

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA MECÂNICA

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DOS SISTEMAS BASEADOS NO CONCEITO DE
CAPACIDADE FINITA NOS DIVERSOS NIVEIS DA ADMINISTRAÇÃO DA
MANUFATURA ATRAVÉS DE ESTUDOS DE CASO

Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Para a obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

IZABEL CRISTINA ZATTAR

Florianópolis, agosto de 2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA MECÂNICA

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DOS SISTEMAS BASEADOS NO CONCEITO DE
CAPACIDADE FINITA NOS DIVERSOS NIVEIS DA ADMINISTRAÇÃO DA
MANUFATURA ATRAVÉS DE ESTUDOS DE CASO

IZABEL CRISTINA ZATTAR

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA
ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA

sendo aprovada em sua forma final.

João Carlos E. Ferreira, PhD.

José A. Bellini da Cunha Neto, Dr.

BANCA EXAMINADORA

Abelardo A. de Queiroz, Ph.D.

Dálvio Ferrari Tubino, Dr.

Marcelo Teixeira dos Santos, Dr.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,

*Que em seu sono eterno
velem por meus sonhos.
Que em minhas realizações
eu honre vosso nome.*

*Ao meu amado José Luiz,
a melhor parte de mim.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus amigos Gláucia e Marcello, pela sua amizade, paciência e ajuda nas horas difíceis e por sua prazerosa companhia nas horas de lazer.

Ao Mário, Adriana e Alexandra pelos nossos pequenos cafés e grandes conversas.

Às equipes participantes da três empresas estudadas, em especial ao Sidney, Kleber, Fábio, sr. Adair, Fabro e Veveson, que além de terem uma infinita paciência sempre foram gentis, solícitos e acreditaram no trabalho.

Aos representantes e desenvolvedores dos softwares, Linter, Seed e Tecmaran. Em especial ao Álvaro Abreu, suas colheres de bambu e passeios na praia, e ao Marco Antonio que tanto contribuiu com nossos papos cabeça.

Ao Sacchelli, o primeiro que viu potencial e acreditou em mim.

E por último e não menos importante ao meu orientador e amigo de todas as horas, João Carlos, teria sido difícil sem você.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
GLOSSÁRIO.....	xv
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 <i>A evolução do seqüenciamento, programação e planejamento da manufatura</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Objetivos do trabalho</i>	<i>2</i>
1.3 <i>Metodologia utilizada.....</i>	<i>3</i>
1.3.1 <i>Fontes de dados</i>	<i>4</i>
1.4 <i>Organização do trabalho</i>	<i>5</i>
CAPÍTULO 2 - ADMINISTRAÇÃO DA MANUFATURA.....	7
2.1 <i>Histórico da administração da manufatura</i>	<i>7</i>
2.2 <i>Responsabilidades da administração da manufatura</i>	<i>10</i>
2.3 <i>Função de produção.....</i>	<i>12</i>
2.3.1 <i>O papel do planejamento e controle da produção - PCP</i>	<i>15</i>
2.3.2 <i>Terminologia</i>	<i>17</i>
2.3.2.1 <i>Planejamento estratégico da produção e plano de produção.....</i>	<i>19</i>
2.3.2.2 <i>Planejamento tático da produção e plano-mestre de produção.....</i>	<i>20</i>
2.3.2.3 <i>Planejamento operacional da produção e programação da produção</i>	<i>23</i>
CAPÍTULO 3 - SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO E CONTROLE DA MANUFATURA.....	24
3.1 <i>Definição</i>	<i>24</i>
3.2 <i>Sistemas de planejamento de necessidades de materiais - MRP.....</i>	<i>26</i>
3.2.1 <i>As variáveis do sistema MRP</i>	<i>27</i>

3.3	<i>Sistemas de planejamento de recursos de manufatura – MRP II</i>	30
3.3.1	<i>Críticas ao conceito MRP/MRP II</i>	31
3.4	<i>Sistemas baseados no conceito de capacidade finita</i>	32
3.4.1	<i>Sistemas com Capacidade Finita – FCS</i>	35
3.4.2	<i>Sistemas avançados de planejamento e programação – APS</i>	36
3.4.3	<i>O escopo dos sistemas baseados no conceito de capacidade finita</i>	37
3.5	<i>Sistemas Integrados de Controle da Produção – MES</i>	38
3.6	<i>Sistema de planejamento de recursos de empresa – ERP</i>	39
3.7	<i>Sistemas híbridos FCS/APS x MRP/MRP II</i>	41
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIAS E CONCEITOS UTILIZADOS NOS SISTEMAS BASEADOS EM CAPACIDADE FINITA		44
4.1	<i>Carregamento infinito</i>	44
4.2	<i>Principais metodologias utilizadas nos sistemas baseados no conceito de capacidade finita</i>	46
4.2.1	<i>Programação baseada em trabalho – Job-based</i>	47
4.2.2	<i>Utilização da programação baseada em trabalho – Job-based</i>	50
4.2.3	<i>Programação baseada em eventos – Event-based</i>	50
4.2.3.1	<i>Utilização da programação baseada em eventos</i>	54
4.2.4	<i>Programação otimizada – Optimization Scheduling</i>	55
4.2.4.1	<i>Utilização da programação otimizada</i>	55
4.3	<i>Teoria das restrições - TOC</i>	55
4.3.1	<i>Conceitos básicos da TOC</i>	56
4.3.2	<i>Os 5 Passos da TOC</i>	56
4.3.3	<i>O software OPT</i>	57
4.3.4	<i>Programação baseada em recursos - Resource based</i>	58
4.3.4.1	<i>Utilização da programação baseada em recursos</i>	60

CAPÍTULO 5 – ESTUDOS DE CASO	61
5.1 <i>Empresa A</i>	61
5.1.1 <i>Estrutura da produção</i>	61
5.1.2 <i>Planejamento tático da produção e o plano-mestre de produção</i>	62
5.1.3 <i>Estrutura dos sistemas administração da manufatura no nível tático</i>	64
5.1.3.1 <i>Sistema SAP R/3</i>	65
5.1.3.2 <i>Scheduler</i>	66
5.1.3.3 <i>MRP</i>	70
5.1.4 <i>Análise do planejamento tático da manufatura na empresa A</i>	71
5.1.5 <i>Planejamento operacional da produção – Programação da produção</i>	73
5.1.5.1 <i>Estrutura da produção – Unidade 1</i>	74
5.1.6 <i>Estrutura dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional</i>	75
5.1.6.1 <i>Sistema de Informação Industrial S3</i>	76
5.1.6.2 <i>Leitstand FI -2</i>	78
5.1.6.3 <i>Scheduler – módulo de planejamento fino</i>	78
5.1.7 <i>Análise do planejamento operacional da manufatura – Unidade 1</i>	80
5.1.8 <i>Histórico de implantação de sistemas de administração da manufatura na empresa A</i>	81
5.1.9 <i>Análise crítica</i>	82
5.1.10 <i>Sugestões</i>	83
5.2 <i>Empresa B</i>	84
5.2.1 <i>Empresa B divisão compressores – estrutura da produção</i>	84
5.2.1.1 <i>Planejamento tático da produção e o plano-mestre de produção</i>	86
5.2.1.2 <i>Estrutura dos sistemas administração da manufatura no nível tático</i>	87

