no trabalho que barreiras devem ser quebradas por todas as áreas, e principalmente pela produção que, ao

longo dos anos, contentou-se em seguir o rumo imposto pelas áreas de apoio, seguindo o que estas achavam que a produção necessitava, e assim, romper o paradigma mostrando que a área de produção tem condições de dizer o que precisa e também, de se autodesenvolver.

5.4. Justificativas para o trabalho

Já foi dito por SHUNK e FILLEY (1986), AGOSTINHO (1991), CORRÊA e GIANESI (1993), entre tantos outros, o que as empresas devem enfrentar para melhorar seu desempenho, tanto na produtividade quanto na diversidade, qualidade, prestabilidade e preço, sempre em busca da satisfação do cliente, que é a razão de ser de qualquer empresa. Ignorar este fato é estar fadado ao desaparecimento. O gerenciamento de ferramentas é um pequeno braço deste complexo sistema produtivo que pode e deve ser melhorado buscando-se produtividade, qualidade e flexibilidade. Ligar o gerenciamento de ferramentas ao PCP, responsável inclusive pela reposição das mesmas, é um recurso que deve ser mais explorado, conforme será discutido, devido às grandes possibilidades de ganho.

Embora este não seja um conceito que esteja difundido e claro em grande parte das empresas, a falta de um gerenciamento eficiente e adequado de ferramentas certamente levará as empresas a situações como estar controlando ferramentas obsoletas, realizar altos investimentos em ferramentas, realizar movimentações desnecessárias, perder produção devido a falta de ferramentas, realizar compras imprecisas, duplicar ferramentas desnecessariamente, entre outras, afirmam MELNYK e LYMAN (1993) e KHATOR e LEUNG (1994).

Estes problemas e vários outros relacionados a ferramentas já foram sentidos no setor de Motor 2, assim como, certamente, em várias áreas da empresa. Tal situação é reforçada pelo fato de as ferramentas utilizadas no setor serem em número elevado, chegando perto de 1800 itens controlados atualmente, das quais aproximadamente 80% são ferramentas especiais, utilizadas somente dentro do próprio setor e muitas vezes fornecidas por um único fabricante. Estes fatos levaram, ou praticamente forçaram o setor a buscar uma melhor organização do seu ferramental. Tal trabalho vem ocorrendo de forma gradativa e coordenada pelo próprio setor, buscando além da eliminação de alguns dos problemas já

citados, mudar também a cultura de todos os componentes do grupo e estimular os mesmos a se envolverem ainda mais em processos de melhorias.

MELNYK e LYMAN (1993) destacam também a importância do gerenciamento de ferramentas pelo fato de estas se tratarem de um dos quatro recursos imprescindíveis para a execução de uma ordem de fabricação. Material, mão-de-obra, máquina e equipamento, e ferramentas são recursos que devem estar presentes simultaneamente para que se possa concluir uma determinada ordem de fabricação, e a falta de qualquer um destes recursos irá comprometer o tempo e o custo desta ordem. Neste ponto está a grande relação entre ferramentas e o PCP, pois este é um recurso que deve ser planejado juntamente com os outros três, podendo em alguns casos ser baseado na demanda de produtos específicos que utilizarão ferramentas específicas. A falta da ferramenta poderá também comprometer todo o planejamento da empresa, afetando principalmente o cliente.

O desenvolvimento de trabalhos deste tipo vem reforçar o pensamento de CORRÊA e GIANESI (1993), que defendem a maior integração entre a produção e as outras áreas da empresa, e a mudança da postura reativa para uma postura pró-ativa, indispensável às empresas que desejam manter-se competitivas no atual mercado global em que todos passam a atuar.

O controle de ferramentas deve fazer parte de um Sistema de Gerenciamento de Ferramentas, contando com um eficiente sistema de informação, o qual deve garantir informação correta, na hora e lugares certos, conforme cobram KRAILLING (1988) e RHODES (1990). Definir quais as informações necessárias, como organizar os dados, o que deve ser controlado, o campo de atuação, necessidades, procedimentos e recursos, são necessidades de um sistema de informação destacadas por ROBBINS, KAPUR e BERRY (1984) e PARKS (1987) e que também estão consideradas neste trabalho. A integração do controle interno de ferramentas e as áreas de PCP e Almoxarifado também é uma preocupação do trabalho. O estágio atual está funcionando como piloto, mas planeja-se para, futuramente, estar integrado ao sistema de informação central da empresa, certo dos benefícios advindos da integração como redução de custos, melhoria na qualidade, aumento da flexibilidade e maior rapidez.

5.5. Desenvolvimento do Gerenciamento de Ferramentas

O estudo de caso pretende relatar como foi desenvolvido o trabalho de Gerenciamento de Ferramentas no setor de Motor 2 dentro da empresa Tecumseh do Brasil LTDA., tendo em vista as necessidades já discutidas anteriormente, os benefícios obtidos e as dificuldades encontradas. Através do estudo de caso, é mostrado que é possível a aplicação da teórica na prática e sua recíproca. A importância desta integração fica mais clara quando verificados os benefícios obtidos por ambas as partes. A empresa é beneficiada com melhoria da produtividade, qualidade e redução de custo, e a teoria é enriquecida por experiências práticas obtendo mais subsídios para a formação de seus conceitos, de forma a ficar cada vez mais próxima da realidade.

Desde a criação do setor Motor 2, sempre existiu algum tipo de preocupação com o tratamento do ferramental, pois a falta do mesmo já levava às perdas discutidas anteriormente. Porém as perdas que ocorriam há 20 anos atrás deixaram de ser aceitáveis há 19 anos atrás, e as perdas de 19 anos atrás deixaram de ser aceitáveis há 18 anos, e assim por diante até chegarmos aos dias de hoje, quando a situação não é muito diferente, com exceção de que a velocidade com que as mudanças devem ocorrer é muito maior, ou seja, as perdas ocorridas ontem já não são aceitáveis hoje, e as de hoje não serão aceitáveis amanhã, e assim, tende a continuar aumentando a velocidade com que ocorrem as mudanças, sempre em busca de produtividade e qualidade, ou traduzindo para objetivo da empresa, da satisfação do cliente.

No entanto, podemos dizer que este trabalho de Gerenciamento de Ferramentas teve um grande impulso nos últimos três anos, pressionado principalmente pela necessidade de redução de despesas com ferramentas, melhoria da qualidade do produto e necessidade de redução do tempo de máquina parada, seja por "setup" ou por ajuste.

5.5.1. Instrumentos de apoio

Vários foram os instrumentos utilizados no desenvolvimento do trabalho, porém dois devem ser destacados como imprescindíveis para o seu sucesso: a necessidade e possibilidade de adequação do "layout" e o desenvolvimento de um "software" de apoio para agilizar o tratamento das

informações e sistematizar o conhecimento. Além disso, o treinamento com o grupo de preparadores e almoxarifados criou os instrumentos que perpetuaram o trabalho, dando sustentação ao mesmo e afastando o risco de fracasso, bem como o risco de ser associado ao modismo.

5.5.1.1. “Layout”

O “layout” foi um item que precisou se adequar às necessidades impostas, como a de centralizar as ferramentas em um único local no setor, uma vez que existem ferramentas que são comuns para linhas distintas. Antes, a sua distribuição estava altamente dispersa, chegando a haver controles separados até por turnos de trabalho. Esta centralização pode ser conferida pela comparação entre os “layouts” apresentados nas figuras 5.3 e 5.4, que apresentam respectivamente a distribuição dos pontos de controle anteriores e o atual ponto de controle de ferramentas.

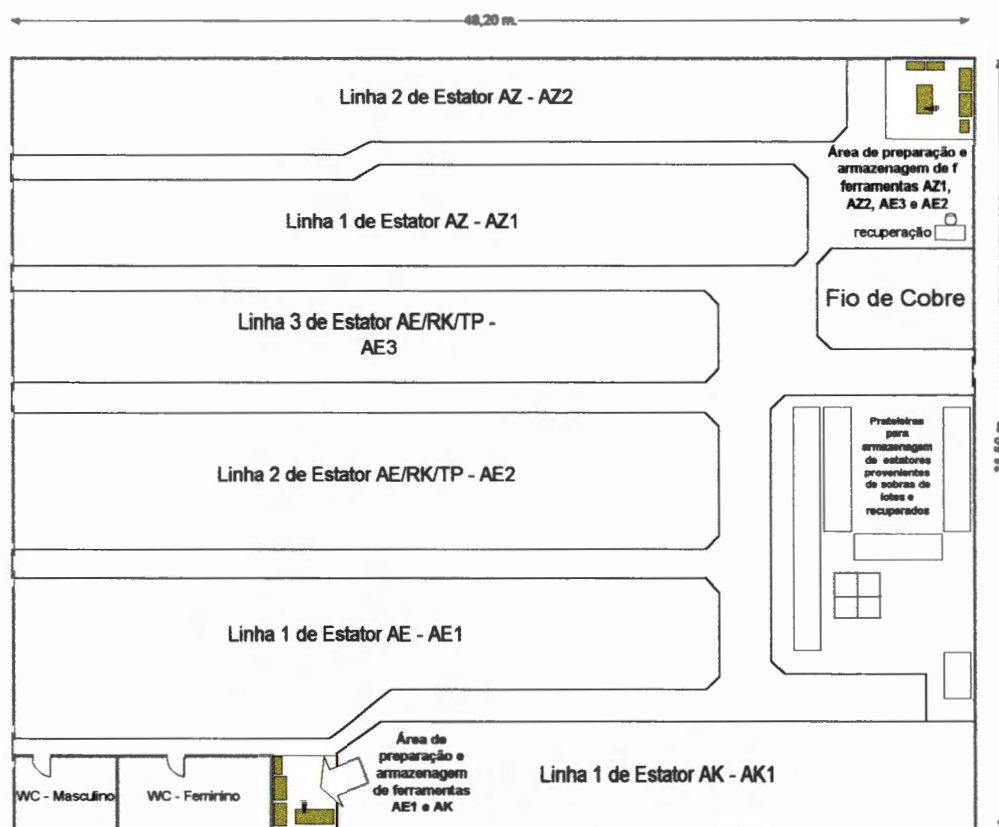


Figura 5.3 - “Layout” anterior à centralização

Devido ao alto volume e custo das ferramentas e à falta de uma cultura de controle e organização difundida no setor, optou-se por um local fechado controlado por um único funcionário por turno, e com acesso ao interior do mesmo restrito e controlado aos demais elementos do setor. Este funcionário, com funções de almoxarife e preparador, passou a ser responsável pelo controle de toda a movimentação de ferramentas e algumas tarefas auxiliares, que incluem:

- entrega;
- solicitação de reposição;
- apontamento de todas as ferramentas movimentadas;
- pequenas manutenções em ferramentas que estejam precisando de revisão antes de ser guardadas;
- controle e troca de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) e
- controle e troca de panos recicláveis para limpeza de máquinas.

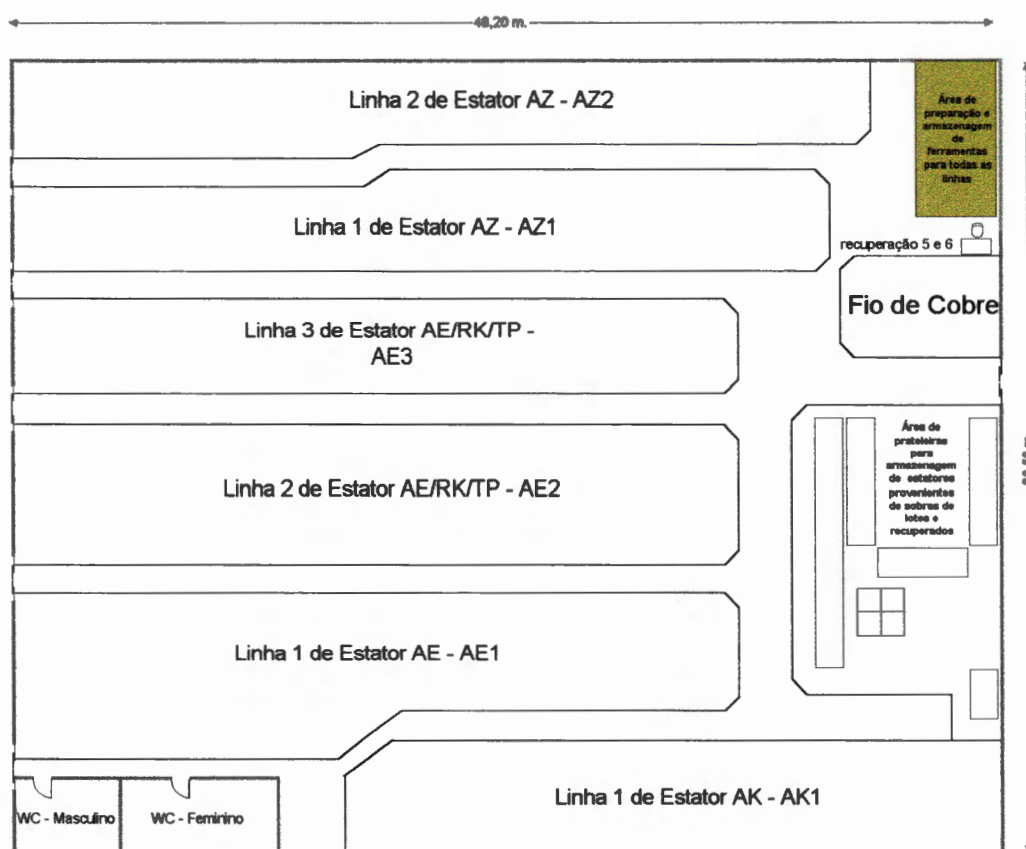


Figura 5.4 - "Layout" posterior à centralização

Tem-se, então, uma outra mudança importante, pois, antes, uma ferramenta que fosse retirada da máquina devido à troca de programa era simplesmente guardada até que precisasse voltar ao trabalho para a fabricação de um produto compatível. Neste momento, então, poder-se-ia verificar que a ferramenta não estava em condições plenas de trabalho, necessitando, antes, de uma manutenção de ajuste e limpeza. Atualmente, o fluxo obrigatório de toda ferramenta que sai da máquina é passar por uma manutenção preventiva e limpeza, e somente após estar em plenas condições de uso, esta será guardada no almoxarifado, até o momento em que será necessária novamente. Tanto quando acabam de sair da máquina até quando são guardadas, as ferramentas são identificadas com etiquetas de estado onde constam a descrição da ferramenta, data, responsável, e observações.

Uma outra área adjunta à primeira, dedicada exclusivamente à preparação de ferramentas e aberta a todos, foi organizada de forma a possibilitar uma melhor preparação. Contando com uma bancada, duas morsas, uma politriz, um moto-esmeril e um tanque para lavagem de ferramentas com solvente compatível ao gás refrigerante R134a, o objetivo é propiciar ao preparador todas as ferramentas e instrumentos necessários para se fazer uma rápida e eficiente preparação do ferramental, que irá influir na produtividade e qualidade dos estatores produzidos no setor. A figura 5.5 mostra com um pouco mais de detalhes estas duas áreas.

Desta forma, a mudança de "layout" tem como objetivo centralizar recursos que devem estar disponíveis e em ordem, padronizar ferramentas entre as diversas linhas, transferir ações de preparação de ferramentas que eram feitas na máquina com a mesma parada, para ações externas, de forma a reduzir o tempo de máquina parada. A "Troca Rápida de Ferramentas", um dos elementos da produção JIT destacado por RESENDE e SACOMANO (1991), é o rumo pretendido.

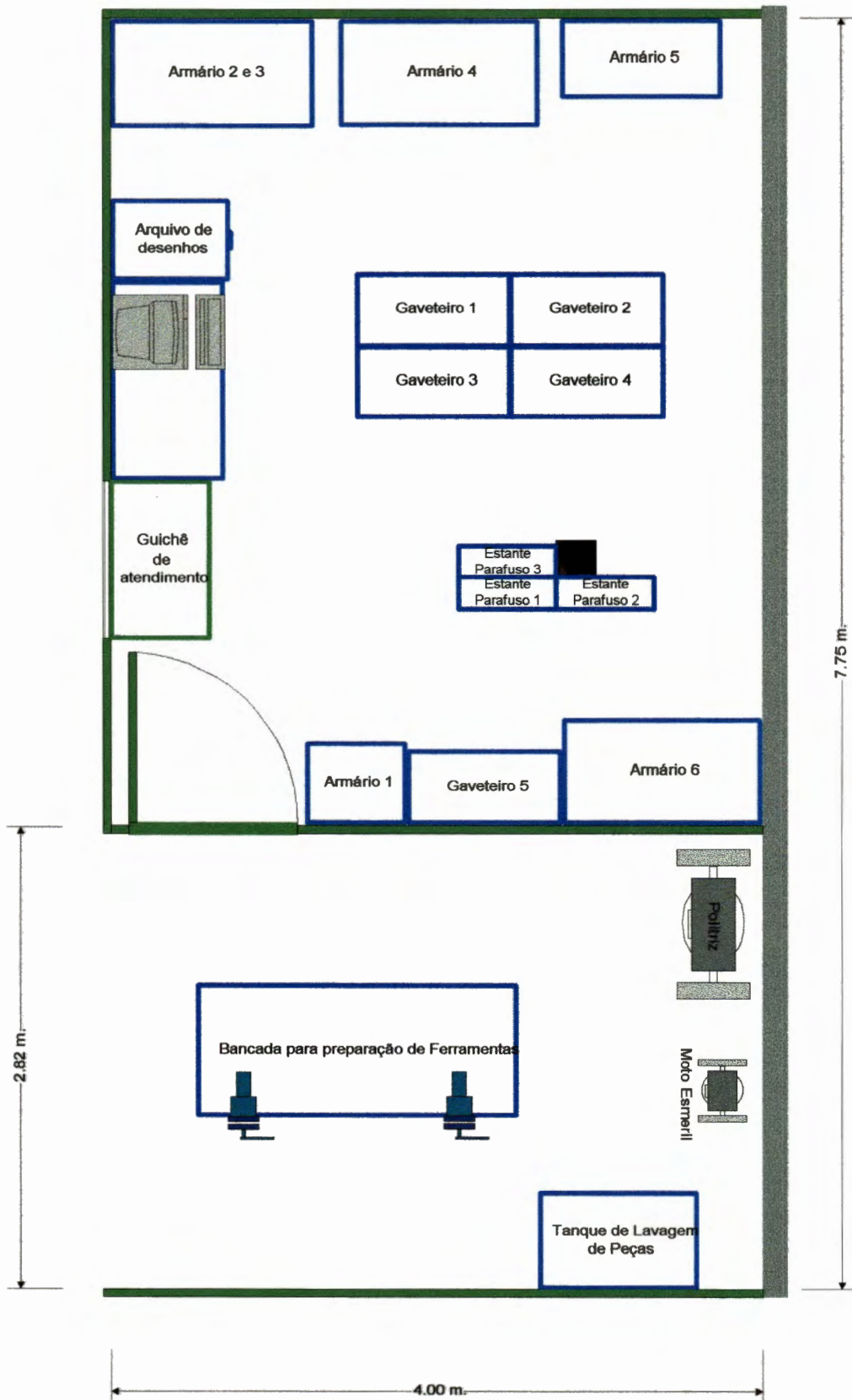


Figura 5.5 - "Layout" detalhado das áreas de controle e de preparação do ferramental

5.5.1.2. “Software”

O desenvolvimento de um “software” sob medida para as necessidades do então almoxarifado foi outro responsável pelo sucesso do trabalho, pois seria muito trabalhoso gerir em torno de 1.800 itens contando somente com listagens, cardex e a própria memória do almoxarife.