5.2.1.3	<i>Análise do planejamento tático da manufatura – empresa B divisão compressores</i>	88
5.2.2	<i>Planejamento operacional da produção e a programação da produção</i>	88
5.2.3	<i>Estrutura dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional</i>	89
5.2.3.1	<i>Drummer APS</i>	90
5.2.4	<i>Histórico de implantação de sistemas de administração da manufatura na empresa B</i>	93
5.2.5	<i>Empresa B divisão compressores – análise crítica</i>	94
5.2.6	<i>Sugestões</i>	96
5.3	<i>Empresa C</i>	98
5.3.1	<i>Processo de fabricação da cerâmica</i>	99
5.3.2	<i>Estrutura da produção</i>	100
5.3.3	<i>Planejamento tático da produção e plano-mestre de produção</i>	101
5.3.4	<i>Estrutura dos sistemas administração da manufatura no nível tático</i>	101
5.3.5	<i>Estrutura dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional</i>	104
5.3.6	<i>Família de soluções Preactor</i>	105
5.3.6.1	<i>Preactor APS</i>	106
5.3.7	<i>Histórico de implantação de sistemas de administração da manufatura</i>	107
5.3.8	<i>Empresa C – análise crítica</i>	108
5.3.9	<i>Sugestões</i>	109
	<i>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</i>	110
6.1	<i>Utilização nos diferentes níveis de planejamento e os sistemas híbridos</i>	110
6.2	<i>Utilização em diferentes sistemas produtivos</i>	113
6.3	<i>Recomendações para trabalhos futuros</i>	114

<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	<i>115</i>
<i>ANEXO A - QUESTIONÁRIO PARA A CONDUÇÃO DAS ENTREVISTAS NAS EMPRESAS ESTUDADAS.</i>	<i>119</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.1 - Estrutura de estudos de casos múltiplos</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2.1 – Volume de produção em países industrializados</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2.2 – Relação entre os diversos níveis da administração da manufatura, seus horizontes de detalhamento e nível de agregação de informação</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2.3 – Funções principais e de apoio da administração da manufatura.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2.4 – Modelo de quatro estágios</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2.5 – Níveis de decisão gerenciais e de planejamento da função produção</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2.6 – Atividades do PCP relacionadas aos níveis de planejamento e decisão da função produção.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2.7 – Visão geral das atividades do PCP.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2.8 – Atividades do planejamento e controle da manufatura.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2.9 – Função planejamento x Função programação</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2.10 - Entradas e saídas da programação da produção.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2.11 – Fatores que influenciam no período de replanejamento.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2.11 – Entradas para o planejamento da produção.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2.13 – Dinâmica do PMP</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3.1 – Modelo dos cinco estágios evolutivos dos sistemas de administração e controle da manufatura Fonte: Rondeau e Litteral, 2001.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3.2 – Evolução dos sistemas de administração da manufatura</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3.3 - Visão geral de um sistema MRP</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3.4 – Lógica de trabalho dos sistemas MRP.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 3.5 - Visão geral do sistema MRP II.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3.6 – Representação geral da operação de um sistema de programação da produção baseado no conceito de capacidade finita.....</i>	<i>34</i>

<i>Figura 3.7 - Escopo dos sistemas baseados em capacidade finita</i>	38
<i>Figura 3.8 – Estrutura conceitual dos sistemas ERP</i>	40
<i>Figura 4.1 – Seqüenciamento gerado pelo método ICBP</i>	45
<i>Figura 4.2 – Programação gerada através do seqüenciamento para trás</i>	46
<i>Figura 4.3 – Seqüenciamento das ordens utilizando a abordagem job-based</i>	49
<i>Figura 4.4 – Tempo de espera para inicio de tarefas de um mesmo trabalho</i>	49
<i>Figura 4.5 – Fluxograma de simulação</i>	52
<i>Figura 4.6 – Programação de ordens baseadas em eventos</i>	53
<i>Figura 4.7 – Programação baseada em restrições</i>	59
<i>Figura 5.1 – Organograma da planta brasileira – Empresa A</i>	61
<i>Figura 5.2 – Níveis da lista de materiais dos compressores da empresa A</i>	62
<i>Figura 5.3 – Esquema geral dos sistemas de administração no nível tático da empresa A</i>	64
<i>Figura 5.4 – Módulos do sistema SAP R/3 (SAP Brasil, 2000)</i>	65
<i>Figura 5.5 – Características do sistema base (SAP Brasil, 2000)</i>	66
<i>Figura 5.6 – Algoritmo de simulação de filas do Scheduler</i>	67
<i>Figura 5.7 – Grupos de recursos (unidade 1)</i>	69
<i>Figura 5.8 – Módulo de calendários do Scheduler</i>	69
<i>Figura 5.9 – Ordens x gráfico de Gantt</i>	70
<i>Figura 5.10 – Logística integrada SAP R/3 (SAP Brasil, 2000)</i>	71
<i>Figura 5.12 – Entradas esperadas para a programação da produção</i>	75
<i>Figura 5.13 – Esquema geral dos sistemas de programação da manufatura – Unidade 1</i>	76
<i>Figura 5.14 - Esquema geral dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional da unidade 1 (adaptado de Harbor)</i>	77
<i>Figura 5.15 – Entradas e saídas esperadas na programação do chão de fábrica (adaptado de empresa A)</i>	79
<i>Figura 5.18 – Organograma simplificado da empresa B</i>	84

<i>Figura 5.19 – Níveis da lista de materiais da empresa B divisão compressores.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 5.20 – Malha de montagem de compressores de pistão.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 5.21 – Esquema geral dos sistemas de administração da manufatura (no nível tático) da empresa B divisão compressores.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 5.22 – Esquema geral dos sistemas dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional da empresa B divisão compressores.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 5.24 – Ordens x estoques de segurança</i>	<i>91</i>
<i>Figura 5.25 – Quadro de estatísticas de ganhos.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 5.26 – Sugestão de configuração utilizando o Drummer em dois níveis de planejamento</i>	<i>96</i>
<i>Figura 5.27 – Exemplo de produto da empresa C (revestimentos cerâmicos)</i>	<i>98</i>
<i>Figura 5.28 – Níveis da lista de materiais da empresa C (revestimentos cerâmicos).....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 5.29 – Esquema geral dos sistemas de administração da manufatura no nível tático empresa C.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 5.30 – Esquema geral dos sistemas de gestão da manufatura no nível operacional da empresa C.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 6.1 – Módulos dos sistemas MRP II mais utilizados.....</i>	<i>112</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 2.1 – Diferenças entre o plano de produção e o PMP</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 4.1 – Parâmetros das tarefas (Plenert e Kirchner, 2000).....</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 4.2 - Parâmetros de trabalho (adaptado de Taylor, 2001).....</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 5.1 – Características técnicas - Scheduler.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 5.11 – Principais dimensões de uma família de produtos da unidade 1.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 5.2 - Características técnicas do sistema FI-2.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabela 5.5 – Outras linhas de produtos da empresa B, divisão compressores.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabela 5.9 – Relação entre os objetivos esperados com a implantação do sistema APS e sua realização</i>	<i>109</i>
<i>Tabela 6.0 – Níveis de utilização dos sistemas APS/FCS.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabela 6.1 – Sistemas de administração da produção utilizados pelas empresas estudadas</i>	<i>113</i>
<i>Tabela 6.2 – Distribuição da produção</i>	<i>113</i>

RESUMO

Quando os primeiros sistemas de administração e programação da produção foram desenvolvidos, as limitações de capacidade e velocidade de processamento fizeram com que os problemas a serem tratados fossem simplificados ao máximo possível, a fim de serem atendidos pela tecnologia existente. Com o aumento da capacidade de processamento e a popularização dos sistemas de programação baseados em capacidade finita (FCS), começaram a aparecer os primeiros sistemas híbridos, que são sistemas de administração da produção que possuem diferentes elementos lógicos trabalhando de maneira integrada. Estes aliavam a gestão de materiais dos MRPs à grande capacidade de resolução dos problemas de programação de chão-de-fábrica. Até este ponto da evolução dos sistemas de produção, os papéis de cada um dos softwares estavam bem delineados e não existia grande sobreposição de tarefas. Os sistemas FCS eram considerados grandes aliados dos sistemas MRPs, podendo ser anexados aos mesmos sem a necessidade de substituição dos softwares existentes ou dos procedimentos da empresa. Quando no início dos anos 90 os primeiros sistemas de planejamento e programação avançados – APS, começaram a despontar no mercado, estendendo os benefícios da capacidade finita também para o planejamento, as discussões em torno da utilização de sistemas híbridos ou da simples substituição dos softwares foram aumentando e atualmente a escolha de um sistema híbrido constitui-se em uma tarefa difícil e muitas vezes de caráter estratégico para as empresas. Este trabalho busca verificar o funcionamento dos sistemas baseados no conceito de capacidade finita, sua integração aos demais sistemas e sua utilização nos diversos níveis da administração da manufatura. Para alcançar este objetivo foram realizados três estudos de casos práticos em diferentes empresas que utilizam sistemas comerciais de planejamento e programação da produção baseados no conceito de capacidade finita. Também é apresentada uma breve explicação sobre as principais metodologias utilizadas nos sistemas de programação da produção baseados no conceito de capacidade finita.

ABSTRACT

When the first systems of administration and production planning were developed, limitations of capacity and speed processing made that problems were simplified to its limit in order to be attended by the existing technology. With the increasing capacity of processing and the popularization of finite capacity scheduling (FCS), the first hybrid systems started to appear. Hybrid systems, which are systems of production administration, have different logical elements working in an integrated way.

They join material administration of MRPs to the great capacity of planning problem solving in the assembly line point. Till this point of production systems evolution, each one role was well known and there was not overlapping of tasks. The FCS systems were considered great MRPs ally, one could be enclosed to the other without the necessity of replacing existing software or company procedures. When in the beginning of the 90s the first advanced planning and scheduling systems – APS start to appear in the market, extending the capacity of finite benefits to the planning, discussions about the using of hybrid systems or the replacing of software were increased. Nowadays the choice of an hybrid system constitute a hard task and many times it is a strategical character of the industry.

This work intends to verify the systems operation based on the concept of finite capacity, its integration to the existing systems and its utilization in the various levels of manufacture administration. In order to reach such objective three researches based on practical cases were carried out. Planning commercial systems were used based on the concept of finite capacity. Mathematical approach of solving were explained using the programming system and production planning based on the concept of finite capacity, explained in the text.

GLOSSÁRIO

APS – Sistemas de Planejamento e Programação Avançados - *Advanced Planning and Scheduling*.

CRP – Planejamento da Capacidade de Recursos - *Capacity Requirements Planning*.

ERP – Sistemas Integrados de Gestão Empresarial - *Enterprise Resources Planning*.

FCS – Sistemas de Programação com Capacidade Finita - *Finite Capacity Scheduling*.

MRP – Planejamento de Necessidades de Materiais - *Materials Requirements Planning*.

MRP II – Planejamento de Recursos de Manufatura - *Manufacturing Resources Systems*.

MES – Sistemas de Execução e Controle de Fábrica - *Manufacturing Execution Systems*.

RCCP – Planejamento de capacidade de grosso modo - *Rought-cut Capacity Planning*.

SFC – Controle de Chão de Fábrica - *Shop Floor Control*.

SUPPLY CHAIN – Cadeia de Suprimentos. Conjunto de instalações dispersas geograficamente interagindo entre si.

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT – Gestão da cadeia de suprimentos. Tem como objetivo integrar e gerenciar globalmente a cadeia de suprimentos ao invés de gerir independentemente cada função.

THROUGHPUT – Quantidade de peças produzidas por hora.

TOC – Teoria das Restrições - *Theory of Constrains*.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 A evolução do seqüenciamento, programação e planejamento da manufatura

Não é de hoje que o seqüenciamento, a programação e o planejamento da produção¹ são temas de grande preocupação para as indústrias.

Pesquisas na área começaram em meados do século XX. Os primeiros livros que abordavam o tema de seqüenciamento industrial e teoria de programação foram publicados na década de 60, entre os quais pode ser destacado *Theory of Scheduling* de Conway, Maxwell e Miller em 1967, que viria a ser adotado como uma das principais referências bibliográficas na área de programação da produção.

Ainda na década de 1960 tem início o uso de computadores no suporte a processos de negócios, basicamente limitados às aplicações financeiras. Esta limitação ocorria em virtude dos preços elevados dos computadores e de sua baixa capacidade de processamento.

Na década de 1970 os computadores tornaram-se mais poderosos e baratos, viabilizando o surgimento dos sistemas computacionais, entre eles os sistemas para o Planejamento de Requisitos de Materiais – MRP, voltados para aplicações em empresas de manufatura. Uma definição dos sistemas MRP é dada por Rentes (2002).

É um sistema **faseado** no tempo (*time phased*) que gera ordens de montagem para os produtos, ordens de fabricação para os componentes, ordem de compras para a matéria prima e componentes comprados. Tudo isto é gerado a partir de uma programação de entrega do produto final.

Porém, os MRPs não tratavam da capacidade dos recursos produtivos da empresa em nenhum nível de sua solução. Em decorrência dessa limitação e em virtude da maior capacidade de processamento dos computadores, surgem na década de 1980 os sistemas de Planejamento de Recursos de Manufatura - MRP II.