O programa que foi desenvolvido nesta dissertação, utilizou o Clipper 5.2, linguagem esta capaz de trabalhar com programação estruturada, possibilitando então desenvolver sistema que permita fazer inclusões, alterações, consultas e exclusões de itens como materiais, máquinas, linhas de produção, usuários, ligações de materiais às máquinas, entre outros, e a qualquer instante, sem precisar alterar o código fonte. Permite ainda trabalhar com vários bancos de dados e de forma relacional, possui recursos para tornar a interface mais amigável, programação em ambiente multiusuário, embora o “software” ALMOX ainda esteja em ambiente monousuário, etc. Uma das grandes vantagens do “software” ALMOX é não necessitar de equipamentos de grande porte para funcionar, sendo que um micro PC 286 com Winchester de 40 Mb, monitor CGA e uma impressora matricial de 80 colunas já são suficientes. Este “software” dificilmente será integrado ao sistema de gerenciamento principal da empresa, devido principalmente à incompatibilidade entre os mesmos. Porém existe hoje para o “software” um outro grande desafio, o de preparar as pessoas, aguçar a criatividade e criticidade e preparar o ambiente para uma futura integração total, onde ocorra, talvez, até a sua própria substituição.

O “software” tem a grande responsabilidade de ser o centro nervoso que vai gerenciar todas as informações de ferramental, que inclui desde simples consultas de dados, até avisos e listagens de ferramentas que precisam ser repostas, ligações entre ferramentas e máquinas, saldos, dados de movimentação, e outros que valem a pena serem vistos a seguir. Buscando uma interface amigável com o usuário, o “software” é totalmente interativo até o momento em que seja necessário que o usuário o alimente com algum valor, como datas, códigos ou descrições da ferramenta, por exemplo. Para tal, utiliza-se o conceito de sobreposições de janelas e menus de barra iluminada de fácil seleção, como ilustrado pela figura 5.6, que mostra uma “navegação” genérica dentro do “software”. Além da facilidade do ambiente, conta com interação constante entre

os bancos de dados de forma a checar informações repetidas, códigos de materiais ou equipamentos inexistentes, com o objetivo de evitar erros de digitação ou distração do usuário.

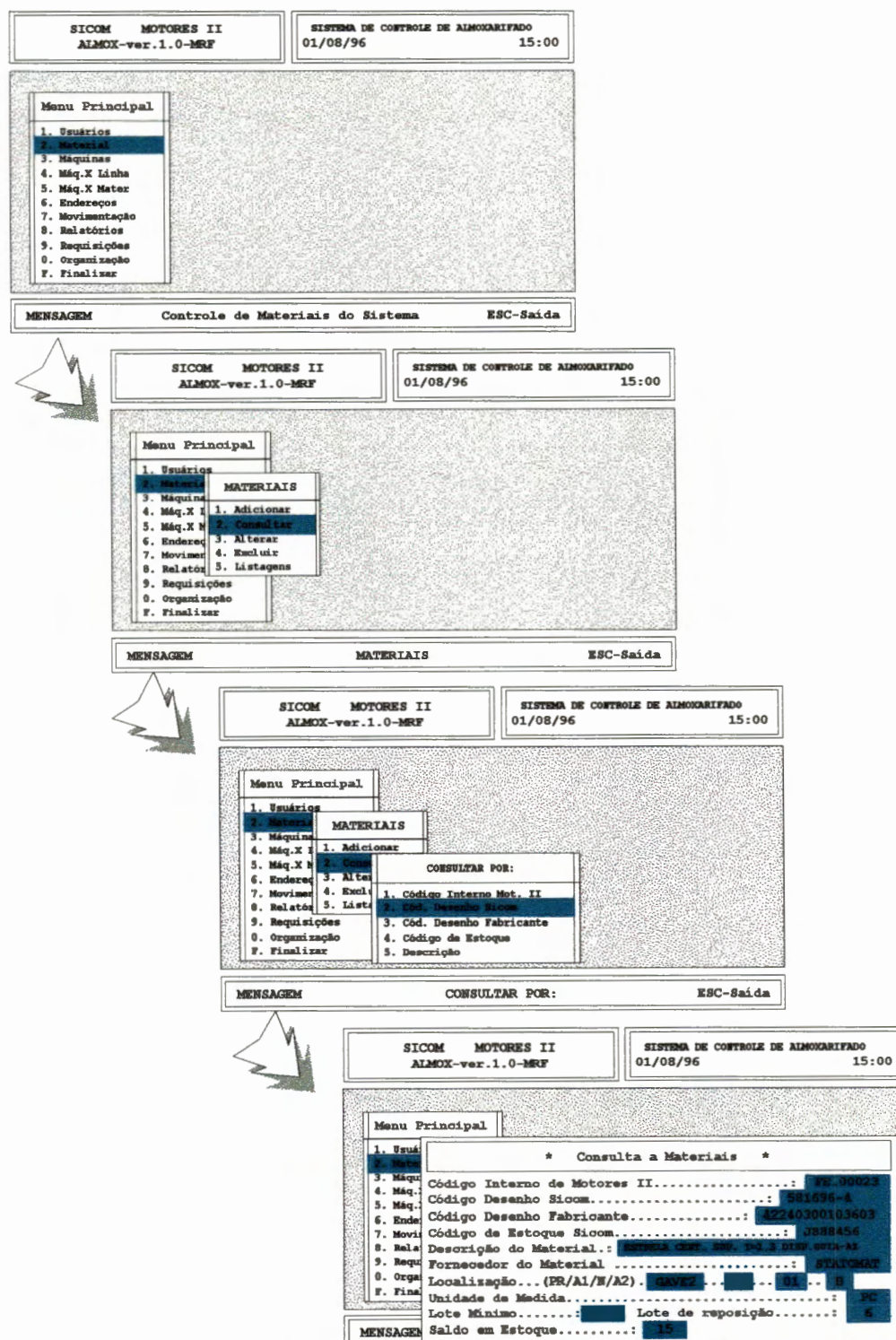


Figura 5.6 : "Navegação" genérica demonstrando a interface amigável do "software"

Antes de partir para a programação propriamente dita do código-fonte, foi necessário inicialmente estudar qual a estrutura desejada do “software”, como quais as informações necessárias, quais os módulos componentes, seus bancos de dados, suas inter-relações, seus limites de atuação, suas necessidades, quais os suportes necessários, os procedimentos e qual era a sua capacidade. A figura 5.7 dá uma idéia geral desta estrutura mostrando todos os seus módulos e opções.

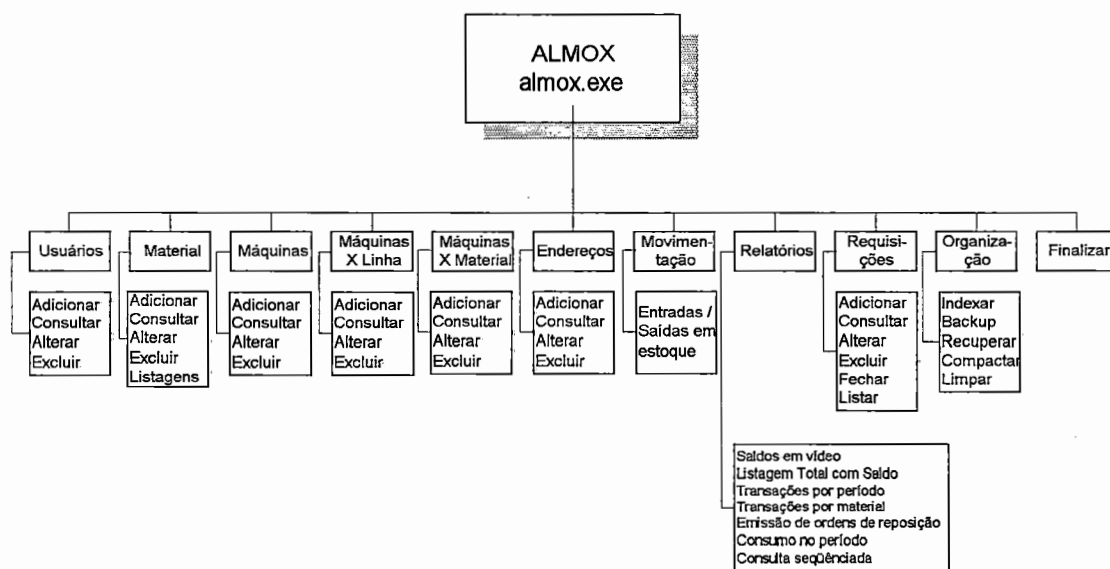


Figura 5.7: Módulos do “software” ALMOX e suas opções

Além disso, cabe também apresentar uma breve explicação sobre o objetivo de cada um dos módulos e suas opções mais importantes, que trabalham sobre nove bancos de dados.

1. Usuário: tem como objetivo cadastrar com senhas de acesso os usuários do sistema, vinculando todas movimentações de materiais a este usuário.
2. Material: este é, sem dúvida, um dos módulos mais importantes e complexos, contando com todas as informações necessárias ao setor a respeito do material, incluindo:
 - Código Interno: é um código gerado dentro do setor dividido em duas partes. A primeira é alfabética de dois dígitos e identifica o tipo de ferramenta, como FE para ferramentas de desgaste, PA

para porcas, parafusos, arruelas, pinos, anéis elásticos e MC para materiais de consumo como lixas, graxa, etc; e a segunda parte é numérica e acumulativa, gerada automaticamente. Este é também o campo chave entre os diversos bancos de dados, pois é o único código garantidamente presente em todos os materiais cadastrados;

- Código de Desenho Sicom: é o código dado pela Engenharia da Tecumseh do Brasil (antiga Sicom) caso exista um desenho do material elaborado dentro da empresa;
- Código de Desenho do Fabricante: é o código fornecido pelo fabricante para identificar o material, caso o material seja fornecido ou tenha sido desenvolvido por terceiro;
- Código de Estoque Sicom: é o código de estoque do material para os materiais que são controlados também pelo sistema central da empresa;
- Descrição do Material: é a descrição designada ao material;
- Fornecedor do Material: identifica quem é o fornecedor titular do material. É importante principalmente para os casos de materiais que não são produzidos dentro da empresa;
- Localização: identifica o local onde o material deve estar armazenado dentro do setor, e é composto de quatro partes. A primeira identifica o armário ou gaveteiro, a segunda (alfabética) representa o número da prateleira (linha) de gavetas do armário, a terceira (numérica) representa a coluna de gavetas e a quarta (alfabética), as subdivisões deste par linha / coluna.
- Unidade de Medida: identifica a unidade de medida pela qual o material está sendo contado;
- Lote Mínimo: é o valor de estoque a partir do qual, quando o saldo for igual ou menor que este, o sistema mandará repor material em estoque;
- Lote de Reposição: é a quantidade de material que será repostada quando o estoque do mesmo atingir ou for menor que o estoque mínimo;

- Saldo em Estoque: é a quantidade de material existente em estoque.

É possível consultar os dados do material a partir de qualquer um dos códigos, além de parte ou toda a descrição.

3. Máquinas: este módulo cadastra as máquinas do setor com dados de modelo, descrição, fabricante e número de engenharia para posterior ligação às linhas e materiais.
4. Linhas X Máquinas: aqui são feitas as ligações das máquinas às linhas, dizendo qual máquina está em qual linha.
5. Máquinas X Materiais: aqui são ligados os materiais aos modelos de máquinas, isto é, à lista de ferramentas por máquinas. A função deste módulo é facilitar a localização de um determinado material do qual não se tenha disponível no momento códigos ou descrição precisos.
6. Endereços: são os locais existentes para armazenagem de materiais. O objetivo de cadastrá-los é evitar que materiais venham a ser cadastrados em locais inexistentes. Corresponde à "localização" do módulo 2. É possível, também, entrar com o endereço e descobrir qual material está alocado no mesmo.
7. Movimentação: é através deste módulo que são apontadas todas as entradas ou saídas de materiais dentro do almoxarifado. Estas movimentações podem ser do tipo Entrada, Saída, Estorno ou Devolução, e sempre estão vinculadas à data, horário, linha de destino e usuário. Sempre que a quantidade restante em estoque após uma movimentação for menor ou igual ao lote mínimo, o "software" avisa ao usuário com uma mensagem instantânea.
8. Relatórios: neste módulo são gerados os diversos relatórios obtidos a partir dos dados contidos nos bancos de dados. Entre as informações fornecidas pelos relatórios, é possível saber o dia, a hora, o centro de custo e até a linha que consumiu determinada ferramenta, para o caso de se desejar fazer um estudo mais detalhado de consumo. Atualmente os relatórios disponíveis são:

- consulta de saldo em vídeo;
- listagem de todos os produtos com o saldo total;
- listagem de transações em determinado período;
- listagem de transações por determinado material;
- emissão de ordem de reposição para todos os materiais com saldo menor ou igual ao lote mínimo;
- relatório de consumo de material em determinado período;
- consulta seqüenciada: é possível consultar dados de materiais pertencentes a uma máquina e uma linha de forma interativa, bastando saber qual a linha e modelo da máquina, ou seu número de engenharia.

Estes relatórios podem ser ampliados a partir dos atuais bancos de dados conforme as necessidades do setor.

9. Requisições: aqui são cadastradas todas as requisições de reposição de materiais, com o objetivo de não haver duplicidade de requisições para o mesmo material.
10. Organização: aqui temos rotinas de organização do sistema como indexações de bancos de dados, cópias de segurança e limpeza de dados de movimentação com mais de um ano.
11. Finalizar: esta é a opção para se sair do "software" e voltar ao DOS.

Para tornar o "software" mais completo e até profissional, algumas alterações ainda podem e devem ser feitas, dependendo de por quanto tempo se pretenda utilizá-lo, conforme descrito a seguir:

- habilitá-lo para trabalhar em rede, permitindo acesso às suas informações em outras máquinas e em outras áreas;
- criar níveis de privilégios aos usuários. Isto significa dizer quem pode fazer o que, como por exemplo, limitar alguns usuários à consulta de apenas alguns dados, não autorizar movimentação de estoque ou ainda não permitir alterações ou "deleções" de dados cadastrados;

- criar e cadastrar grupos de materiais para que se possa criar códigos internos mais significativos, e também tornar a criação dos códigos mais interativa com o usuário, quando da inclusão de um novo item;
- Explorar outros tipos de relatórios necessários.

5.5.2. Implantação

A fase transitória de implantação sempre é difícil e tumultuada, e aqui deve-se ter o cuidado para não tornar a mesma traumática, o que sem dúvida irá bloquear o ganho de todos os benefícios potenciais, além de comprometer o desenvolvimento dos próximos projetos que possam surgir. Nesta fase, o trabalho tem que ser dobrado, pois o mesmo deve ser feito da forma atual e da forma proposta, simultaneamente, e os benefícios nem sempre estão claros a todos, o que causa certa resistência e repulsa à nova técnica. Por isso, o treinamento é a grande arma para atacar este problema, e terá uma grande responsabilidade sobre o sucesso do projeto.

5.5.2.1. Treinamento

O treinamento é o responsável pela consolidação dos instrumentos de apoio, pois de nada vale dispor da melhor ferramenta existente no mercado se a idéia não for “comprada” pelas pessoas que estão ou que deverão estar em contato com tal ferramenta. Mudanças sempre causam alguma repulsa, conforme já observado por TATIKONDA e WEMMERLÖV (1992) entre diversos autores que trataram do assunto, pois o medo de não conseguir acompanhar a nova técnica, a perda do “status”, entre outros medos, supera as perspectivas de benefícios advindos da nova técnica. Por isso, é dito que o treinamento é a forma de “vender” a idéia, pois se todos não estiverem envolvidos com o projeto, a chance de fracasso é muito grande. O sucesso da implantação de um novo projeto não depende apenas da ferramenta em si, mas principalmente das pessoas que estão envolvidas com a mesma.

No presente estudo de caso, o treinamento ocorreu, basicamente, em três fases de preparação, que, embora tenham ocorrido simultaneamente, podem ser analisadas separadamente, conforme descrito a seguir.

A primeira fase foi para a organização do setor, e teve como objetivo preparar os envolvidos para a organização do espaço físico, garantir a disponibilidade de locais adequados para armazenar e preparar as ferramentas, e principalmente saber utilizar esta organização. O principal conceito introduzido nesta fase foi o de endereço, que logo mostrou as vantagens que existem em saber exatamente onde está localizada fisicamente uma ferramenta.

A segunda fase foi para a preparação dos almoxarifes. Aqui, como não tínhamos um profissional já formado para a atividade, a maior dificuldade encontrada foi acostumar os mesmos com a utilização do computador, que embora seja hoje uma ferramenta bastante difundida, ainda causa certa desconfiança entre pessoas que tiveram pouco ou nenhum acesso a ele. É um grande desafio conseguir que as pessoas que detêm o conhecimento técnico em suas mentes consigam utilizar o computador para sistematizar este conhecimento, tornando-o disponível a outras pessoas e a elas mesmas, de forma a agilizar principalmente a recuperação de tais informações. Para tal, é necessário que as pessoas conheçam o que o computador e o "software" podem oferecer, e como "navegar" pelo sistema em busca das informações. Trabalhar de forma organizada e debaixo de certos procedimentos também é uma situação nova para algumas pessoas, principalmente quando um certo tipo de serviço vem sendo feito da mesma forma há um longo tempo. Por isso, também um procedimento, em forma de uma lista de atividades, foi criado para os almoxarifes. Estes, também, tiveram que passar por um treinamento técnico a respeito das ferramentas específicas do setor, de forma a saberem identificar principalmente o estado e a qualidade de uma ferramenta.

A terceira foi para o envolvimento e a preparação dos usuários do almoxarifado. O treinamento para preparar e envolver todos aqueles que precisam dos serviços prestados pelo almoxarifado é, sem dúvida, o mais árduo. Treinar os usuários indiretos do sistema para saber explorar seus recursos e respeitar os limites da nova situação torna-se difícil, pois, muitas vezes, isto significa perder um certo "status" em troca de informações e serviços mais sistematizados que, sem dúvida, são mais eficientes e eficazes. Por isso, podemos chamar este

treinamento também de conscientização, que teve que considerar a cultura propriamente dita das pessoas de todos os níveis do setor.

5.5.2.2. Dificuldades e Benefícios

As dificuldades encontradas até este momento não são diferentes das expostas por vários autores nas diversas literaturas que tratam da implantação de novas técnicas, e os benefícios tornam-se cada vez mais claros. As dificuldades maiores estão relacionadas ao comportamento das pessoas, pois a dificuldade técnica está resumida, basicamente, em definir as informações necessárias, como sistematizá-las e estruturá-las, desenvolver o código-fonte do “software” e os procedimentos de utilização, que, uma vez definidos e prontos, praticamente não mudam mais, restando, portanto, o trabalho com as pessoas. Assim, podemos listar de forma geral os seguintes problemas e dificuldades encontrados:

1. Introduzir novos conceitos e novas tecnologias, como computador, “software”, necessidades de controles, etc.
2. Limites de acesso. Antes, qualquer pessoa tinha acesso aos armários e gaveteiros de ferramentas e, desta forma, podia entrar e pegar qualquer ferramenta sem qualquer controle formal. Porém, com a introdução deste trabalho, todos passaram a ser atendidos pelo almoxarife, que é a única pessoa autorizada a dar entrada ou saída das peças, e tem a responsabilidade de controlar saldos e reposições. O pré-requisito imediato desta mudança foi barrar e controlar a entrada de qualquer pessoa dentro do almoxarifado. Este fato criou uma certa resistência de alguns, principalmente os mais velhos do setor, que se sentiram rebaixadas diante da nova realidade. Somente com o próprio desenvolvimento do trabalho e o surgimento dos benefícios foi possível superar este problema.
3. Não é surpresa no início de um trabalho onde se controlem saldos e reposições de uma grande quantidade de itens, que os valores de saldos disponíveis no sistema apresentem divergências do valor real, o que levará ao excesso de itens desnecessários ou à falta de itens em momentos importantes. Isso se deve principalmente à inexistência de uma cultura de controle, falta de apontamentos de

entradas e saídas, e devido ao desconhecimento da importância deste controle. A solução está na insistência dos coordenadores do trabalho, de tal forma que o hábito e a habilidade sejam ganhos com o tempo. Deve-se sempre cobrar a perfeição. Erros são inevitáveis inicialmente, porém deve ficar claro que também são inaceitáveis quando repetidos.

4. O trabalho levou a uma centralização das ferramentas de desgaste, pois uma mesma ferramenta pode ser utilizada nas diversas linhas e nos diversos turnos, e, como um dos objetivos é reduzir custos de redundâncias de ferramentas, os diversos estoques intermediários tiveram que ser desfeitos. Isto significa que diversos mestres, preparadores e até operadores tiveram retirados de seus estoques particulares seus pequenos “estoques estratégicos”, que no fim resultavam em grandes investimentos em ferramentas paradas, e o que é pior, máquinas poderiam vir a parar pela falta de uma ferramenta que estivesse parada em poder de outra pessoa. Esta centralização não foi tão simples quanto se pode imaginar, pois as pessoas têm um instinto de auto-defesa e bloqueio a mudanças, chegando a se sentir ofendidas com as mudanças das regras, porém esta foi uma mudança inevitável. O pensamento individual deve ser substituído pelo pensamento da necessidade de sucesso do grupo.
5. A enorme quantidade de ferramentas obsoletas dificultou muito o trabalho de identificação das mesmas, pois diversas “gerações” de máquinas passaram pelo setor, e muitas foram as ferramentas armazenadas neste período, sendo que algumas só eram conhecidas por preparadores mais velhos do setor e, em alguns casos, não foi possível identificar as mesmas. Todas as ferramentas obsoletas e sem condições de uso foram sucateadas para que não se perdessem espaço e tempo de controle com as mesmas.
6. A falta de padronização dos nomes e mesmo a definição clara dos nomes de algumas ferramentas foi, também, um grande problema a ser resolvido. Diversas não têm um nome padronizado, devido principalmente às suas origens — em alguns casos alemãs ou

americanas – e, muitas vezes, não permitem uma tradução exata. Assim, elas foram ganhando “apelidos” que se perpetuaram ao longo do tempo, porém sem uma padronização. Um grande esforço na padronização das descrições e adequações nas traduções vem sendo feito ao longo do trabalho, de forma a não ferir a cultura existente mas também buscando uma maior aproximação da descrição com a função, forma e semelhanças das ferramentas.

Os benefícios atualmente desfrutados dentro do setor podem ser listados como:

- rápida localização da ferramenta;
- rápida identificação da ferramenta quando não se tem dados exatos de códigos ou descrições da ferramenta;
- localização da ferramenta a partir da máquina;
- controle de quantidades, como saldos disponíveis, lotes mínimos e de reposição de forma a não deixar faltar ferramentas;
- certeza de que a ferramenta do almoxarifado está em condições de trabalho, pois ela só deve estar lá caso esteja em condições, principalmente se não for nova e tiver acabado de sair da máquina. No passado, as ferramentas eram trocadas e as velhas eram guardadas sem reparo, reafiação ou revisão, o que só seria percebido quando se desejasse utilizá-la novamente;
- infra-estrutura contando com espaço organizado e limpo e com os equipamentos necessários à preparação ou recuperação de ferramentas;
- disponibilidade de informações de histórico de consumo por data, horário, centro de custo e linhas, quando e para o período necessário;
- ganhos de produção devido à redução de tempo de máquinas paradas por falta de ferramentas;
- ganhos em qualidade devido à garantia de estado adequado da ferramenta utilizada no processo de produção;
- ganho de motivação dos funcionários ao se conseguirem os resultados previstos no trabalho;

- ganho de conhecimento e poder crítico do nível administrativo que participa do trabalho;
- preparação do setor para uma futura integração com a fábrica toda e
- padronização das descrições das ferramentas.

5.5.3. Forma atual e proposta para o planejamento das necessidades de ferramentas

A grande diversidade das ferramentas e seus fins específicos são características que especialmente dificultam o planejamento e a programação das ferramentas utilizadas no setor de Motor 2. Brocas, machos, serras, pastilhas de metal sinterizado e fresas são ferramentas que podem ser ajustadas em determinadas máquinas e as capacitar para a fabricação de uma ampla gama de produtos ou subcomponentes, conferindo-lhes certa flexibilidade, ao contrário do que acontece com as ferramentas utilizadas no processo de fabricação de um estator, que, na maioria das vezes, são específicas para determinados modelos de estatores e normalmente fornecidas por um único fabricante. Agulhas de costura, lamelas e estrelas de inserção, protetores de colarinho, moldes ou chapelonas, castanhas de formatação de cabeça de bobina, entre outras, são ferramentas específicas para a produção de estatores, mantendo, em alguns casos, diferenças entre as mesmas, que dificilmente são detectadas a olho nu. As figuras 5.8 e 5.9 trazem uma pequena amostra das ferramentas especiais utilizadas para fabricação de um estator de forma a ilustrar a discussão:

Atualmente, as ferramentas de desgaste do setor de bobinagem são planejadas e programadas na empresa pela área de PCPM (Planejamento e Controle da Produção e Materiais) com base principalmente em dados estatísticos e dirigidas por algumas políticas da área. O sistema verifica qual foi o consumo médio de cada ferramenta nos últimos três meses, gera uma demanda neste valor e realiza o planejamento para as próximas 14 semanas, levando em conta o "lead-time" do fornecedor, que em 80% dos casos é de 30 dias. Este processo é feito automaticamente pelo sistema central de PCP da fábrica, e o programador fará sua inferência no resultado, aplicando no plano algumas políticas pré definidas, como lote mínimo e meta a ser atingida de valor financeiro aplicado em estoque.

Após a liberação da ordem pelo programador, segue-se o processo normal de compra e controle de compra feito pela área comercial da empresa.

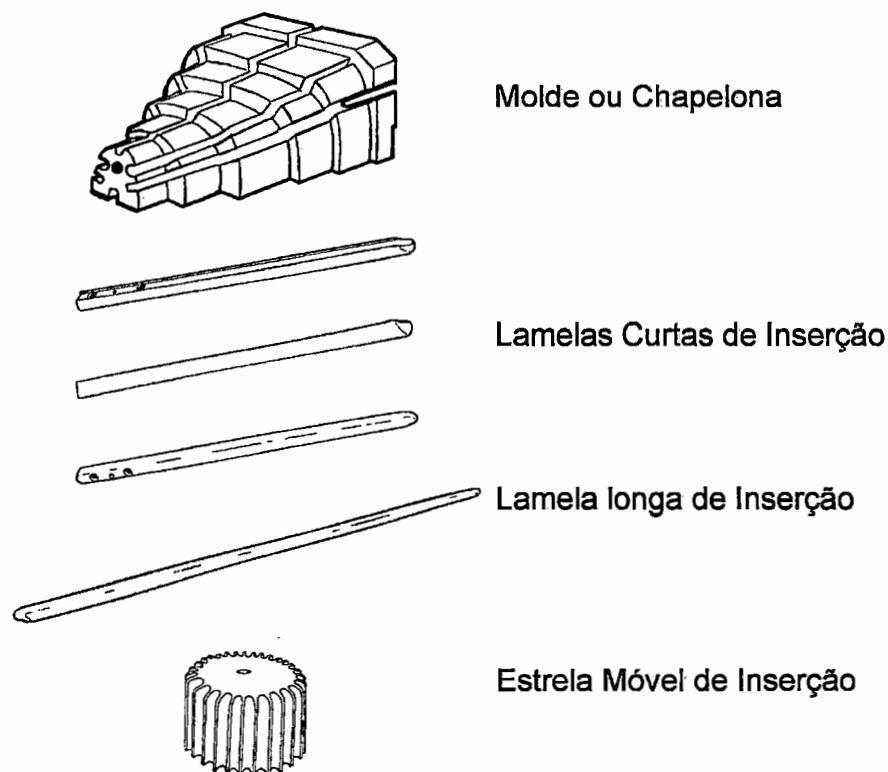


Figura 5.8 - Ferramentas para máquinas de bobinagem e inserção de estator

O grande problema existente atualmente nesta forma de planejamento é a falta de uniformidade no consumo de algumas ferramentas, principalmente daquelas que têm uma durabilidade superior a três meses e que, quando necessário, têm que ser trocadas em grande volume. Neste caso, o sistema irá "enxergar" um consumo médio de zero ferramentas no final de três meses e, portanto, não planejará reposição, o que, sem dúvida, irá comprometer a substituição do conjunto de ferramentas quando for necessária. Outro problema é que o sistema pode planejar uma ferramenta específica para um produto que teve uma alta demanda nos últimos três meses, mas pode estar entrando num longo período sem demanda e, portanto, teremos investimento em ferramentas que ficarão paradas até a próxima ordem de produção para o determinado produto.

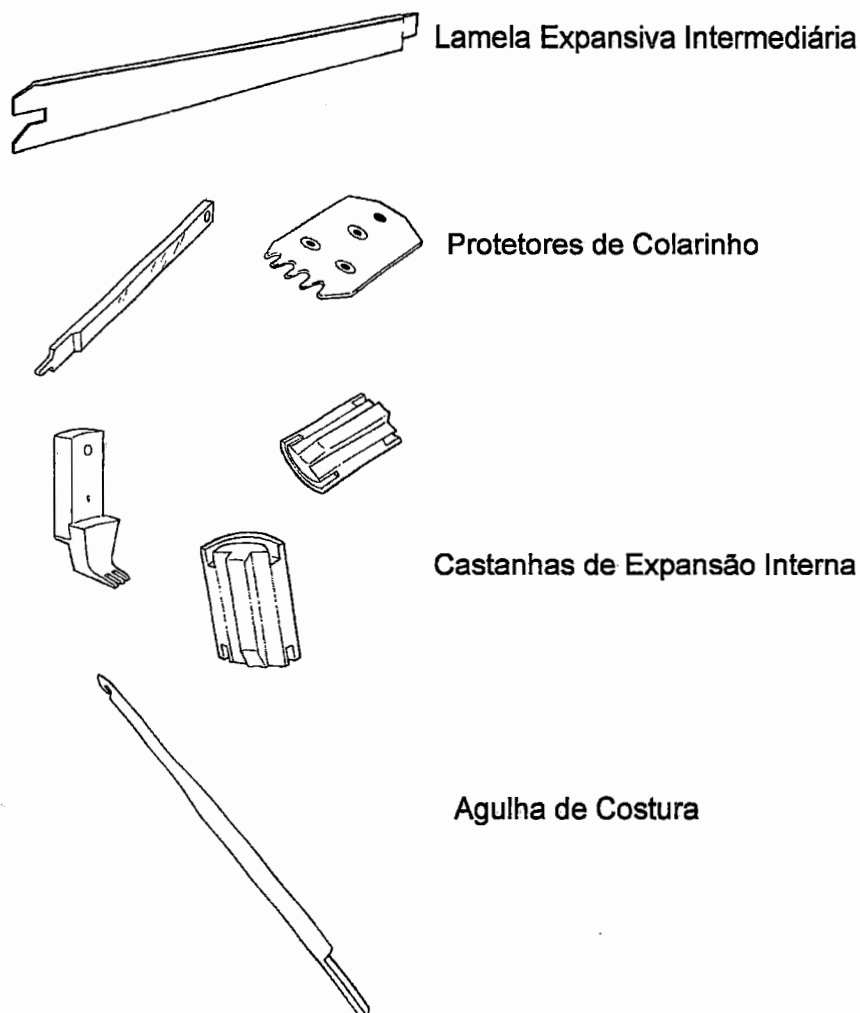


Figura 5.9 - Ferramentas para máquinas de formatação interna e externa de cabeças de bobina, e para máquinas de costurar cabeças de bobinas e estator

5.5.3.1. Proposta

A necessidade de um eficiente sistema de Planejamento e Controle de Ferramentas já foi extensamente relatado por CHUNG (1991), MELNYK e LYMAN (1993) e KHATOR e LEUNG (1994), que mostram sua importância no desempenho do PCP como um todo e, por isso, defendem a criação de um sistema de Planejamento e Controle da Produção integrado ao Sistema de Planejamento e Controle de Ferramentas. No setor de Motor 2 em estudo, a necessidade desta integração torna-se bastante evidente devido à grande dependência deste com relação às suas ferramentas, que têm ainda como

características uma grande diversidade, aplicação em fim específico e dependência de fornecedores.

A tabela 5.1 classifica a grande parte das ferramentas utilizadas no setor, principalmente as especiais, em função da possibilidade de recuperação, custo de aquisição e prazo de entrega.

Tabela 5.1 - Classificação das ferramentas de Motor 2 com relação ao tipo

Quanto à recuperação	As ferramentas, com exceção de algumas poucas facas de corte, não são recuperáveis ou reafiáveis. Faz parte da conservação das mesmas receberem polimentos periódicos, porém este tipo de recuperação já está incluído na vida útil da ferramenta, que, muitas vezes é realizada inclusive durante a operação das máquinas ou em revisões, quando a ferramenta sai da máquina por mudança de modelo.
Quanto ao custo de aquisição	Embora a aquisição das ferramentas não represente investimentos estratégicos devido ao seu custo, e à grande quantidade utilizada e seu alto consumo, o custo total gasto em ferramentas encaixa-se no nível moderado.
Prazo de Entrega	O prazo de entrega é em média de 30 dias para ferramentas compradas de fornecedores nacionais, e 60 dias para ferramentas que são importadas.

Baseado nesta tabela e nos dados históricos gerados pelo sistema ALMOX, discutido no item 5.5.1.2, podemos propor inicialmente um sistema de Planejamento e Controle de Ferramentas separando as ferramentas em pelo menos três categorias, conforme apresentado a seguir.

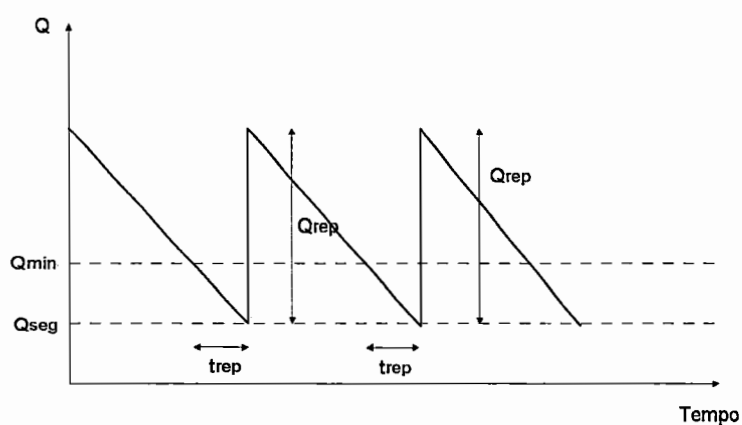
♦ **CATEGORIA 1: Método de Duas Gavetas ou do Lote Mínimo**

Este método clássico ainda é muito utilizado devido principalmente à sua simplicidade, e, embora às vezes tido como “ultrapassado” pode ser muito bem aplicado em casos como o apresentado a seguir. O cuidado que se deve tomar com este método visa não “inchar” o estoque. A figura 5.10 ilustra este método, mostrando o comportamento do estoques e prazos de reposição: sempre que o valor em estoque (Q) atingir o valor do estoque mínimo (Q_{min}), é emitida uma

ordem de reposição de valor igual ao lote de reposição (Q_{rep}), de forma que não ocorra ruptura no estoque.