Estes agregam as funções já citadas dos MRP, como o planejamento de capacidade de produção, e também atuam em aspectos financeiros (como orçamentos e custeio da produção). Com freqüência a instalação é “departamental”, ou seja, específica da área industrial. Como conseqüência, tais sistemas eram vistos inicialmente como isolados e não se integravam com outras aplicações.

Assim como o MRP, que não considerava os recursos produtivos, o MRP II também possuía uma deficiência: considerava como infinita a capacidade dos recursos instalados e como

¹ Neste trabalho, os termos manufatura e produção, serão tratados como sinônimos.

constantes os *lead times*, de forma independente da demanda. Esta falta de visibilidade dos recursos resultava em um plano de produção não confiável e somente referencial.

Em paralelo aos sistemas MRP II uma outra solução começava a ser pesquisada, os Sistemas de Programação com Capacidade Finita – FCS e posteriormente os Sistemas de Planejamento e Programação Avançados – APS.

Logo, o conceito de capacidade finita gerou toda uma família de ferramentas de seqüenciamento, programação e planejamento da produção, capazes de considerar as mais diversas variáveis e restrições envolvidas nos sistemas produtivos, relativas não somente à capacidade produtiva, mas também englobando matéria-prima.

Apesar dos sistemas baseados no conceito de capacidade finita se encontrarem atualmente em uma grande fase de evolução e aceitação pelo mercado, foi observado que um dos maiores problemas que as empresas encontram na sua utilização é a falta de bibliografia objetiva e isenta.

Observa-se que implementações destes sistemas não são mais freqüentes devido à falta de respostas para perguntas como:

- a) Em quais estágios da administração da manufatura pode ser utilizado o conceito de capacidade finita?
- b) Quais as diferenças entre as abordagens matemáticas (regras heurísticas, otimizantes, restrições) que regem os sistemas baseados em capacidade finita e em quais tipos de sistemas produtivos estas abordagens tem uma melhor aderência?
- c) Quais as formas de sistemas híbridos (por exemplo: integração de sistema MRP II com um APS) mais utilizadas comercialmente para a administração da manufatura e quando aplicá-las?

Tendo em vista as questões acima, o presente trabalho tem como escopo a compreensão da utilização de alguns destes sistemas baseados no conceito de capacidade finita nos diversos níveis da administração da manufatura, o estudo dos métodos de resolução matemáticos mais utilizados nestes sistemas e exemplos de integração de sistemas híbridos de administração da manufatura.

1.2 Objetivos do trabalho

Este trabalho tem como objetivo geral verificar o funcionamento dos sistemas baseados no conceito de capacidade finita, sua integração aos demais sistemas e sua utilização nos diversos níveis da administração da manufatura.

Para alcançar este objetivo foram realizados estudos de casos práticos em diferentes empresas que utilizam sistemas comerciais² de planejamento e programação da produção baseados no conceito de capacidade finita.

Também espera-se alcançar, através dos estudos de caso e da revisão bibliográfica, os seguintes objetivos específicos:

- a) Citar e apresentar uma breve explicação sobre as principais metodologias utilizadas nos sistemas de programação da produção baseados no conceito de capacidade finita;
- b) Descrever exemplos de formas de integração de sistemas híbridos de administração da manufatura que trabalham em algum nível com sistemas baseados em capacidade finita;
- c) Criar bibliografia que não vise à comercialização de softwares e de fácil consulta através da exemplificação dos estudos de casos, que venha auxiliar os gerentes de manufatura e logística na busca de entendimento dos diferentes sistemas baseados em capacidade finita disponíveis no mercado e suas utilizações, citadas ao longo do trabalho.

1.3 Metodologia utilizada

De acordo com Selltiz et al. (1967 apud GIL, 2002, p. 41) “[...] pesquisas que envolvem: a) levantamento bibliográfico, b) entrevista com pessoas (ou empresas) que tiveram experiências práticas com o problema (tema) pesquisado e c) análise de exemplos que estimulem a compreensão”, são classificadas como pesquisas exploratórias e podem assumir a forma de pesquisa bibliográfica ou estudo de caso. Neste trabalho optou-se pela utilização de múltiplos casos, pois conforme Gil (2002, p.139) “[...] proporciona evidências inseridas em diferentes contextos, colaborando desta forma para a elaboração de uma pesquisa de melhor qualidade.”

Após a coleta dos dados, o tratamento dos mesmos foi composto das seguintes etapas:

- a) Primeiramente os dados foram agrupados em relatórios individuais de cada um dos estudos de casos;
- b) Em seguida foi feita uma verificação da relevância da revisão bibliográfica, através da comparação entre as informações coletadas e a revisão bibliográfica já existente;
- c) Foram escritas as conclusões dos estudos de casos cruzados, baseadas na revisão bibliográfica final.

² Como sistema comercial, se entenda por aqueles disponíveis para o mercado e não ferramentas desenvolvidas internamente nas empresas.

A figura 1.1 apresenta a estrutura de análise de estudos de caso múltiplos que foi adotada. Em uma primeira etapa foi elaborada uma breve revisão bibliográfica e no passo seguinte foi realizada a seleção dos casos e preparação do protocolo de coleta de dados.³

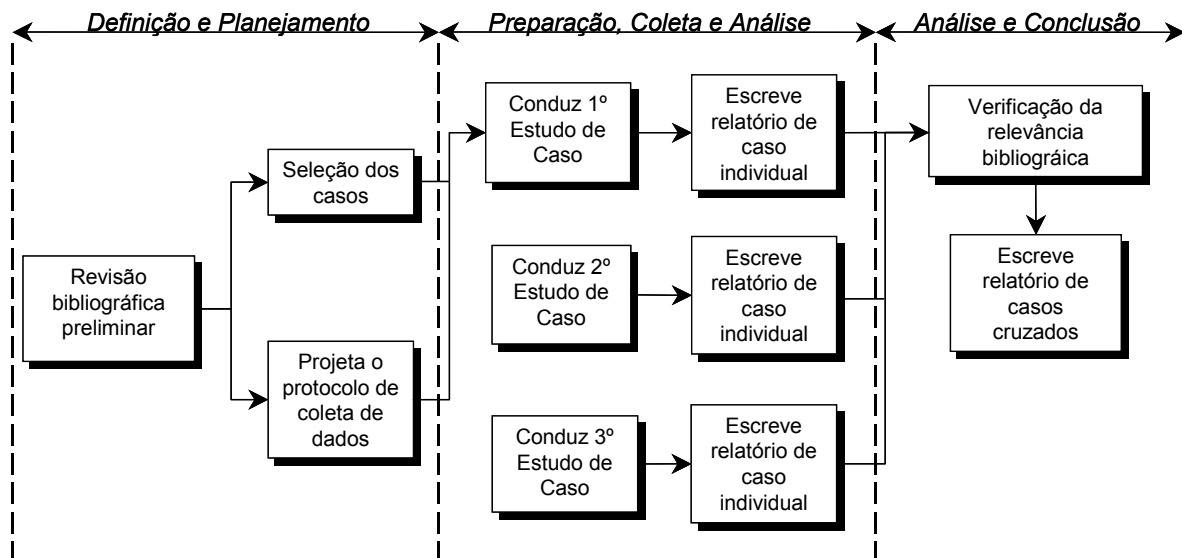


Figura 1.1 - Estrutura de estudos de casos múltiplos
Fonte: adaptado de YIN, 2001

Para isto foram utilizados softwares geradores de gráficos, editores de texto, editores de imagens, além das ferramentas com capacidade finita na sua versão *standard* que foram disponibilizadas pelos fornecedores.