Deverão ser então controladas dentro desta categoria ferramentas padronizadas, que tenham um consumo regular, e que, em uma classificação ABC de custo, caiam dentro da classe C; portanto, de custo baixo e alto volume de consumo. Para este tipo de ferramenta não é viável estabelecer uma estrutura ligada ao produto, além do que as mesmas podem ser utilizadas em diversas máquinas, e os fornecedores normalmente trabalham com lotes mínimos ou lotes econômicos de venda. Dentro deste caso, encaixam-se parafusos, porcas, arruelas, pinos, brocas, serras, etc. Desta forma, podemos definir para estas ferramentas os seguintes parâmetros:

- Estoque de Segurança (Q_{seg}) = depende da política da empresa, mas pode chegar à metade do valor do Lote Mínimo;
- Estoque Mínimo (Q_{min}) = demanda média do item multiplicada pelo tempo de reposição mais o lote de segurança - $Q_{min} = D_{med} \times t_{rep} + Q_{seg}$;
- Lote de Reposição (Q_{rep}) = depende de valores de lote mínimo e lote econômico do fornecedor, mas nunca deve ser menor que o lote mínimo;
- Tempo de Reposição (t_{rep}) = definido pelo fornecedor, mas não deve ultrapassar a 30 dias.



Legenda:

- Q = Quantidade em Estoque
 Q_{min} = Estoque Mínimo a partir do qual se faz o pedido de reposição
 Q_{seg} = Estoque de Segurança para o caso de um consumo inesperado ou atraso na reposição
 Q_{rep} = Quantidade a ser reposta do item
 t_{rep} = Tempo necessário para repor o item (lead-time)

Figura 5.10 - Método clássico de Controle de Estoques pelo Lote Mínimo

- ◆ **CATEGORIA 2:** Ferramentas Especiais com consumo inferior ou igual a uma peça por linha no último ano.

Devido ao baixo consumo destas ferramentas não é viável estabelecer-se um controle de vida para as mesmas durante tanto tempo, e também, devido ao seu custo, não é viável mantê-las em estoque paradas por longos períodos. O valor estabelecido de “uma” peça por ano deve ser avaliado para cada caso, pois podem ocorrer casos em que uma ferramenta que tenha tido um consumo de duas ou pouco mais de duas peças no ano, e que tenham ou “lead-time” de entrega muito grande, ou custo muito baixo, também possam vir a ser controladas dentro deste nível.

Assim, para este tipo de ferramenta, considerando-se o consumo estabelecido de uma peça por ano, o critério de controle a ser adotado é o de manter uma unidade da ferramenta em estoque. Sempre que esta ferramenta for retirada para entrar na máquina, emite-se automaticamente um pedido de reposição de 1 peça, considerando-se que o tempo para reposição não deva ultrapassar 60 dias. Outra característica que este tipo de ferramenta irá apresentar é que a mesma não precisa ser trocada quando houver mudanças de modelos, como acontece com as lamelas de inserção.

- ◆ **CATEGORIA 3:** Método do Planejamento das Necessidades de Ferramentas, baseado na demanda do produto - “TRP”.

A proposta é criar um TRP dentro dos princípios propostos por CHUNG (1991), MELNYK e LYMAN (1993) e KHATOR e LEUNG (1994), para planejamento de algumas ferramentas especiais e de consumo regular dentro de, pelo menos, os últimos seis meses. Caso o consumo nos últimos seis meses tenha sido de uma peça por linha, este deve ser avaliado durante os próximos seis meses para definir se a mesma cai dentro da “categoria 2” ou continua na “categoria 3”. Porém, inicialmente, fica na categoria 3. Pode acontecer também o caso de uma ferramenta ter tido um consumo elevado no último ano, porém, quando avaliados os últimos seis meses, o consumo foi de zero ferramentas. Neste caso, o controle deve ser realizado dentro da categoria 3, porém considerando-se o volume produzido do ano todo, pois o que deve estar

acontecendo é uma troca de todo um conjunto de ferramentas de uma só vez, o qual, por sua vez, irá durar em torno de um ano novamente até de uma nova troca.

O diagrama proposto por MELNYK e LYMAN (1993) na figura 4.2 é o que mais se encaixa para exemplificar o sistema proposto, e o Método do Perfil das Necessidades de Ferramentas proposto por CHUNG (1991), apresentado no item 4.3, é o método adequado de programação para o caso em estudo. Embora ele já tenha sido exemplificado anteriormente junto de outros dois, será revisto isoladamente a seguir de forma a ajudar na sua compreensão.

$$f_j(x_t^k) = \sum_k \sum_{m=1}^{l_k} r_{mj}^k \cdot x_{t+l_k-m}^k$$

onde:

r_{mj}^k = quantidade necessária da ferramenta j (pode ser em horas de vida) para cada unidade produzida do item k no período m de "lead-time"

l_k = "lead-time" de manufatura do item k

$$\sum_{m=1}^{l_k} r_{mj}^k = r_j^k$$

$x_{t+l_k-m}^k$ = representa as quantidades de produção das partes do

Plano mestre

A tabela 5.2 apresenta um exemplo fictício de um Plano Mestre de Produção para um horizonte de seis períodos. A figura 5.11 mostra a estrutura de produtos confrontada com a estrutura de ferramentas dos itens do Plano Mestre, e a tabela 5.3 apresenta uma grade de consumo de ferramentas por unidade produzida de cada item, e finalmente a figura 5.12 mostra o Perfil das Necessidades de ferramentas dentro do "time-phasing" para cálculo do TRP.

Tabela 5.2 - Plano Mestre de Produção fictício utilizado no exemplo

Item	Períodos					
	1	2	3	4	5	6
A	10	20	30	30	20	10
B	30	20	10	10	20	30

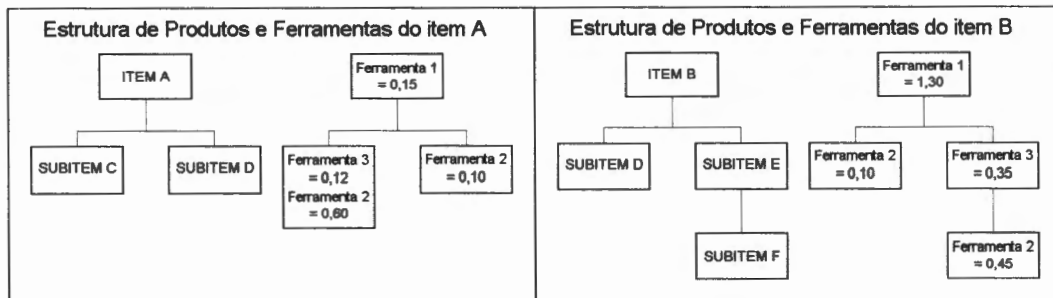


Figura 5.11 - Estrutura de Produto X Estrutura de Ferramentas para o exemplo

Tabela 5.3 - Grade de Consumo de Ferramentas:

ferr/ item	Item A	Subitem C	Subitem D	total ferr.
1	0,15	-	-	0,15
2	-	0,60	0,10	0,70
3	-	0,20	-	0,20
total geral				1,05

Ferr/ item	Item B	Subitem D	Subitem E	Subitem F	total ferr.
1	1,30	-	-	-	1,30
2	-	0,10	-	0,45	0,55
3	-	-	0,35	-	0,35
total geral					2,20

As setas azuis apontam para as variáveis de consumo r_{mj}^k , r_j^k e r^k para cada ferramenta e item/subitem.

Os cálculos apresentados a seguir são feitos somente para o período 1, pois o objetivo é ilustrar a aplicação da técnica, e, uma vez entendido para o período 1, os períodos restantes são semelhantes.

- Ferramenta tipo 1: $0,15 \times 10 + 1,30 \times 30 = 40,50$ h
- Ferramenta tipo 2: $0,10 \times 20 + 0,10 \times 20 + 0,60 \times 30 + 0,45 \times 10 = 26,50$ h
- Ferramenta tipo 3: $0,20 \times 20 + 0,35 \times 20 = 11,00$ h

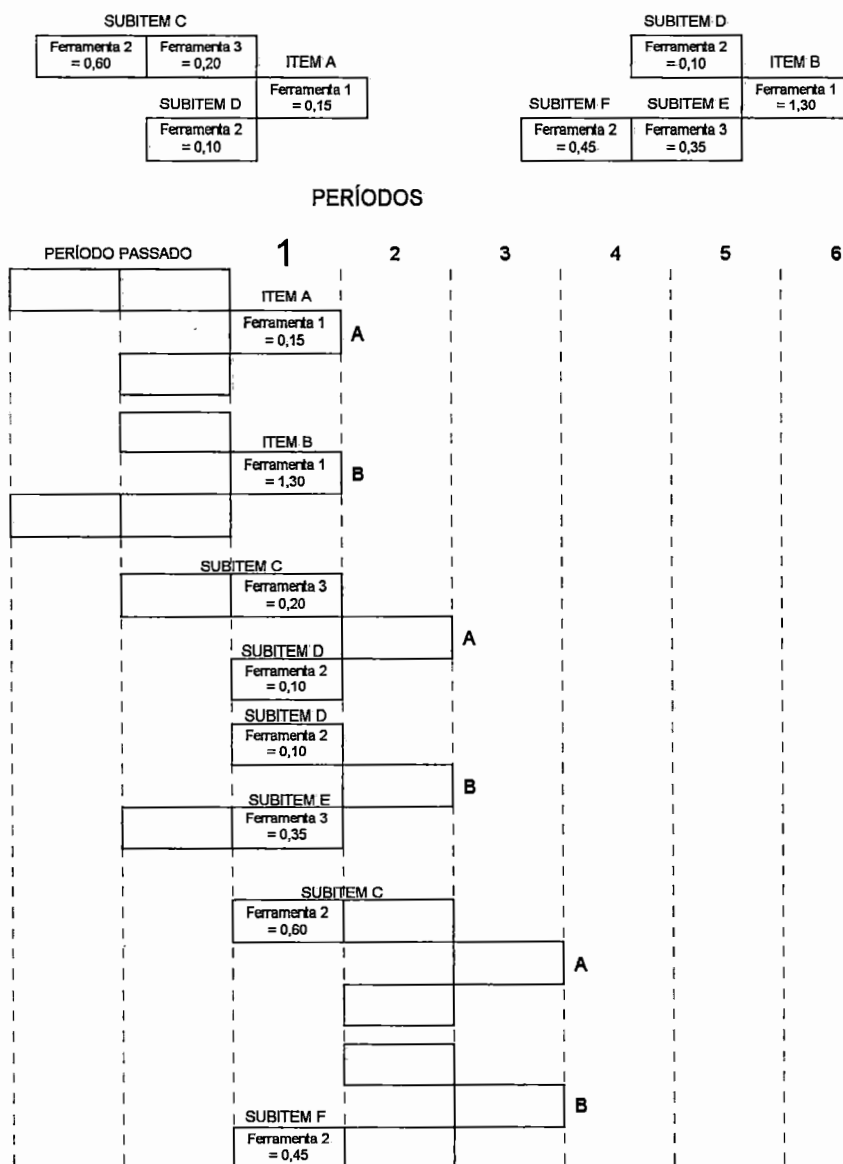


Figura 5.12 - Perfil das Necessidades de Ferramentas dentro de "time-phasing"

Fonte: adaptada de CHANG (1991: 481)

Para a aplicação do caso em estudo, uma maior facilidade será encontrada na estrutura de ferramenta, uma vez que todas as ferramentas estão em um único nível abaixo do produto acabado. Em contrapartida, para dificultar, o "lead-time" de obtenção da ferramenta, podem-se ultrapassar até dois períodos dentro do Plano Mestre de Produção: portanto, deve-se estar atento a estas particularidades.

Outra proposta dentro deste estudo de caso é fazer a transferência da vida das ferramentas (estoque) para um outro estoque de controle quando esta for

retirada do almoxarifado central. Este estoque ou centro de controle deve ser criado dentro do sistema central da empresa, e pode ser chamado de “Estoque de Ferramentas em Processo”, integrando, desta forma, o sistema ALMOX ao CONTROL, atual sistema cooperativo utilizado pela empresa, baseado do MRP II. Dentro deste estoque deverá ser feito o “backflushing” para controle da vida das ferramentas. Inicialmente este estoque em processo pode vir a ser desprezado ao se “rodar” o TRP, até que se tenha plena confiança nas informações de tempo de vida das ferramentas em função da quantidade a ser produzida do produto final, no caso o estator. A figura 5.13, ilustra dentro de um diagrama de fluxo simplificado, como se dá a atual movimentação de materiais e componentes entre os almoxarifados e áreas da fábrica, com destaque para proposta do novo “Estoque de Ferramentas em Processo - 1 FERPRO”.

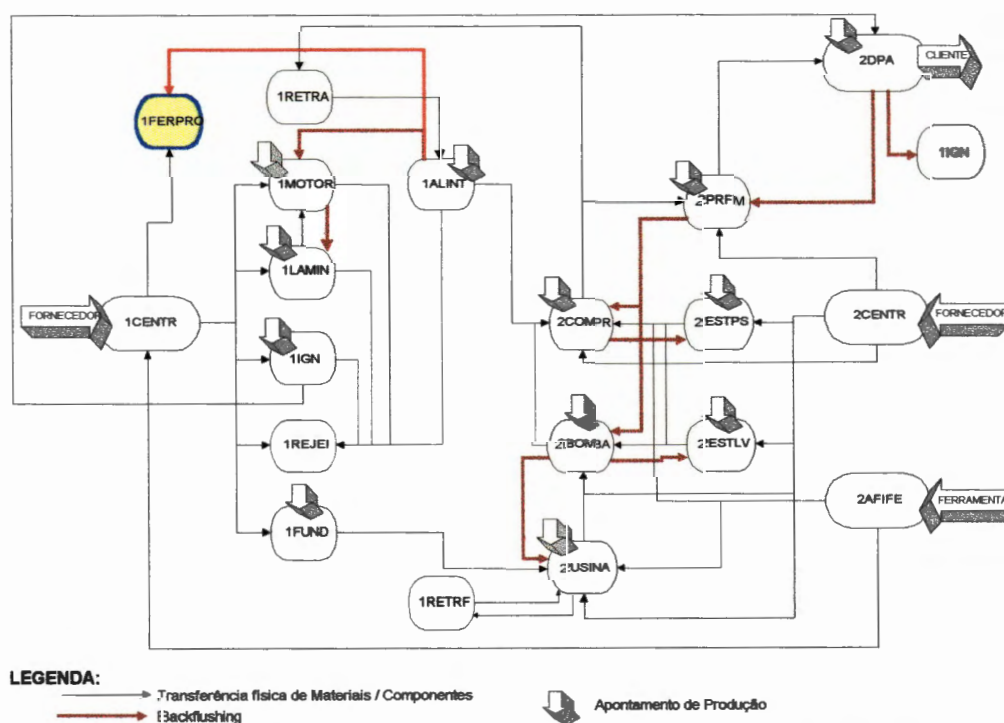


Figura 5.13 - Diagrama de fluxo simplificado de movimentação da materiais incluindo proposta do estoque FERPRO

Outra complicação que pode ocorrer no setor de Motor 2 é o fato de um mesmo produto poder ser fabricado em linhas diferentes e, desta forma, vir a usar ferramentas similares, porém incompatíveis entre si. A solução para tal problema é avaliar percentualmente em quais linhas e com quais ferramentas é

fabricado determinado produto, e assim partir para uma média ponderada de consumo de ferramentas, levando-se em conta todas as possíveis ferramentas a serem utilizadas nas diversas linhas.

A quantidade de modelos de estatores existentes no setor liberados para fabricação tem valores por família perto de 190 do AE, 40 do AK, 90 do AZ e 25 do TP, os quais, mesmo pertencendo muitas vezes à mesma família, utilizam algumas ferramentas específicas para sua fabricação. Por isso, é necessário que para cada modelo seja criada uma “Árvore de Ferramentas”, semelhante à “Árvore de Produtos”, porém neste caso, para ferramentas. As Árvores de Ferramentas devem manter muita semelhança para produtos da mesma família. A figura 5.14 ilustra esta “Árvore de Ferramentas” incorporada à “Árvore de Produtos”, para um estator genérico, dentro do compressor.

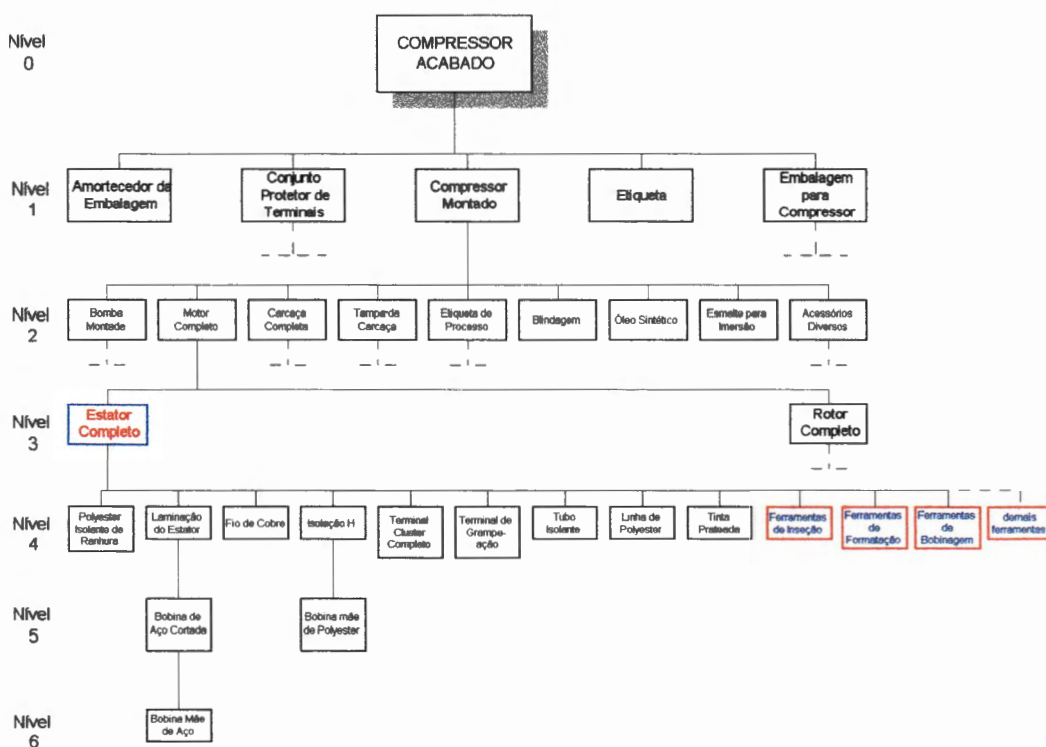


Figura 5.14 - Árvore de Ferramentas de um estator genérico dentro do compressor

Como exemplo real será mostrado na tabela 5.4 Lista (Árvore) de Ferramentas necessária para fabricação de um estator da família TP, o S4401BY. Os dados de consumo de ferramenta por peça fabricada estão nas informações de

consumo dos últimos seis meses, gerada pelo sistema ALMOX, já discutido no item 5.5.1.2. Com base neste consumo, será definido, também, em qual categoria de controle deve ficar a ferramenta, porém para uma conclusão final sobre as ferramentas controladas na categoria 2, devem ser avaliadas, ainda, outras linhas que possam vir utilizá-la. O ideal para as ferramentas deste nível é analisar seu consumo independente do modelo de estator a ser produzido, considerando-se o setor como um todo.

Produto (item pai): S4401BY - nível 0

Ferramentas (itens filhos) - todas nível 1

Tabela 5.4 - Lista de Ferramentas e respectivas categorias de controle para o produto S4401BY

CODIGO INTERNO	DESCRIÇÃO	CONSUMO NO ÚLTIMO ANO	CONSUMO NOS ÚLTIMOS SEIS MESES	CATEGORIA DE CONTROLE	CONSUMO POR PEÇA (PARA CATEGORIA 3)
FE.00143	FAÇA DE CORTE ISOL. RANHURA AE/AZ	0	0	2	
FE.00337	PUNÇÃO INSERIR ESTECAS ISOL RANHURA - AE	2	1	3	0,0000109
FE.00443	GUIA ESTECA ESQ MATRIZ CORTE/DOBRA - AE	4	0	3*	
FE.00444	GUIA ESTECA DIR MATRIZ CORTE/DOBRA - AE	0	0	2	
FE.01127	MATRIZ CORTE/DOBRA PEQUENA - AE	0	0	2	
FE.00210	FAÇA CORTE INSERIDORA MAR - AE, AZ	1	0	2	
FE.00212	FAÇA FIXA ISOLADORA MAR - AE3	0	0	2	
FE.00221	BUCHA GUIA EXPULSORES - AE	0	0	2	
FE.00222	CONJUNTO DE CALOTA DO EXPULSOR - AE, AZ	12	6	3	0,0000652
FE.00226	EXPLUSOR CENTRAL DA MARCHA - AE3	12	8	3	0,0000869
FE.00253	LAMELA 15 GRAUS 1/2 ALÍVIO A DIR. - AE3	1	1	3	0,0000109
FE.00256	LAMELA 15 GRAUS (FIXA NORMAL) - AE	9	7	3	0,0000761
FE.00259	LAMELA 15 GRAUS 1/2 ALÍVIO A ESQ. - AE3	2	2	3	0,0000217
FE.00267	PONTA BALA PRENSA ZFM - AE	0	0	2	
FE.00274	UNHA PROTETORA ZFM - AE	32	20	3	0,0002173
FE.00406	LAMELA 1:2 PRENSA INTERM. ZFM - AE	0	0	2	
FE.00407	LAMELA 1:4 PRENSA INTERM. ZFM - AE	0	0	2	
FE.00408	LAMELA 1:10:12 PRENSA INTERM. ZFM - AE	0	0	2	
FE.00433	LAMELA 1:6 PRENSA INTERM. ZFM - AE	0	0	2	
FE.00435	LAMELA 1:8 PRENSA INTERM. ZFM - AE	0	0	2	
FE.01074	MOLDE BOBINADORA SUPERIOR AE	6	6	3	0,0000652
FE.01076	MOLDE BOBINADORA INFERIOR AE	2	2	3	0,0000217
FE.01455	CONJUNTO COMPL. ACOPL. LAM. FIXA - AE3	5	5	3	0,0000543
FE.01456	CONJUNTO COMPL. ACOPL. LAM. MÓVEL - AE3	3	2	3	0,0000217
FE.00191	LAMELA FIXA Y=1,32 - AE3	30	7	3	0,0000761
FE.00192	ESTRELA DA LAMELA LONGA Y=1,32 - AE3	0	0	2	
FE.00193	LAMELA CURTA MÓVEL Y=1,32 - AE3	50	5	3	0,0000543
FE.00194	ESTRELA DE INSERÇÃO Y=1,32 - AE3	5	0	3*	
FE.00196	LAMELA FIXA Y=1,1 - AE3	59	31	3	0,0003368
FE.00197	ESTRELA DA LAMELA LONGA Y=1,1 - AE3	0	0	2	
FE.00198	LAMELA CURTA MÓVEL Y=1,1 - AE3	43	12	3	0,0001304
FE.00199	ESTRELA DE INSERÇÃO Y=1,1 - AE3	10	6	3	0,0000652
FE.00201	LAMELA FIXA Y=0,9 - AE3	43	33	3	0,0003585
FE.00203	LAMELA CURTA MÓVEL Y=0,9 - AE3	105	67	3	0,0007279
FE.00207	ENGATE EXTERNO - AE3	26	14	3	0,0001521
FE.00208	ENGATE INTERNO - AE3	9	3	3	0,0000326
FE.00220	EXPULSOR EM ÂNGULO DIREITO AUX. - AE3	6	5	3	0,0000543
FE.00227	EXPULSOR CENTRAL AUX. - AE3	2	0	3*	
FE.00237	ESTRELA GUIA Y=1,1 AUX. - AE3	0	0	2	
FE.00257	LAMELA ESTRELA GUIA Y=1,3 AUX. - AE3	2	2	3	0,0000217
FE.00260	LAMELA 60 GRAUS (FIXA C/ CHANFRO) - AE3	6	6	3	0,0000652
FE.00356	EXPULSOR ÂNGULO ESQUERDO - AE3	4	3	3	0,0000326
FE.00419	PRENDEDOR FORMA REVERSÃO ESQ. AE3	1	1	3	0,0000109
FE.00095	BIGORNA AMPLIVAR HTM	10	6	3	0,0000652
FE.00145	FAÇA DE CORTE AMPLIVAR HTM	11	7	3	0,0000761
FE.00146	GRAMPEADOR AMPLIVAR HTM	3	2	3	0,0000217
FE.00269	UNHA TIPO 1 PRENSA EFM - AE	4	4	3	0,0000435
FE.00270	UNHA TIPO 4 PRENSA EFM - AE	0	0	2	
FE.01143	CASTANHA 1 INFERIOR PRENSA ZFM - AE	0	0	2	
FE.01144	CASTANHA 2 INFERIOR PRENSA ZFM - AE	0	0	2	
FE.01145	CASTANHA 3 INFERIOR PRENSA ZFM - AE	1	1	3	0,0000109
FE.00052	AGULHA DE COSTURA INFERIOR LINK NOVA	48	39	3	0,0004237
FE.00053	AGULHA DE COSTURA SUPERIOR LINK NOVA	28	14	3	0,0001521
FE.00385	PINO LIMIT. INF. PR. FINAL/SEMI SICOM - AE	0	0	2	
FE.00391	PINO CENTRAL PR. FINAL/SEMI SICOM - AE	1	0	2	
FE.00399	CAST. MIOLO INT. PR. FINAL/SEMI SICOM - AE	0	0	2	
FE.00400	PORTA CAST. INT. SUP. PR. FIN/SE SICOM - AE	0	0	2	
FE.00401	PORTA CAST. INT. INF. PR. FIN/SE SICOM - AE	0	0	2	
FE.00404	PROT. COLARINHO PR. FINAL/SEMI SICOM - AE	1	1	3	0,0000109
FE.01136	PINO LIMIT. SUP. PR. FINAL/SEMI SICOM - AE	0	0	2	
FE.00431	GAIOLA DIÂMETRO 60,9 MM DO BRUNIDOR	1	1	3	0,0000109
FE.00437	BRUNIDOR COMPLETO AE	2	1	3	0,0000109
FE.00439	PONTA CÔNICA DIÂMETRO 60,9 MM BRUNIDOR	0	0	2	
FE.00440	ROLETE DE AÇO DO BRUNIDOR DE ROLOS	7	7	3	0,0000761

2* - AVALIAR O CONSUMO COM RELAÇÃO A PRODUÇÃO ANUAL

5.6. O Sistema Atual e perspectivas da empresa quanto ao Sistema de Gerenciamento da Produção

Atualmente a empresa conta com o “software” “Control Manufacturing Systems” da Cincom Systems Ltda, implantado desde o início 1991 e instalado em um equipamento VAX 6330 da Alfa Digital. Dentro dos próximos 6 meses, a empresa pretende investir em um novo equipamento e fazer uma atualização do “software” pela própria Cincom, que resultará em aumento da velocidade, cópias de segurança “on line” e maiores recursos sobre as áreas de controle de custo e financeira. Para se ter uma idéia, o sistema atual “roda” uma vez por semana e leva de 5 a 7 horas para fazer todo o processamento das ordens sobre as listas de materiais, roteiros e controle de estoques, e, com a atualização prevista, deverão ser consumidas no máximo 2 horas para se fazer o mesmo processamento.

Dos cinco módulos principais que constituem um sistema genérico de MRP apontados por CORRÊA e GIANESI (1993), a empresa conta, hoje, funcionando com os módulos de Planejamento da Produção, Planejamento Mestre da Produção, Cálculo das Necessidades de Material e Controle de Chão de Fábrica, além dos bancos de informações de Controle de Estoques e Lista de Materiais e Roteiros. A figura 5.15 mostra como se dá a interligação atual entre os módulos do sistema da empresa.

Atenta à importância dos sistemas de informação dentro das organizações de ponta, a Tecumseh do Brasil está consciente da necessidade de um sistema de gerenciamento da produção eficiente e eficaz para que possa competir no mercado global com igual êxito de seus concorrentes, permitindo com isso trabalhar internamente com total confiança nas informações que regem o sistema produtivo, além de atender seus clientes nos prazos e quantidades desejados. Exemplos disto são os investimentos da empresa neste sentido num sistema de MRP II, completo e atual para a época, e que já está funcionando desde 1991. Hoje, ciente da defasagem tecnológica do “software”, já está planejando sua atualização a curto prazo, além de estar avaliando novos sistemas corporativos disponíveis no mercado como TRITON, BPCS, ORACLE, SAP, entre outros, para investimentos a médio prazo.

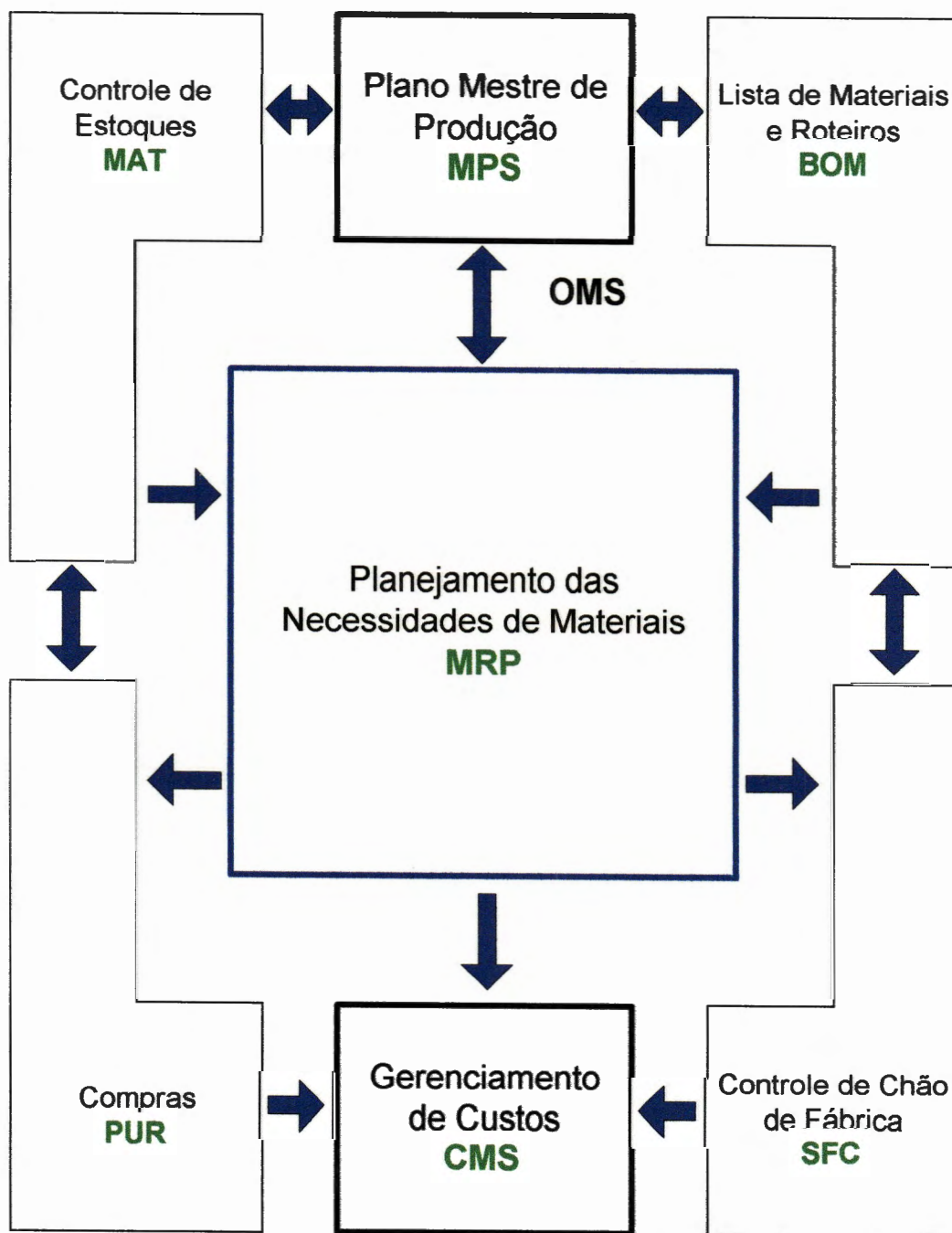


Figura 5.15 - Interligação dos módulos do Sistema de Planejamento e Controle da Produção da empresa Tecumseh do Brasil

Capítulo 6

Conclusão

O objetivo deste trabalho foi o de atingir vários aspectos deficientes hoje nas indústrias brasileiras, e que acabam deixando-as defasadas e, muitas vezes, não competitivas, principalmente quando se fala em mercados globais. A causa principal desta defasagem, principalmente nas pequenas e médias empresas, é a falta de conhecimento sobre novos conceitos e formas de administrar, medo de mudanças e muitas vezes, até comodismo. As universidades são grandes prestadoras de serviços à comunidade, e esta comunidade normalmente não enxerga e nem sabe disto, passando em alguns casos a tratá-la como uma despesa compulsória.

Quebrar este paradigma, mostrando como conceitos e novas técnicas estudadas e pesquisadas dentro das nossas universidades podem e devem estar junto às empresas, não é algo impossível de se fazer nem dentro das empresas, nem dentro das universidades. O grande fator necessário é a perseverança das pessoas que conseguem interfacear os dois meios.

Não é difícil acreditar que existe um “abismo” entre as duas entidades, pois dentro de uma mesma organização acaba havendo subestimação de uma área para com outra, onde o único perdedor é a empresa, ou seja, todos. No caso particular deste trabalho, foi dado um enfoque especial na área de produção, que conforme CORRÊA e GIANESI (1993) mesmo apontam, foi deixada em segundo plano durante muito tempo, mas felizmente começa a deixar de ser visto como “mal necessário” e passa a ser valorizada como área estratégica que é para que a empresa alcance seus objetivos. Porém, para que esta valorização ganhe força, é necessário também que a produção deixe suas atitudes reativas e

passa a ser pró-ativa, uma mudança muito explorada neste trabalho, que relata um estudo de caso onde diversos conceitos atuais defendidos em artigos, livros e jornais, foram aplicados e com sucesso por pessoas da própria área de produção, que passam a colher os frutos de seus esforços, crescem profissionalmente, motivam-se ao ver o resultado positivo de seus esforços, propõem atividades às áreas de apoio e podem ajudar a empresa como um todo a se tornar mais eficiente, eficaz e competitiva.

Todo um processo de instalação de um sistema de gerenciamento de ferramentas, e ainda algumas propostas futuras estão descritos neste trabalho. O que já ocorreu com sucesso, torna-se uma fonte de referência e uma contribuição literária a outras áreas da empresa, ou mesmo a outras empresas que venham a enfrentar situações semelhantes. Estão descritos, também, sua importância, quais os problemas, as dificuldades e os benefícios já obtidos, ou potenciais de virem a ser obtidos com um eficiente e eficaz gerenciamento de ferramentas.