1.3.1 Fontes de dados

Os estudos de caso foram realizados em três empresas com diferentes características produtivas, com sistemas baseados em capacidade finita de diferentes fornecedores e em diferentes fases de implantação do mesmo. O critério para escolha de cada estudo de caso foi a existência de alguma característica diferenciada na forma de implementação ou utilização destes sistemas. As empresas escolhidas foram:

- a) Empresa A - atua na área de compressores herméticos, com uma produção anual de 24 milhões de unidades e cerca de 9 mil funcionários. Relevância da empresa para o trabalho: uma das pioneiras no país a utilizar os conceitos de capacidade finita como um otimizador para a elaboração do planejamento mestre da produção. Trabalha com sistema híbrido ERP+MRP+APS+MES. O otimizador do plano mestre da produção já

³ Neste trabalho a coleta de dados foi realizada através de entrevistas e questionários, (vide anexo A).

está completamente implantado, sendo feitas melhorias dinamicamente. O seqüenciador fino da produção encontra-se em fase de implantação em uma de suas unidades fabris;

- b) Empresa B. Indústria de compressores de ar que também atua no desenvolvimento de produtos fundidos e usinados, bem como de ferramentais de fundição. Produz peças em ferro fundido cinzento e nodular em moldagem mecanizada, com peso de até 80 kg, além de realizar a usinagem para a indústria automobilística. Possui cerca de 1200 funcionários. Relevância da empresa para o presente trabalho: há mais de uma década vem aplicando os conceitos da Teoria das Restrições – TOC em seu parque fabril. A partir deste estudo e aplicação dos conceitos esta empresa instalou um sistema baseado em capacidade finita que fosse amplamente baseado na TOC. O sistema com capacidade finita já está implantado e executando na área de compressores e em fase de implantação na divisão automotiva. Ela utiliza o sistema de planejamento e programação da produção como um substituto ao sistema MRP tradicional;
- c) Empresa C. Produz revestimentos cerâmicos e argamassas para assentamento e rejuntamento de revestimentos cerâmicos. Possui cerca de 2,5 mil funcionários em 12 fábricas do seu parque industrial. Como ponto de maior destaque neste estudo de caso está o fato da empresa antes da implantação do sistema baseado em capacidade finita, tratar suas doze plantas como fábricas individuais. A programação era totalmente independente e feita em planilhas eletrônicas. As compras de matérias-primas e insumos também eram feitas de forma independente. Era comum clientes colocarem pedidos com muitos itens a serem atendidos por diferentes unidades, o que obrigava o interessado a negociar prazos de entrega com cada uma das fábricas. Hoje o PCP centraliza em um único local a programação de todas as 46 linhas de produção das 12 unidades. Esta empresa encontra-se atualmente iniciando sua segunda fase de implantação.

Neste trabalho também foram considerados os três desenvolvedores ou representantes dos sistemas computacionais baseados em capacidade finita utilizados pelas empresas participantes dos estudos de casos.

1.4 Organização do trabalho

O trabalho está dividido em 6 capítulos, sendo o primeiro reservado à introdução e contextualização do problema. A revisão bibliográfica é apresentada nos capítulos 2, 3 e 4.

O capítulo 2 apresenta um breve histórico da administração da manufatura e uma visão geral do seu escopo através dos diversos níveis de planejamento. Também é apresentada a terminologia básica que será utilizada em todo o trabalho.

No capítulo 3 é traçada uma linha histórica apresentando a evolução dos sistemas computacionais de administração e controle da manufatura. São citadas algumas das razões de sua constante renovação e as funções de cada um dos diferentes sistemas⁴. Ao final do capítulo é feita uma breve análise da utilização dos sistemas híbridos, em especial, os sistemas MRP+APS.

O capítulo 4 descreve brevemente as principais metodologias e abordagens utilizadas nos sistemas de programação e planejamento baseados no conceito de capacidade finita. Também é apresentada rapidamente uma visão sobre a Teoria das Restrições – TOC, teoria criada pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt na década de 80, o que irá facilitar a compreensão do estudo de caso da empresa B.

Os estudos de caso são relatados no capítulo 5, e no capítulo 6 são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

⁴ Somente serão citados os sistemas de administração e controle da produção apresentados nos estudos de casos.

CAPÍTULO 2 - ADMINISTRAÇÃO DA MANUFATURA

2.1 Histórico da administração da manufatura

A administração da manufatura, segundo Davis, Aquilano e Chase (2001, p.24) pode ser descrita a partir de uma visão corporativa, como o “[...] gerenciamento dos recursos diretos que são necessários para a obtenção dos produtos e serviços de uma organização”.

Antes de dar continuidade às responsabilidades inerentes à administração da manufatura, é interessante fazer um breve histórico de seu desenvolvimento.

Inicialmente o homem das cavernas era o produtor e o cliente. Seus utensílios e armas eram produzidos e consumidos por ele próprio e o comércio ainda não existia.

Até o século XVII, as atividades de produção de bens eram desempenhadas por artesãos. De um modo geral os artesãos eram capazes de realizar obras de média e grande complexidade e detinham o domínio completo do ciclo de produção. Eles negociavam com o cliente, executavam estudos e provas, selecionavam os materiais e as técnicas mais adequadas, construíam o bem e o entregavam. Cada bem produzido era personalizado e incorporava inúmeros detalhes solicitados pelo cliente. Com estas características o número de variações no bem ou serviço era praticamente ilimitado.

A partir de invenções como a imprensa de tipos (séc. XV), e do tear hidráulico (séc. XVIII), fica demonstrada a possibilidade de mecanizar o trabalho e produzir um bem em série.

Em 1765 Watt inventou a máquina a vapor, e isso trouxe uma fonte de força para a manufatura. Em 1801, Eli Whitney apresentou o conceito de padronização de peças para o presidente Jefferson, com uma demonstração na qual ele selecionou peças ao acaso para montar um rifle e então dispará-lo. (DAVIS, AQUILANO E CHASE, 2001, p. 34)

Apesar de todo este avanço, a manufatura ainda era executada e descrita mais como uma arte do que uma ciência.