Como resultados já obtidos pelas melhorias ocorridas no setor, e especificamente pelo trabalho de gerenciamento de ferramentas, podemos observar os gráficos 6.1 e 6.2, que traçam respectivamente a evolução do gasto em ferramentas, em dólar por peça produzida, e o tempo gasto em ajuste de máquinas, ferramentas e equipamentos, também por peça produzida. Este trabalho não tem um tempo curto de retorno, devendo começar a dar sinais de sua evolução após pelo menos um ano, pois muitos conceitos estão sendo revistos, além da necessidade de mudança de cultura, que é um processo lento.

As figuras 6.1 e 6.2 mostram a evolução a partir de 1994 para ambos os medidores. Pode-se, no entanto, notar que, a partir de janeiro de 1995, houve um aumento significativo no gasto com ferramentas e, também, nas horas dispendidas com ajustes de máquinas dispositivos e ferramentas. Isto se deve particularmente a três fatos que ocorreram no setor, assinalados em dois pontos nos gráficos:

- **Ponto 1**

- ♦ **Fato 1:** o trabalho de gerenciamento de ferramentas mais aprofundado, conforme descrito no estudo de caso, teve seu começo dentro do setor a partir desta data. Um dos primeiros fatos detectados neste período foi que faltava uma enorme quantidade de ferramentas, dentro do setor,

necessárias à produção dos estatores, e que precisaram ser repostas num curto prazo. Outro fato detectado foi que, muitas vezes, usava-se uma ferramenta errada para a fabricação de um determinado produto, também corrigido. Começou-se, também, neste período, a avaliar as condições de qualidade de cada ferramenta, o que levou ao descarte de uma grande quantidade delas, que vinham sendo utilizadas sem condições de oferecer os níveis desejáveis de qualidade ao produto final.

- ♦ **Fato 2:** A partir desta data, todos os estatores produzidos na área poderiam ser montados em compressores compatíveis com o gás ecológico, e para tal, a principal alteração necessária foi a substituição do lubrificante do fio de cobre, que deixou de ser à base de parafina, produto este que reage com o gás ecológico R134a, e começou a passar por vários testes de novos lubrificantes, como o “Lubeckam” e o “LES3”. Estes últimos tipos de lubrificantes exigem muito mais da ferramenta para se conseguir a mesma qualidade de um produto, e com isto a vida útil da ferramenta diminuiu consideravelmente, e a necessidade de ajustes aumentou.

- **Ponto 2**

- ♦ **Fato 3:** A partir de maio de 1995, iniciou-se na área um teste em 100% das peças produzidas nas máquinas de inserção da bobina de fio de cobre para dentro do pacote de lâmina de aço, que tem como objetivo verificar se a ferramenta está danificando o esmalte isolante do fio de cobre, e assim assegurar uma maior garantia da qualidade do produto final. Este procedimento foi sem dúvida o que mais reduziu a vida útil da ferramenta, e exigiu mais esforços de ajustes, pois qualquer dano que esta ferramenta apresente já será detectado pelo teste durante a produção. Os picos detectados ao longo dos períodos podem ser explicados pelas trocas de conjuntos de ferramentas completas, que acabam incidindo em altos valores.

Outro fato que vem contribuindo para o aumento do gasto de ferramentas e horas de ajustes é a alteração do “mix” de produção, pois o mercado em busca de compressores que tenham um maior rendimento energético necessita que os estatores também sejam fabricados para este fim, o que significa estatores com maior quantidade de fio e, em consequência, necessita de ferramentas mais perfeitas e melhores ajustadas.

A partir da consolidação dessas alterações, o custo da ferramenta de consumo e as horas necessárias de ajustes voltam a atingir patamares mais estáveis, que devem alcançar seu ponto ótimo a médio prazo. Embora o período de estabilização e implantação possa parecer demorado, para que se consiga efetivar um projeto, envolvendo toda uma área que conta com um quadro de centenas de pessoas, tão importante quanto dispor de uma boa técnica, instrumentos de apoio e idéias, é importante mudar a “cultura” destas pessoas, e conseguir com que elas “comprem” e passem também a “vender” essa idéia; caso contrário não se consegue a perpetuação do trabalho.

CONSUMO DE FERRAMENTAS POR PERÍODO TODAS AS FAMÍLIAS

PERÍODO	\$/PEÇA
jan/94	0.0442
fev/94	0.0349
mar/94	0.0472
abr/94	0.1511
mai/94	0.0734
jun/94	0.0845
jul/94	0.0423
ago/94	0.0444
set/94	0.1071
out/94	0.0655
nov/94	0.0595
dez/94	0.065
jan/95	0.0624
fev/95	0.0911
mar/95	0.0946
abr/95	0.0542
mai/95	0.1149
jun/95	0.1173
jul/95	0.1597
ago/95	0.1533
set/95	0.1665
out/95	0.1507
nov/95	0.1823
dez/95	0.2127
jan/96	0.0576
fev/96	0.1148
mar/96	0.0843
abr/96	0.1138
mai/96	0.1335
jun/96	0.0731
jul/96	0.0866

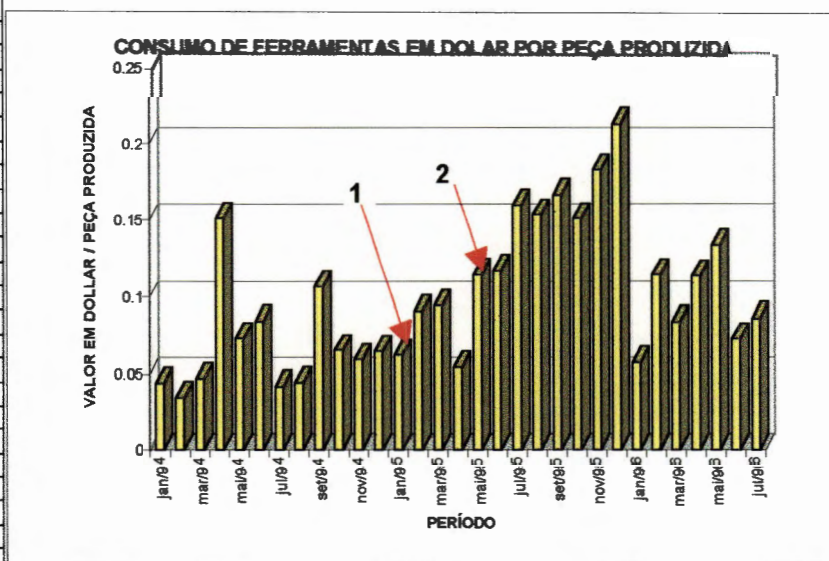


Figura 6.1 - Consumo de ferramentas em Dólares por unidade produzida

HORAS GASTAS COM AJUSTES POR PEÇA PRODUZIDA TODAS AS FAMÍLIAS

PERÍODO	H/PEÇA
jan/94	0.0024
fev/94	0.0028
mar/94	0.0029
abr/94	0.0031
mai/94	0.0037
jun/94	0.0029
jul/94	0.0047
ago/94	0.0048
set/94	0.0057
out/94	0.0053
nov/94	0.0045
dez/94	0.0033
jan/95	0.0048
fev/95	0.0032
mar/95	0.0049
abr/95	0.0047
mai/95	0.0047
jun/95	0.0065
jul/95	0.0059
ago/95	0.0047
set/95	0.0032
out/95	0.0055
nov/95	0.0050
dez/95	0.0041
jan/96	0.0031
fev/96	0.0043
mar/96	0.0029
abr/96	0.0022
mai/96	0.0022
jun/96	0.0035
jul/96	0.0034

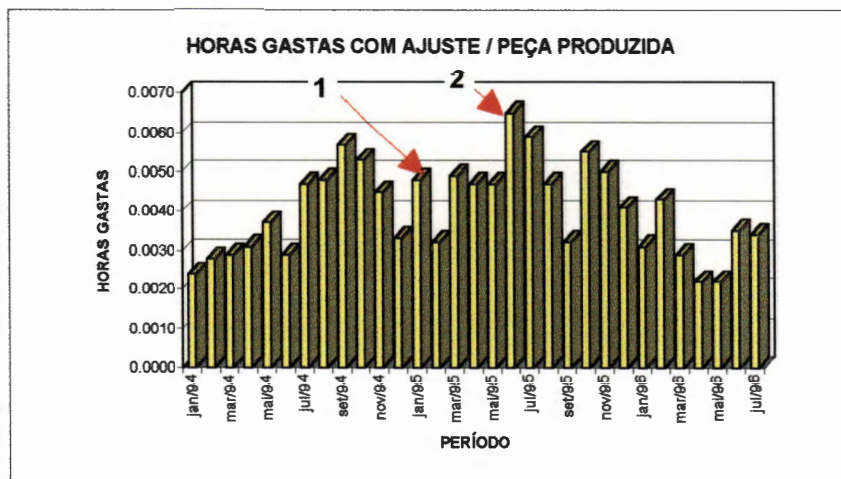


Figura 6.2 - Horas gastas com ajustes de máquinas, dispositivos e ferramentas

A estabilização do consumo é muito importante para que se possam estimar os valores de consumo de ferramentas a serem utilizados no TRP, e assim não existir excesso ou falta das mesmas, pois estes valores não são fornecidos pelo fabricante e dependem muito das características dos materiais utilizados pelo usuário, o que pode mudar de caso para caso, como por exemplo a chapa de aço, que forma o pacote do estator ou ainda do fio de cobre das bobinas.

A literatura nacional é bastante ampla no que diz respeito a sistemas de gerenciamento da produção como MRP, JIT, OPT, Planejamento Fino da Produção, porém nenhum trabalho foi encontrado nas fontes pesquisadas que tratasse do gerenciamento de ferramentas conforme exposto no capítulo 4.

Das fontes pesquisadas e trabalhos brasileiros encontrados, podemos citar ANTUNES, NETO e FENSTERSEIFER (1989), que avaliam a aplicação das técnicas de gerenciamento da produção, principalmente o MRP e o JIT, no Brasil, e concluem que as técnicas devem ser adaptadas à realidade das empresas

brasileiras, que possuem poucos recursos computacionais, o que dificulta o MRP, e possuem uma mão de obra pouco qualificada, o que dificulta o JIT.

FAVARETTO et al (1993), BREMER, MELLO E ROZENFELD (1992) caracterizam o ambiente brasileiro como favorável à aplicação do Planejamento Fino e Controle da Produção (PFP), devido ao comportamento da demanda, características da economia e metas relacionadas ao mercado internacional.

Perspectivas de novos desenvolvimentos nesta linha incluem a continuidade do acompanhamento do Consumo de Ferramentas e Horas Gastas com ajustes de máquinas e ferramentas, que, conforme analisado nas figuras 6.1 e 6.2, tendem agora a uma estabilização e conseqüente redução. Melhorias devem ser feitas no "software" ALMOX de forma a readaptá-lo a algumas necessidades surgidas e percebidas após a implantação do mesmo, e o treinamento sobre sua importância e necessidade deve ser uma constante para todos os que têm contato com ferramentas. O sentimento é que a estabilidade e consolidação da estrutura atual deve dar-se no período de mais um ano, caso não haja mais nenhuma alteração brusca de produtos ou processo, como as que ocorreram no início e meio de 1995.

Finalmente, a grande proposta de desenvolvimento futuro está na consolidação do TRP conforme apresentado no capítulo 5, item 5.5.3.1, que é perfeitamente viável à realidade da empresa e certamente trará resultados positivos, tanto em custos como em produtividade e confiabilidade do planejamento. Para tal, são necessários uma dedicação exclusiva e um trabalho sério de profissionais da empresa, no sentido de levantar, em alguns casos estimar, os dados, registrá-los, atualizá-los e desenvolver um sistema piloto, que deve funcionar inicialmente em paralelo com o método atual, e assim fazer os primeiros ajustes. O tempo para desenvolvimento de um trabalho deste está em torno de seis meses, e sua consolidação será superior a um ano, pois os dados históricos são a base das informações de vida, aplicação e árvore de ferramentas por produto.

7. Bibliografia

1. AGOSTINHO, O. L. Manufatura integrada por computador (CIM). notas de aula do curso de Manufatura Integrada por Computador, EESC - USP, 1991.
2. ANTUNES, J. A.V. J.; NETO, F. J. K.; FENSTERSEIFER, J. E. Considerações críticas sobre a evolução das filosofias de administração da produção. Revista de Administração de Empresas, v. 29, n. 3, p. 49-64, 1989. ✓
3. BERTRAND, J. W. M.; WORTMANN, J. C. Information systems for production planning and control: Developments in perspective. Production Planning Control, v. 3, n. 3, p. 280-289, jul-sep 1992. ✓
4. BREMER, C. F.; MELLO, M.C.F.; ROZENFELD, H. O conceito de planejamento fino e controle da produção. Anais: Congresso Internacional de Computação Gráfica - CICOMGRAF, São Paulo, 1992.
5. BRILL, P. H.; MANDELBAUM, M. Measurement of adaptivity and flexibility in production systems. European Journal of Operational Research, v. 49, n. 3, p. 325-332, dec 1990. ✓
6. BURBIDGE, J. L. Planejamento e controle da produção. Tradução: Luiz Henrique S. Cruz, São Paulo, Editora Atlas, 1983, 556 p.
7. BURBIDGE, J. L. Production control: a universal conceptual framework. Production Planning & Control, v. 1, n. 1, p. 3-16, 1990.
8. BURBIDGE, J. L.; FALSER, P.; RIIS, J. O.; SVENDSEN, O. M. Integration in manufacturing. Computers in Industry, v. 9, n. 14, p. 297-305, 1987. ✓

9. BYRD, T. A.; HAUSER, R. D. Expert systems in production and operations management. Research directions in assessing overall impact. International Journal of Production Research, v. 29, n. 12, p. 2471-2482, dec 1991. ✓
10. CHEN, F. F.; ADAM, E. E. Jr. The impact of flexible manufacturing systems on productivity and quality. IEEE Transactions on Engineering Management, v. 38, n. 1, p. 33- 45, feb 1991. ✓
11. CHU, C.-H.; SHIH, W.-L. Simulation studies in JIT production. International Journal of Production Research, v. 30, n. 11, p. 2573-2586, nov 1992.
12. CHUNG, C.-H. Planning Tool Requirements for flexible manufacturing systems. Journal of Manufacturing Systems, v. 10, n. 6, p. 476-483, 1991. ✓
13. COCHRAN, J. K., LIN, L. Assembly line system dynamic behaviour for high priority job order processing. International Journal of Production Research, v. 30, n. 7, p. 1683-1697, jul 1992.
14. CORRÊA, H. L. Flexibilidade nos sistemas de produção. Revista de Administração de Empresas, v. 33, n. 3, p. 22-35, mai-jun 1993.
15. CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. Just-in-Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico. São Paulo: Atlas, 1993, 186 p.
16. DICASALI, R. L. Job shops can use repetitive manufacturing methods to facilitate just-in-time production. Industrial Engineering, v. 18, n. 6, p. 48-52, jun 1986. ✓
17. DROLET, J.; MOODIE, C. L.; MONTREUIL, B. Scheduling factories of the future. Journal of Mechanical Working Technology, v. 20, sep 1989. 2nd INTERNATIONAL CIRP CONFERENCE ON NEW MANUFACTURING TECHNOLOGY, Cookeville, TN, USA, jun 1-2 1989, p. 183-184.
18. DUCHESSI, P.; O'KEEFE, R. M. Knowledge-based approach to production planning. Journal of the Operational Research Society, v. 41, n. 5, p. 377-390, may 1990. ✓

19. FAVARETTO, F.; HAYASHI, C. H.; BREMER, C. F.; ROZENFELD, H. Aspectos relevantes na implantação de sistemas de planejamento fino da produção. Anais: XIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 1993.
20. FRANK, L. K. Configuração de produtos com sistemas especialistas. Máquinas e Metais, n. 8, p. 50-65, 1991.
21. FRY, T. D.; WILSON, M. G.; BREEN, M. Successful implementation of group technology and cell manufacturing. Production & Inventory Management, v. 28, n. 3, p. 4-6, 3rd quarter 1987. ✓
22. GIESBERTS, P. M. J. Master production scheduling. A function based approach. International Journal of Production Economics, v. 24, n. 1-2, p. 65-76, nov 1991. ✓
23. GRAVEL, M.; PRICE, W. L. Using kanban in a job shop environment. International Journal of Production Research, v. 26, n. 6, p. 1105-1118, 1988.
24. GUPTA, Y. P.; YAKIMCHUK, M. P. Impact of the advanced manufacturing technology on industrial relations: a comparative studies. Engineering Management International, v. 5, n. 4, p. 291-298, may 1989.
25. HANNAH, K. H. Just-in-time: meeting the competitive challenge. Production and Inventory Management, p. 1-3, 3rd quarter 1987. ✓
26. HELMS, M. M. Communication. The key to JIT success. Production and Inventory Management Journal, v. 31, n. 2, p. 18-21, 1990. ✓
27. IM, J. H. How does kanban work in american companies. Production and Inventory Management Journal, v. 30, n. 4, p. 22-24, 1989.
28. KALTWASSER, C. Know how to choose the right CIM systems integrator. Industrial Engineering, n. 7, p. 27-29, 1990.
29. KANET, J. J.; ADELSBERGER, H. H. Expert systems in production scheduling. European Journal of Operational Research, v. 29, n. 1, p. 51-59, apr 1987. ✓

30. KERR, R. M.; EBSARY, R. V. Implementation of an expert system for production scheduling. European Journal of Operational Research, v. 33, n. 1, p. 17-29, jan 1988.
31. KHATOR, S. K.; LEUNG, L. C. Intermediate tool requirement planning for FMS. Journal of Manufacturing Systems, v. 13, n. 1, p. 9-19, 1994.
32. KRAILLING, H. W. Information network for manufacturing. Industrial & Production Engineering, v. 12, n. 3, p. 69-73, 1988.
33. KRAJEWSKI, L. J.; KING, B. E.; RITZMAN, L. P.; WONG, D. S. Kanban, MRP, and shaping the manufacturing environment. Management Science, v. 33, n. 1, p. 39-57, jan 1987. ✓
34. LEHTIMÄKI, A. Utilization of microcomputers in production and inventory control. Engineering Costs and Production Economics, v. 12, n. 1-4, jul 1987.
35. LILES, D. H.; HUFF, B. L. Computer based production scheduling architecture suitable for driving a reconfigurable manufacturing system. Computers & Industrial Engineering, v. 19, n. 1-4, 1990. ✓
36. MACHLINE, C. Evolução da administração da produção no Brasil. Revista de Administração de Empresas, v. 34, n. 3, p. 91-101, mai-jun 1994.
37. MACMANUS, J. P. Developing a detailed MRP II implementation plan. Production and Inventory Management Journal, v. 30, n. 2, p. 75-78, 1989.
38. MANSIP, R. Key to manufacturing control. Manufacturing Systems, v. 7, n. 6, p. 24-26, 1989.
39. MARTIN, J. M. Personal computers in manufacturing. Manufacturing Engineering, v. 102, n. 6, p. 44-46, jun 1989.
40. MEJABI, D.; WASSEBMAN, G. S. Basic concepts of JIT modelling. International Journal of Production Research, v. 30, n. 1, p. 141-149, jan 1992.

41. MELNYK, S. A.; LYMAN, S. B. Tool management and control: developing an integrated top-down control process. IN: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AMERICAN PRODUCTION AND INVENTORY CONTROL SOCIETY, 36. San Antonio, TX, USA, 1993 Proceedings. Fall Church, VA, USA, APICS, 1993, p. 510-513.
42. MELNYK, S. A.; VICKERY, S. K.; CARTER, P. L. Scheduling, sequencing, and dispatching: alternative perspectives. Production and Inventory Management, p. 58-67, 2nd quarter 1986. ✓
43. MEREDITH, J. R. Automation the factory. Theory versus practice. International Journal of Production Research, v. 25, n. 10, p. 1493-1510, oct 1987.
44. MILTENBURG, J.; WIJNGAARD, J. Designing and phasing in just-in-time production systems. International Journal of Production Research, v. 29, n. 1, p. 115-131, jan 1991.
45. MONDEN, Y. Produção sem estoques: uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota. Tradução Antonia V. P. Costa et al. São Paulo, 141 p., 1984.
46. OLIVER, S. Work load control. Manufacturing Engineering, v. 68, n. 9, jan 1989.
47. PARKS, M. W. Time cost reduced by developing manufacturing information systems using microcomputer prototyping. Industrial Engineering, n. 6, p. 44-50, 1987.
48. PHILIPOOM, P. R.; FRY, T. D. Robustness of selected job-shop dispatching rules with respect to load balance and work-flow structure. Journal of the Operational Research Society, v. 41, n. 10, p. 897-906, oct 1990.
49. PIERREVAL, H.; RALAMBONDRAIN, H. Simulation and learning technique for generating knowledge about manufacturing systems behavior. Journal of the Operational Research Society, v. 41, n 6, p. 461-474, jun 1990.

50. PLOSSI, K. R. Production in factory of the future. International Journal of Production Research, v. 26, n. 3, p. 501-506, mar 1988.
51. PRIMROSE, P. L. Evaluating the introduction of JIT. International Journal of Production Economics, v. 27, n. 1, p. 9-22, apr 1992.
52. PTAK, C. A. MRP, MRP II, OPT, JIT, and CIM. Succession, evolution, or necessary combination. Production and Inventory Management Journal, v. 32, n. 2, p. 7-11, 2nd quarter 1991.
53. RAO, A.; SCHERAGA, D. Moving from manufacturing resource planning to just-in-time manufacturing. Production and Inventory Management Journal, v. 29, n. 1, p. 44-49, 1988.
54. RAO, H. R.; LINGARAJ, B. P. Expert systems in production and operations management: classification and prospects. Interfaces, v. 18, n. 6, p. 81-90, nov-dec 1988.
55. RESENDE, M. O.; SACOMANO, J. B. Princípios dos sistemas de planejamento e controle da produção. São Carlos, EESC-USP, Departamento de Engenharia Mecânica, 1991, 224 p.
56. RHODES, D. The critical imperative in flexible manufacturing is information. Industrial Engineering, n. 10, p. 44-47, 1990.
57. ROBBINS, J. H.; KAPUR, R.; BERRY, G. L. Shop floor information systems is foundation and communications link for CIMS. Industrial Engineering, n.12, p. 62-67, 1984.
58. SARKER, B.; FITZSIMMONS, J. The performance of push and pull systems: a simulation and comparative study. International Journal of Production Research, v. 27, n. 10, p. 1715-1731, oct 1989.
59. SAWYER, P. Putting expertise to work. Chemical Engineer (London), n. 509-510, p. 32-33, dec 1992.
60. SHUNK, D. L.; FILLEY, R.D. Systems integration's challenges demand a new breed of industrial engineer. Industrial Engineering, n. 5, p. 65-67, 1986.

61. TATIKONDA, M. V.; WEMMERLÖV, U. Adoption and implementation of group technology classification and coding systems: Insights from seven case studies. International Journal of Production Research, v. 30, n. 9, p. 2087-2110, sep 1992.
62. TRINO, J. The competitive advantage is provided by integrated information systems. Industrial Engineering, n. 2, p. 36-38, 1990.
63. VAAN, M. J. De. Introduction MRP II, with enhancements: the case of a furniture manufacturer. Production Planning Control, v. 3, n. 3, p. 258-263, jul-sep 1992.
64. VONDEREMBSE, M. A.; WOBSER, G. S. Steps for implementing a flexible manufacturing system. Industrial Engineering, v. 19, n. 4, p. 38-39; 45-48, apr 1987.
65. WAEMA, T. M.; WALSHAM, G. Information systems strategy formulation. Information & Management, v.12, p. 29-39, 1990.
66. WHARTON, T. J.; REID, R. D. Manufacturing planning and control. How well are we doing. Production and Inventory Management Journal, v. 31, n. 3, p. 51-55, 3rd quarter 1990.
67. WIENDAHL, H. P. Production planning and control - the tool to ensure logistical quality. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, v. 10, n. 1-2, p. 99-107, 1993.
68. WU, S.-Y. D.; WYSK, R. A. Inference structure for the control and scheduling of manufacturing systems. Computers & Industrial Engineering, v. 18, n. 3, p. 247-262, 1990.
69. ZACCARELLI, S. B. Planejamento e controle da produção. São Paulo, Editora Pioneira, 1976.
70. ZÄPFEL, G.; MISSBAUER, H. New concepts for production planning and control. European Journal of Operational Research. V. 67, p. 297-320, 1993.

Apêndice 1 - Glossário

- **Apenas a Tempo (AAT) - Just in Time (JIT)**

“Just-in-Time” basicamente significa produzir as unidades necessárias em quantidades necessárias no tempo necessário. MONDEN (1984).

- **Arranjo Físico - Layout**

Em se tratando de ambiente de manufatura, é o arranjo físico das máquinas e equipamentos dentro deste ambiente.

- **Baixa por Explosão - Backflushing**

1. Método para cálculo de uso de estoque que pode ser usado no ambiente JIT. Em vez de contar todas as peças enviadas ao chão de fábrica, o “output” diário é usado para calcular que peças devem ter sido usadas. Estas são, então, debitadas ou “backflushed” do registro de estoque.

2. Método de informar o consumo de materiais quando se reporta ter completado um produto. Num sistema de controle de manufatura tradicional, a emissão de peças de componentes é reportada quando as peças são fisicamente movimentadas para o chão de fábrica. A baixa por explosão reporta automaticamente esta transação quando a montagem é completada.

Um processo de baixa por explosão tipicamente desempenha três tarefas: registra o produto acabado em inventário de produtos acabados, atualiza as programações de produção ou pedidos de trabalho e reporta a emissão de todas as peças de componentes do inventário de matéria-prima.

- **Cartão - Kanban**

Kanban indicates any visual signal - a card, square, a disc, or a slot in a bin - that authorizes making or delivering more material. In a broad sense, kanban represents a production and inventory control system using a visual signal for shop floor control. IM (1989).

- **Células de Manufatura - Manufacturing Cell**

Cell Manufacturing involves a layout of machines dedicated to a production of a parts family. Machines are arranged to allow for a continuous work flow through the series of operations. Distances between machines are minimized to allow for easy transfer material within the cell. A common arrangement is the U-Shaped cell, which allows for entry at one end of the U and exit at the other. FRY, WILSON e BREEN (1987).

- **Controle da Produção - Production Control**

“Production control” is the function of management which plans, directs and controls the material supply and processing activities in an enterprise. BURBIDGE (1990).

- **Inteligência Artificial (IA) - Artificial Intelligence (AI)**

The part of computer science concerned with Designing Intelligent Computer Systems, ... that exhibit the characteristics we associate with intelligence in human behavior-understanding language, learning, reasoning, solving problems, and so on... RAO e LINGARAJ (1988).

- **Flexibilidade - Flexibility**

The flexibility of a machine (or machine group) can be defined in terms of how well the machine or machine group responds when faced with a set of tasks to be done. BRILL (1990).

- **Liberação - Dispatching**

Por Liberação da Produção, entende-se um conjunto de funções para:

- a. verificar a disponibilidade de materiais, ferramentas e instruções técnicas, para as ordens de fabricação a serem iniciadas e providenciar para que fiquem à disposição do operário;
- b. decidir sobre a seqüência de processamento das ordens de fabricação;
- c. distribuir ordenadamente as vias componentes das ordens de fabricação;
- d. coletar informações para controle.

ZACCARELLI (1976).

- **Manufatura Integrada pôr Computador (MIC) - Computer Integrated Manufacturing (CIM)**

It is a process that must be tailored to each company that wishes to use it. CIM is an all-encompassing view of a business fully utilizing its computer resource. CIM can lower costs for prototypes and production pieces by eliminating setup times and limiting proliferation of parts numbers. Arranging parts in groups by manufacturing process allows for better scheduling of limited resources. The most important and outstanding benefit for a company that has successfully implemented CIM is the flexibility to accommodate the changing needs for marketplace. This can be used as a definite competitive edge. PTAK (1991).

- **Oficina de Fluxo - Flow Shop**

Tipo de instalação ou de padrão de fluxo onde, todas as tarefas executadas têm o mesmo roteiro de fabricação (passam pelas mesmas máquinas e na mesma ordem).

- **Oficina de Serviço - Job-Shop**

Um tipo de instalação fabril para produção em lotes (intermitente), onde o arranjo físico é do tipo funcional e, na grande maioria das vezes a produção é sob encomenda; pode significar ainda o tipo de padrão de

fluxo onde cada peça tem um roteiro de fabricação que pode ou não ser o mesmo de outras peças fabricadas na instalação.

- **Planejamento das Necessidades de Materiais (PNM) - Material Requirement Planning (MRP)**

MRP (Material Requirements Planning) is a logical planning system that net gross requirements for dependent demand. It explodes through bills of materials from top-level independent demand and nets against current on-hand and on-order balances. Its attempts to drive inventory to zero by providing materials to manufacturing precisely when they are needed. In short, MRP provides the planning logic necessary to make or buy only that what we need when we need it. PTAK (1991).

- **Planejamento dos Recursos de Manufatura (PRM) - Manufacturing Resources Planning (MRP II)**

O MRP II é um sistema de informações que permite que sejam determinados todos os recursos necessários para a execução das atividades relativas a gestão da produção da organização. RESENDE e SACOMANO (1991).

- **Planejamento e Controle da Produção (PCP) - Production Planning and Control (PPC)**

The main functions of a PPC system are:

- ♦ to determine how much of each of the end products is needed (the so-called Master Schedule or Primary Requirements) based on customer orders and/or demands forecasts;
- ♦ to plan the requirements for materials (the so-called secondary requirements) including the lot sizing and the determination of time-phased set of component and raw material requirements;
- ♦ inventory accounting;
- ♦ scheduling and sequencing jobs;
- ♦ planning and balancing capacities;
- ♦ order release;

- ♦ controlling the goal performance and taking action if deviations occur.

ZÄPFEL e MISSBAUER (1988).

- **Plano Mestre de Produção (PMP) - Master Production Scheduling (MPS)**

É a determinação do plano global de produção para os próximos períodos e, portanto, guia todas as operações de curto prazo. Basicamente, para a elaboração do Plano Mestre de Produção, toma-se o Plano Agregado de Produção, desagregando-o em uma programação de produtos específicos a serem produzidos em um período particular e em cada grupo de trabalho da fábrica. RESENDE e SACOMANO (1991).

- **Preparação - Setup**

Preparação e/ou ajuste de máquinas e equipamentos em um setor produtivo.

- **Programação e Controle da Produção - Production Scheduling and Control**

A programação e controle da produção consiste essencialmente em um conjunto de funções inter-relacionadas que objetivam comandar o processo produtivo e coordená-lo com os demais setores administrativos da empresa. ZACARELLI (1976).

- **Sistema Flexível de Manufatura (SFM) - Flexible Manufacturing System (FMS)**

A Flexible Manufacturing System (FMS) can be defined as a computer-controlled configuration of semi-independent work stations and a material handling system designed to efficiently manufacture more than one part type at low to medium volumes. CHEN e ADAM (1991).

- **Sistemas Especialistas - Expert Systems**

A branch of applied artificial intelligence, expert systems attempt to mimic experts to solve complex problems using computer. RAO e LINGARAJ (1988).

- **Técnicas de Otimização da Produção (TOP) - Optimized Production Tecnicis (OPT)**

A técnica do OPT procura basear a programação da produção no fator limitante de capacidade da produção (gargalo da produção). O método OPT consiste em determinar o gargalo e, a partir dest,e programar a produção para frente e para trás. BREMER, MELLO e ROZENFELD (1992).

- **Tecnologia de Grupo (TG) - Group Technology (GT)**

Group Tecnology is a manufacturing practice which harnesses manufacturing resouces for small lot production in much the same way is done for mass production. However, instead of producing identical parts, a family of similar parts with a similar process is manufactured. This grouping of similar parts as a family results in fewer major setups and, when setups occur, they tend to be less costly. Machines can then be "dedicated" to a particular family, which incrases machine efficiency, reduce scrap, and lowers quality control costs. FRY, WILSON e BREEN (1987).

- **Tempo Decorrido - Leadtime**

Tempo decorrido entre o instante em que se formaliza uma solicitação, e o instante em que o que foi solicitado se torna disponível. Assim, temos:

- ♦ Leadtime de Suprimento: tempo decorrido entre a liberação da ordem de compra para o fornecedor e o instante de recebimento do item;
- ♦ Leadtime de Produção: tempo decorrido entre a liberação da ordem de produção e a conclusão da referida ordem;
- ♦ Leadtime de Distribuição: tempo decorrido entre a liberação da ordem de entrega e a sua efetivação.

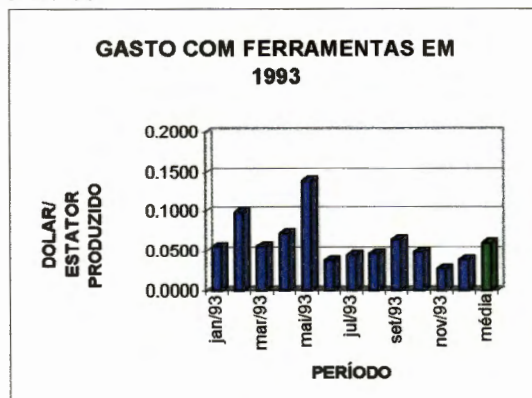
Apêndice 2

Gráficos detalhados de consumo de ferramentas

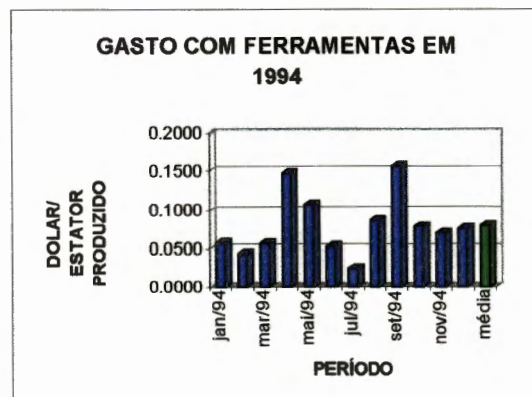
CONSUMO DE FERRAMENTAS POR PERÍODO

AE / TP

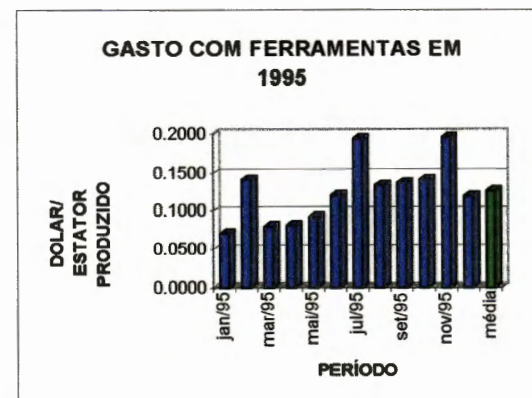
1993	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/93	204005	11487	0.0563
fev/93	176697	17363	0.0983
mar/93	224345	12741	0.0568
abr/93	221504	16177	0.0730
mai/93	226003	31658	0.1401
jun/93	215701	8188	0.0380
jul/93	210376	9458	0.0450
ago/93	215413	10021	0.0465
set/93	192673	12590	0.0653
out/93	218913	10824	0.0494
nov/93	221785	5950	0.0268
dez/93	225428	8731	0.0387
média	2552843	155188	0.0612



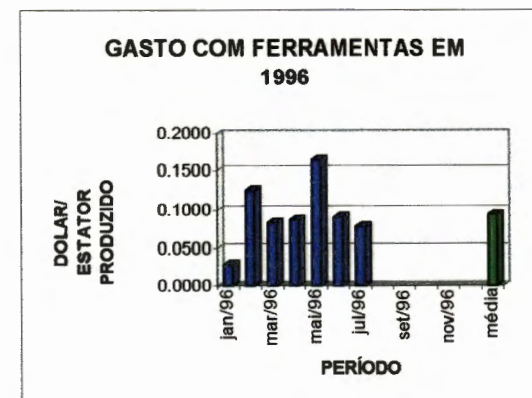
1994	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/94	239721	13661	0.0570
fev/94	215102	9414	0.0438
mar/94	240315	13671	0.0569
abr/94	190945	28058	0.1469
mai/94	210424	22622	0.1075
jun/94	217622	11594	0.0533
jul/94	244316	6148	0.0252
ago/94	215025	18748	0.0872
set/94	220046	34278	0.1558
out/94	244669	19156	0.0783
nov/94	245156	17044	0.0695
dez/94	251200	19086	0.0760
média	2734541	213480	0.0798