No fim do século XIX surgem nos Estados Unidos os trabalhos de Frederick W. Taylor, chamado de pai da **Administração Científica**, considerada por muitos como o primeiro marco na administração da manufatura. Com os trabalhos de Taylor surge a sistematização do conceito de produtividade, a procura por melhores métodos de trabalho e processos de produção. O principal objetivo era obter melhoria da produtividade com o menor custo possível. Essa procura ainda hoje é o tema central em todas as empresas, mudando-se apenas as técnicas utilizadas.

Paris (2004), explica que:

A análise da relação entre o *output* - ou, em outros termos, uma medida quantitativa do que foi produzido, como quantidade ou valor das receitas provenientes da venda dos produtos ou serviços finais - e o *input* - ou, em outros termos, uma medida quantitativa dos consumos, como quantidade ou valor das matérias-primas, mão-de-obra, etc.: - nos permite quantificar a produtividade, que sempre foi o grande indicador do sucesso ou fracasso das empresas

Em 1903, Henry Ford inicia a fabricação do modelo A com plataformas fixas e com ciclo médio de produção em torno de 514 min. Em 1908, começa a fabricar o modelo T, já trabalhando com os conceitos de maior padronização e intercambiabilidade, com isto reduzindo o ciclo de produção para 2,3 min.

Surge, então, a produção em massa, caracterizada por grandes volumes de produtos extremamente padronizados e com baixíssima variação nos produtos finais. Em decorrência disto, novos conceitos foram introduzidos na administração da manufatura, tais como:

- a) Posto de trabalho;
- b) Estoques intermediários;
- c) Arranjo físico;
- a) Balanceamento de linha;
- b) Produtos em processo;
- c) Motivação;
- d) Sindicatos;
- e) Manutenção preventiva;
- f) Controle estatístico da qualidade; e
- g) Fluxograma de processos.

O conceito de produção em massa e as técnicas produtivas dele decorrentes predominaram nas fábricas até meados da década de 60, quando começam a surgir novas técnicas produtivas, que mais tarde viriam caracterizar a produção enxuta.

Ao longo desse processo de modernização da produção, cresce em importância a figura do cliente. Pode-se dizer que a procura da satisfação do consumidor é que tem levado as empresas a se atualizarem com novas técnicas de produção, cada vez mais eficazes e de alta produtividade. A manufatura de bens e serviços está se encaminhando para a produção customizada e focada no cliente, Ferreira (1996, p.1), diz que:

A produção em massa, a ferramenta que os capitalistas usavam para satisfazer as necessidades do consumidor, principalmente nos anos 60 e 70, não é mais efetiva como costumava ser. Como a manufatura tinha se tornado tão lucrativa, mais e mais fabricantes entraram neste mercado. Com o aumento no número de fabricantes, houve um aumento na competição. Mais fabricantes significa mais opções para os consumidores. O consumidor pode sempre encontrar um fornecedor que fabrica algum produto num preço razoável. Em suma, a relação fabricante-consumidor foi alterada, isto é, o mercado passou a ser voltado para o consumidor, em vez de ser voltado para o fabricante. Além disso, quanto mais o consumidor encontra maiores opções de produtos, o desejo de ter mais opções torna-se mais forte. A necessidade de produzir-se diferentes tipos de produtos tem aumentado cada vez mais, e ao mesmo tempo o ciclo-de-vida do produto tem se tornado cada vez mais curto.

[...] a tendência significativa na indústria de manufatura atual é a variedade de produtos, alteração freqüente no projeto das peças, e redução no estoque intermediário. Em consequência, o volume de produção para cada produto é muito baixo. Hoje nos países industrializados mais de 90% de todos os produtos são manufaturados em tamanhos de lote de menos de 50 unidades.

[...] a produção em pequenos lotes requer sistemas de manufatura com uma flexibilidade relativamente alta, não apenas nos equipamentos, mas também na tomada de decisões de projeto, planejamento, agendamento, manuseio de materiais e gerenciamento de informações.

A figura 2.1 apresenta o volume de produção em países industrializados.

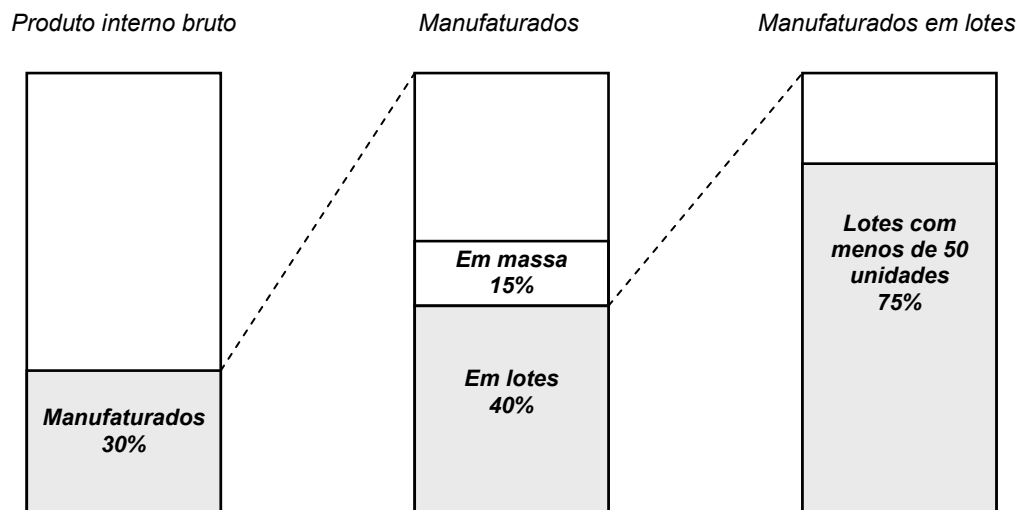


Figura 2.1 – Volume de produção em países industrializados
 Fonte: Ferreira, 1996

É tão grande a atenção dispensada ao cliente atualmente, que em muitos casos já se especifica em detalhes o seu produto. Para que este alto nível de customização dos produtos não atrapalhe os processos de produção do fornecedor, é necessário aumentar a flexibilidade e

diminuir o tempo de resposta dos sistemas produtivos e, ao mesmo tempo, tornar a produção economicamente viável.

São estes, entre outros, os desafios da moderna administração da manufatura: maior flexibilidade (menor tempo de resposta dos sistemas produtivos), aliada ao menor custo buscando a geração de produtos com qualidade. Davis, Aquilano e Chase (2001, p.37) concluem que:

A administração da produção é reconhecida hoje como uma área funcional crítica, dentro de qualquer organização. A administração da produção não é mais considerada subordinada às áreas de finanças e marketing; ao contrário, é agora tratada de forma igual. [...] O papel anteriormente reativo da administração da produção, que se concentrava apenas na minimização de custos, foi substituído por uma posição mais proativa de maximização do valor agregado aos bens e serviços que a organização fornece.

A seguir serão vistas algumas das responsabilidades e funções que fazem parte do escopo de atuação da administração da manufatura nas organizações.

2.2 Responsabilidades da administração da manufatura

Segundo Slack et al (2002, p. 54) as atividades da administração da manufatura e suas responsabilidades diretas e indiretas podem variar de empresa para empresa, “[...], entretanto, há algumas classes gerais de atividades que se aplicam a todos os tipos de produção, não importa como as fronteiras funcionais foram definidas”.

Entre as responsabilidades diretas pode ser citado o:

- a) Entendimento dos objetivos estratégicos da produção;
- b) Desenvolvimento de uma estratégia de produção para a organização;
- c) Projeto dos produtos, serviços e processos de produção;
- d) Planejamento e controle da produção; e
- e) Melhoria do desempenho da produção.

A figura 2.2 apresenta a relação entre as diversas responsabilidades da administração da manufatura, seus respectivos horizontes de planejamento⁵ e o nível de agregação das informações nos planos de produção.

⁵ Horizonte de planejamento – tamanho do tempo futuro sobre o qual se tenha interesse em desenvolver uma visão. (CORREA, GIANESI E CAON, 2001, p. 39).

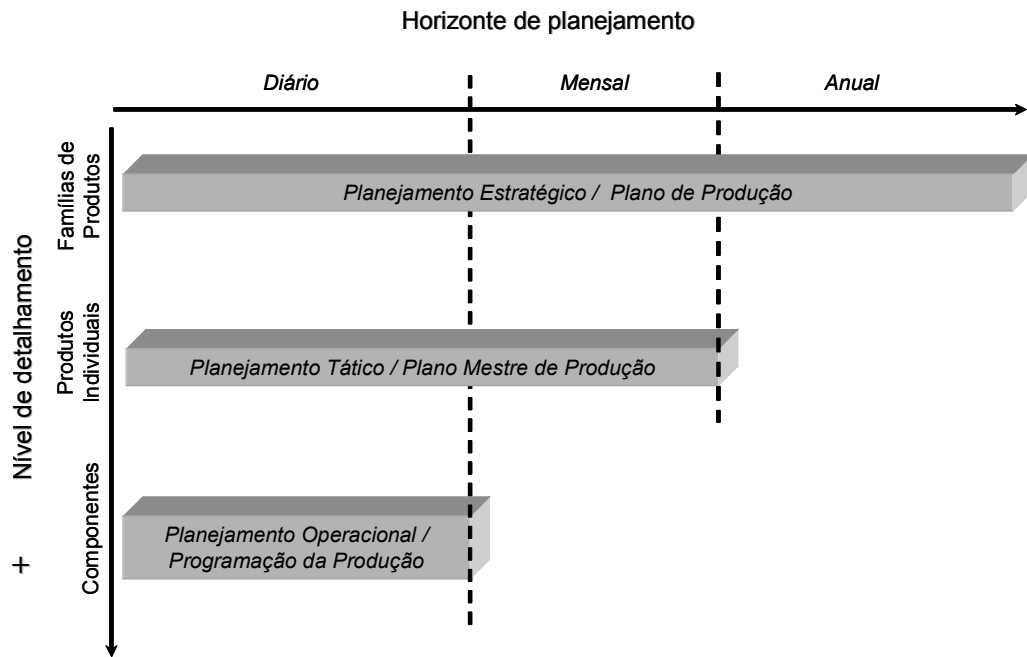


Figura 2.2 – Relação entre os diversos níveis da administração da manufatura, seus horizontes de detalhamento e os níveis de agregação de informação

Para que a administração da manufatura consiga atingir seus objetivos, com fronteiras tão amplas dentro de uma organização, deve exercer uma série de funções organizacionais e operacionais. Estas funções são divididas entre principais e de suporte. A figura 2.3 apresenta uma visão sobre as funções principais e de suporte dentro da administração da manufatura.

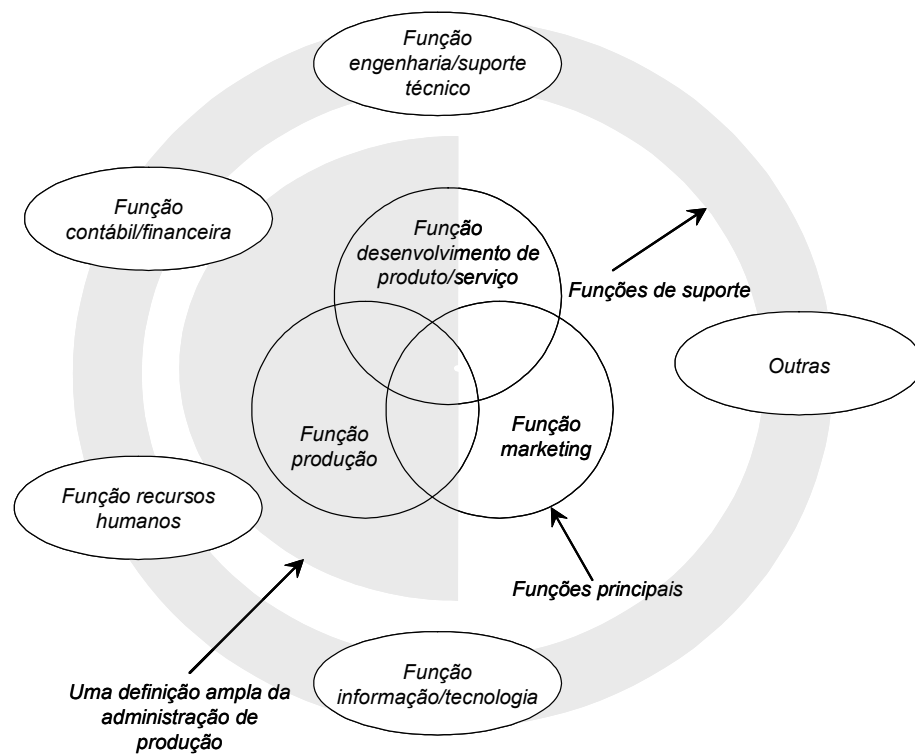


Figura 2.3 – Funções principais e de apoio da administração da manufatura
 Fonte: Slack et al, 2002

Muitas vezes as mudanças de contexto em uma das funções podem vir a ter conseqüências nas outras funções. Blois (1991 apud PIRES, 1995 p. 132), discute as novas tendências na função marketing e suas implicações na manufatura:

- a) Diminuição dos ciclos de vida dos produtos e competição baseada no tempo de desenvolvimento e implementação de novos produtos;
- b) Aumento na diversificação, variabilidade e complexidade dos produtos;
- c) Aumento das exigências dos clientes, levando a um aumento na customização dos produtos e segmentação dos mercados;
- d) Aumento das exigências acerca da qualidade e confiabilidade dos produtos; e
- e) Aumento nos níveis de serviços subcontratados (terceirização).

É importante citar que não existe um consenso entre os autores para a classificação das funções principais de uma empresa. Enquanto alguns citam finanças, produção e marketing (TUBINO, 2000; DAVIS, AQUILANO E CHASE, 2001), outros autores, como Slack et al (2002), optam por deixar finanças como uma função suporte e em seu lugar citar a função de desenvolvimento de produto ou serviço. Já as funções secundárias podem ser definidas como todas aquelas que atuam como suporte para o funcionamento das funções principais.