1995	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/95	251868	18075	0.0718
fev/95	257271	36403	0.1415
mar/95	296130	23841	0.0805
abr/95	254631	20823	0.0818
mai/95	304691	28231	0.0927
jun/95	320413	38464	0.1200
jul/95	306625	59242	0.1932
ago/95	320543	42876	0.1338
set/95	288651	39616	0.1372
out/95	243263	34370	0.1413
nov/95	294798	57414	0.1948
dez/95	285627	33859	0.1185
média	3424511	433214	0.1256



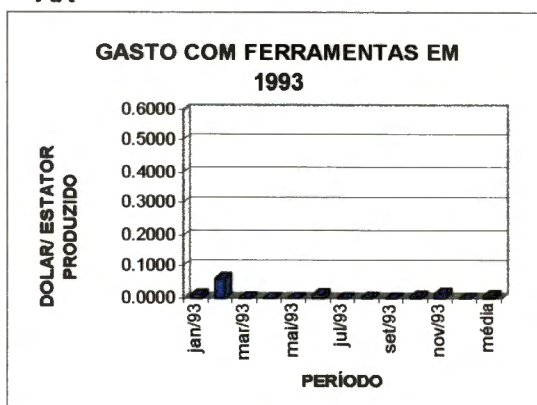
1996	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/96	323179	9554	0.0296
fev/96	317529	39994	0.1260
mar/96	343841	28446	0.0827
abr/96	312690	27112	0.0867
mai/96	315990	51638	0.1634
jun/96	291591	26452	0.0907
jul/96	339608	26391	0.0777
ago/96			
set/96			
out/96			
nov/96			
dez/96			
média	2244428	209587	0.0938



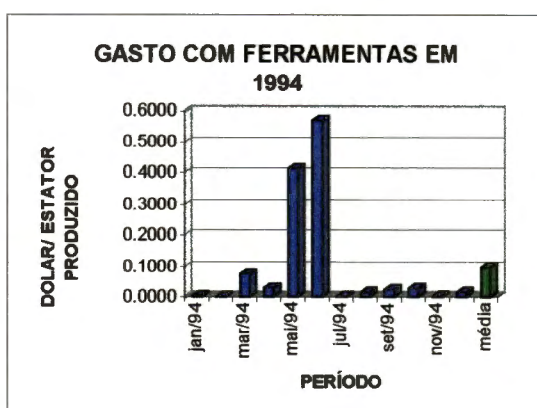
CONSUMO DE FERRAMENTAS POR PERÍODO

AK

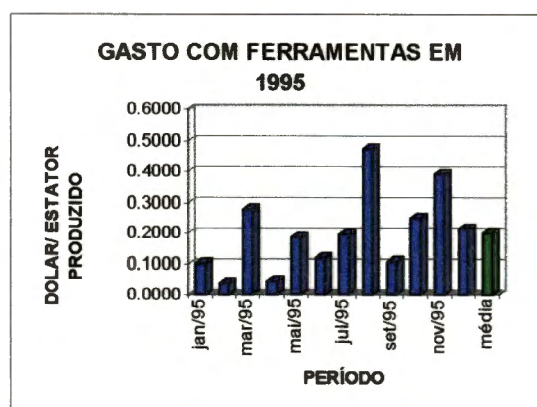
1993	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/93	24756	294	0.0119
fev/93	17421	1033	0.0593
mar/93	21301	57	0.0027
abr/93	13060	1	0.0001
mai/93	18383	0	0.0000
jun/93	16149	195	0.0121
jul/93	9551	13	0.0014
ago/93	24572	91	0.0037
set/93	29107	33	0.0011
out/93	28842	230	0.0080
nov/93	27740	399	0.0144
dez/93	23042	0	0.0000
média	253924	2346	0.0095



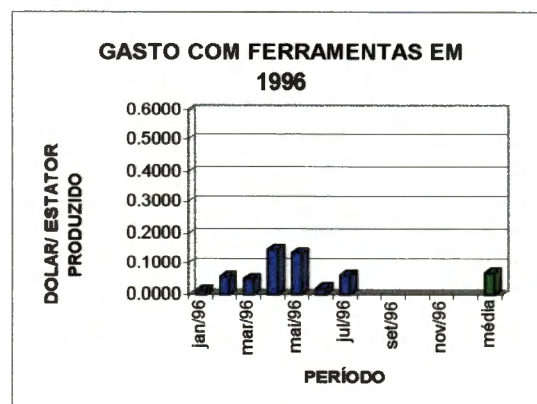
1994	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/94	28534	96	0.0034
fev/94	22907	1	0.0000
mar/94	11305	861	0.0762
abr/94	18020	522	0.0290
mai/94	10062	4150	0.4124
jun/94	2793	1595	0.5711
jul/94	16952	3	0.0002
ago/94	26424	365	0.0138
set/94	28935	661	0.0228
out/94	26905	705	0.0262
nov/94	30180	50	0.0017
dez/94	28622	415	0.0145
média	251639	9424	0.0976



1995	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/95	31022	3191	0.1029
fev/95	28790	1109	0.0385
mar/95	30587	8624	0.2819
abr/95	27398	1261	0.0460
mai/95	35119	6538	0.1862
jun/95	32843	3967	0.1208
jul/95	37202	7347	0.1975
ago/95	38027	18039	0.4744
set/95	34416	3730	0.1084
out/95	36650	9163	0.2500
nov/95	40473	15813	0.3907
dez/95	42539	9108	0.2141
média	415066	87890	0.2009



1996	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/96	38890	469	0.0121
fev/96	40025	2212	0.0553
mar/96	35172	1679	0.0477
abr/96	34807	5068	0.1456
mai/96	42089	5661	0.1345
jun/96	17371	324	0.0187
jul/96	28233	1682	0.0596
ago/96			
set/96			
out/96			
nov/96			
dez/96			
média	236587	17095	0.0676

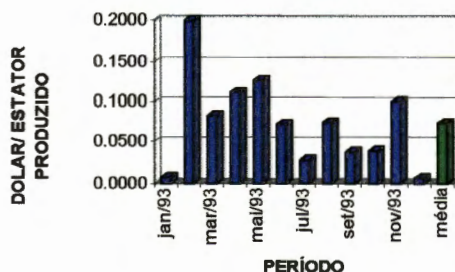


CONSUMO DE FERRAMENTAS POR PERÍODO

AZ

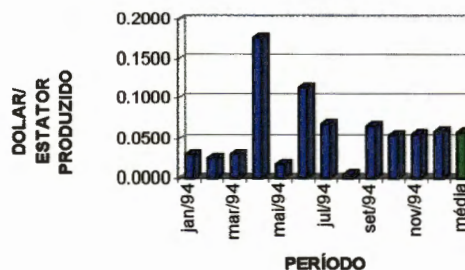
1993	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/93	72250	576	0.0080
fev/93	84198	16756	0.1990
mar/93	121427	10108	0.0832
abr/93	113247	12558	0.1109
mai/93	84066	10533	0.1253
jun/93	85497	6201	0.0725
jul/93	123375	3449	0.0280
ago/93	139159	10423	0.0749
set/93	136951	5105	0.0373
out/93	143548	5537	0.0386
nov/93	119471	11971	0.1002
dez/93	119071	768	0.0064
média	1342260	93985	0.0737

GASTO COM FERRAMENTAS EM
1993



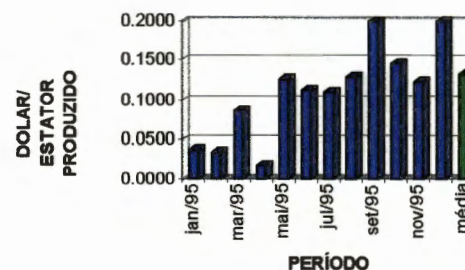
1994	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/94	126018	3703	0.0294
fev/94	109883	2740	0.0249
mar/94	144628	4300	0.0297
abr/94	127854	22454	0.1756
mai/94	186296	3171	0.0170
jun/94	187065	21267	0.1137
jul/94	188443	12899	0.0685
ago/94	207727	923	0.0044
set/94	198347	13166	0.0664
out/94	192830	10590	0.0549
nov/94	205327	11587	0.0564
dez/94	210271	12389	0.0589
média	2084689	119189	0.0583

GASTO COM FERRAMENTAS EM
1994



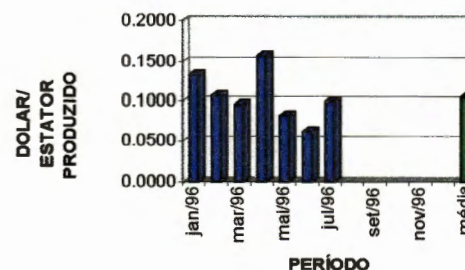
1995	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/95	221341	8399	0.0379
fev/95	202591	6992	0.0345
mar/95	189100	16312	0.0863
abr/95	189619	3465	0.0183
mai/95	220715	27802	0.1260
jun/95	234082	26448	0.1130
jul/95	236926	26135	0.1103
ago/95	244265	31502	0.1290
set/95	236612	49829	0.2106
out/95	239170	34686	0.1450
nov/95	204571	25190	0.1231
dez/95	110074	50252	0.4565
média	2529066	307012	0.1325

GASTO COM FERRAMENTAS EM
1995



1996	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/96	141904	18841	0.1328
fev/96	143623	15312	0.1066
mar/96	161939	15497	0.0957
abr/96	168585	26559	0.1575
mai/96	185977	15327	0.0824
jun/96	165538	10233	0.0618
jul/96	214388	21294	0.0993
ago/96			
set/96			
out/96			
nov/96			
dez/96			
média	1181954	123063	0.1052

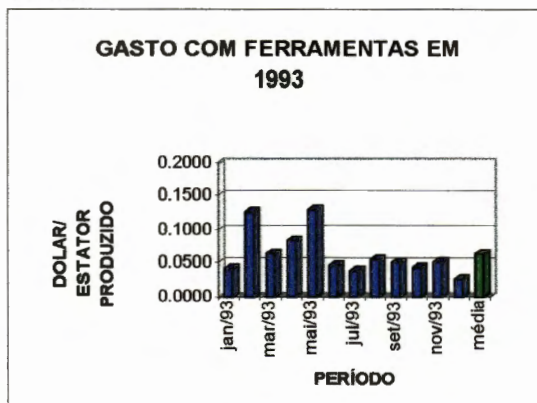
GASTO COM FERRAMENTAS EM
1996



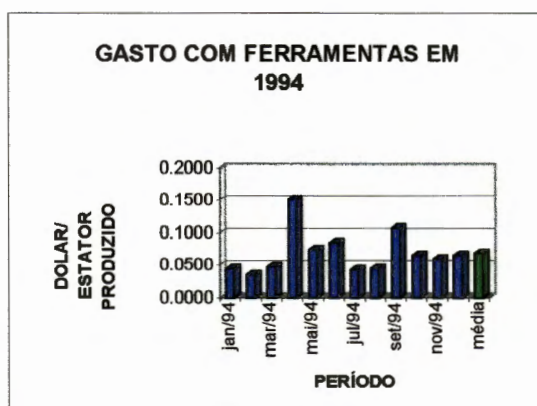
CONSUMO DE FERRAMENTAS POR PERÍODO

GERAL

1993	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/93	301011	12357	0.0411
fev/93	278316	35152	0.1263
mar/93	367073	22906	0.0624
abr/93	347811	28736	0.0826
mai/93	328452	42191	0.1285
jun/93	317347	14584	0.0460
jul/93	343302	12920	0.0376
ago/93	379144	20535	0.0542
set/93	358731	17728	0.0494
out/93	391303	16591	0.0424
nov/93	368996	18320	0.0496
dez/93	367541	9499	0.0258
média	4149027	251519	0.0622



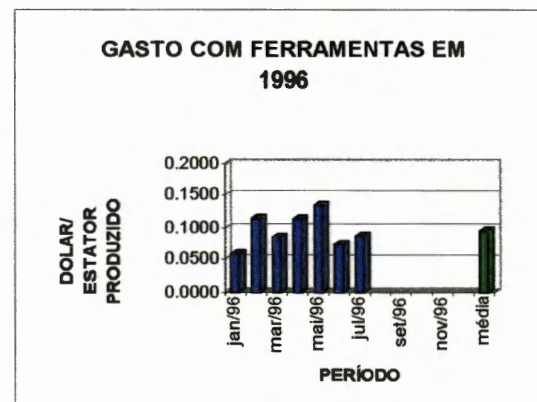
1994	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/94	395401	17460	0.0442
fev/94	348236	12155	0.0349
mar/94	399104	18832	0.0472
abr/94	337660	51034	0.1511
mai/94	407899	29943	0.0734
jun/94	407904	34456	0.0845
jul/94	449970	19050	0.0423
ago/94	451164	20036	0.0444
set/94	449362	48105	0.1071
out/94	464906	30451	0.0655
nov/94	482251	28681	0.0595
dez/94	490651	31890	0.0650
média	5084508	342093	0.0683



1995	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/95	504231	31443	0.0624
fev/95	488652	44504	0.0911
mar/95	515817	48777	0.0946
abr/95	471648	25549	0.0542
mai/95	560525	64402	0.1149
jun/95	587338	68879	0.1173
jul/95	580753	92724	0.1597
ago/95	602835	92417	0.1533
set/95	559679	93175	0.1665
out/95	519083	78219	0.1507
nov/95	539842	98419	0.1823
dez/95	438240	93219	0.2127
média	6368643	831727	0.1300



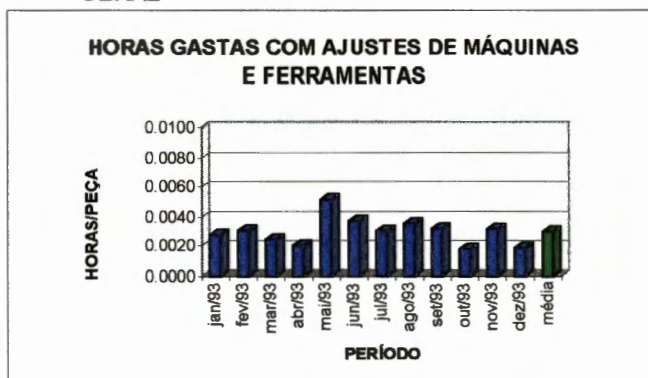
1996	PROD	\$	\$/PEÇA
jan/96	504973	29080	0.0576
fev/96	501177	57532	0.1148
mar/96	540952	45622	0.0843
abr/96	516082	58739	0.1138
mai/96	544056	72639	0.1335
jun/96	474500	34694	0.0731
jul/96	582229	50424	0.0866
set/96			
out/96			
nov/96			
dez/96			
média	3663969	348730	0.0948



Apêndice 3
Gráficos detalhados de horas
gastas com ajustes

HORAS GASTAS COM AJUSTES DE MÁQUINAS E FERRAMENTAS GERAL

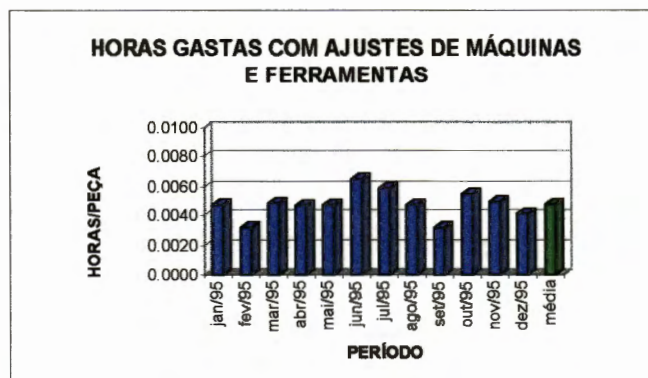
1993	PROD	HORAS	H/PEÇA
jan/93	301011	835	0.0028
fev/93	278316	866	0.0031
mar/93	367073	903	0.0025
abr/93	347811	703	0.0020
mai/93	328452	1697	0.0052
jun/93	317347	1194	0.0038
jul/93	343302	1050	0.0031
ago/93	379144	1360	0.0036
set/93	358731	1162	0.0032
out/93	391303	686	0.0018
nov/93	368996	1175	0.0032
dez/93	367541	680	0.0019
média	4149027	12311	0.0030



1994	PROD	HORAS	H/PEÇA
jan/94	395401	963	0.0024
fev/94	348236	971	0.0028
mar/94	399104	1167	0.0029
abr/94	337660	1047	0.0031
mai/94	407899	1489	0.0037
jun/94	407904	1165	0.0029
jul/94	449970	2134	0.0047
ago/94	451164	2181	0.0048
set/94	449362	2581	0.0057
out/94	464906	2487	0.0053
nov/94	482251	2170	0.0045
dez/94	490651	1604	0.0033
média	5084508	19959	0.0038



1995	PROD	HORAS	H/PEÇA
jan/95	504231	2400	0.0048
fev/95	488652	1556	0.0032
mar/95	515817	2510	0.0049
abr/95	471648	2214	0.0047
mai/95	560525	2662	0.0047
jun/95	587338	3821	0.0065
jul/95	580753	3441	0.0059
ago/95	602835	2860	0.0047
set/95	559679	1772	0.0032
out/95	519083	2857	0.0055
nov/95	539842	2679	0.0050
dez/95	438240	1801	0.0041
média	6368643	30573	0.0048



1996	PROD	HORAS	H/PEÇA
jan/96	504973	1576	0.0031
fev/96	501177	2149	0.0043
mar/96	540952	1567	0.0029
abr/96	516082	1150	0.0022
mai/96	544056	1215	0.0022
jun/96	474500	1668	0.0035
jul/96	582229	1983	0.0034
ago/96			
set/96			
out/96			
nov/96			
dez/96			
média	3663969	11308	0.0031