2.3 Função de produção

Uma definição abrangente da função de produção é dada por Tubino (2000, p.18),

[...] a função de produção consiste em todas as atividades que diretamente estão relacionadas com a produção de bens ou serviços. A função de produção não compreende apenas as operações de fabricação e montagem de bens, mas também as atividades de armazenagem, movimentação, entretenimento, aluguel, etc., quando estão voltadas para a área de serviços.

Slack (2002, p.32) diz que a função produção “é responsável por satisfazer as solicitações de consumidores por meio da produção e entrega de bens e serviços.”

Ao observar as duas definições acima pode-se dizer que função a produção corresponde a todos os processos que produzem bens econômicos, incluindo bens tangíveis ou intangíveis, criando desta forma utilidades visando o incremento do valor agregado, ou seja, a função de produção consiste em agregar valor aos bens ou serviços durante o processo de transformação.

Além de todas as atividades que são diretamente relacionadas à manufatura, a função de produção também possui outros papéis dentro de uma organização. Entre eles podem ser citadas as funções de:

- a) Implementadora da estratégia industrial – é a responsável pela forma de operacionalização da política de estratégia adotada pela organização;
- b) Apoio para a estratégia industrial – segundo Slack et al (2002, p. 64), “deve desenvolver seus recursos para que forneçam as condições necessárias para permitir que a organização atinja seus objetivos estratégicos”; e
- c) Impulsionadora da estratégia industrial – gerar vantagem competitiva a longo prazo. Conforme Slack et al (2002, p. 68),

A habilidade de qualquer função de produção de exercer seus papéis na organização pode ser julgada pela consideração de seus propósitos ou aspirações organizacionais. Os professores Hayes e Wheelwright, da Harvard University, com contribuições posteriores do prof. Chase da University of Southern California, desenvolveram o que denominaram **Modelo de Quatro Estágios**, que pode ser usado para avaliar o papel competitivo e a contribuição da função de produção de qualquer tipo de empresa. O modelo traça a progressão dessa função, desde o papel negativo que exerce no estágio 1 de produção, até tornar-se o elemento central da estratégia competitiva no excelente estágio 4 de produção.

A figura 2.4 apresenta o modelo de quatro estágios de Hayes, Wheelwright e Chase.

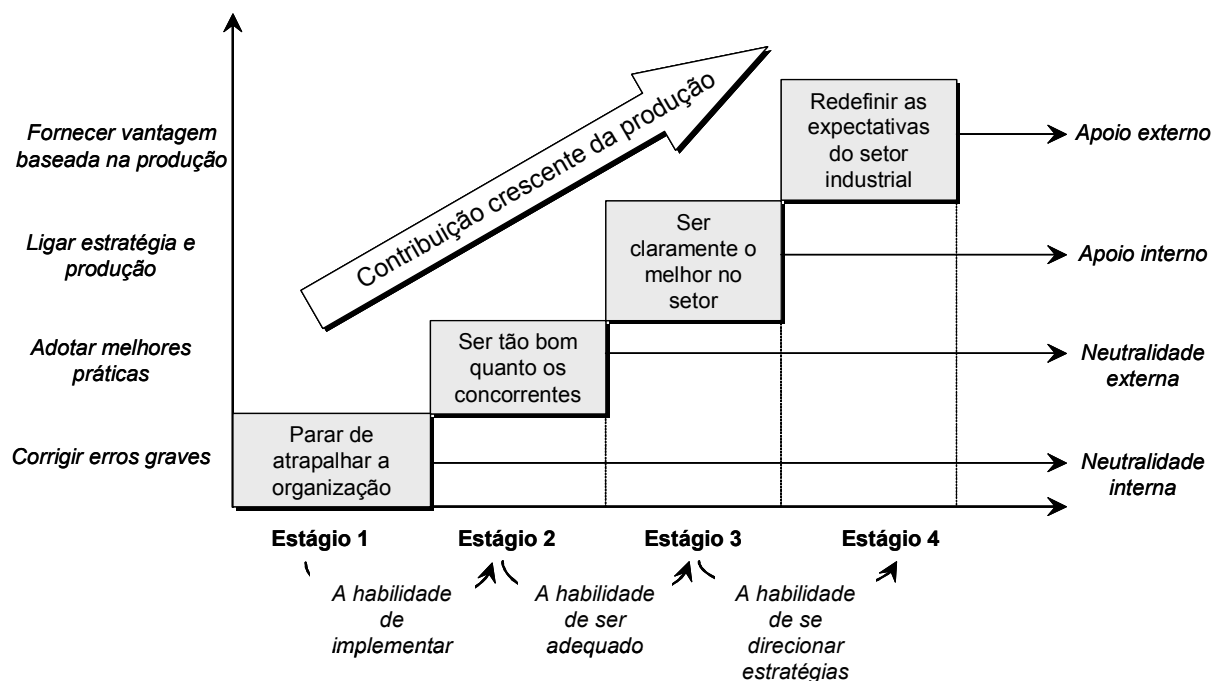


Figura 2.4 – Modelo de quatro estágios
 Fonte: Slack et al, 2002

As decisões de planejamento dentro da função produção, conforme Pedroso e Corrêa (1996, p. 62), “[...] ocorrem em diferentes horizontes de tempo e períodos de replanejamento, bem como consideram diferentes níveis de agregação de informação.”

Estes diferentes níveis são classificados como:

- a) Planejamento estratégico - tem como alvos a escolha de linhas de produtos, localização de novas fábricas, projeto de processos de manufatura, entre outros. Suas funções são relacionadas às políticas corporativas e envolvem horizontes de longo prazo e conseqüentemente altos graus de riscos e incertezas. Neste nível é elaborado o plano de produção;
- b) Planejamento tático - tem como objetivo principal a minimização de custos associada com a produção e distribuição dos produtos, tudo isto respeitando as restrições de capacidade, estoques, pessoal e finanças. Ocorre no nível da fábrica envolvendo médio prazo e moderado grau de risco. Neste nível é elaborado o plano mestre da produção; e
- c) Planejamento operacional - que tem lugar nas operações produtivas, envolvem curtos prazos e riscos relativamente menores. Como exemplos de suas atividades podem ser citadas a alocação de carga e a programação da produção.

O conceito de níveis de planejamento, conforme Pedroso e Corrêa (1996, apud VOLLMAN et al, 1992, p. 62), estão relacionados,

[...] ao denominado planejamento hierárquico da produção, uma metodologia que propõe decompor o problema do planejamento da produção de larga escala em sub-problemas menores, resolvendo-os seqüencialmente – do maior horizonte de tempo para o menor – e interativamente – as decisões nas hierarquias superiores são restrições aos problemas seguintes, bem como são realimentadas por estes.

A figura 2.5 apresenta os níveis de decisão da função produção dentro de uma visão geral da administração da manufatura.

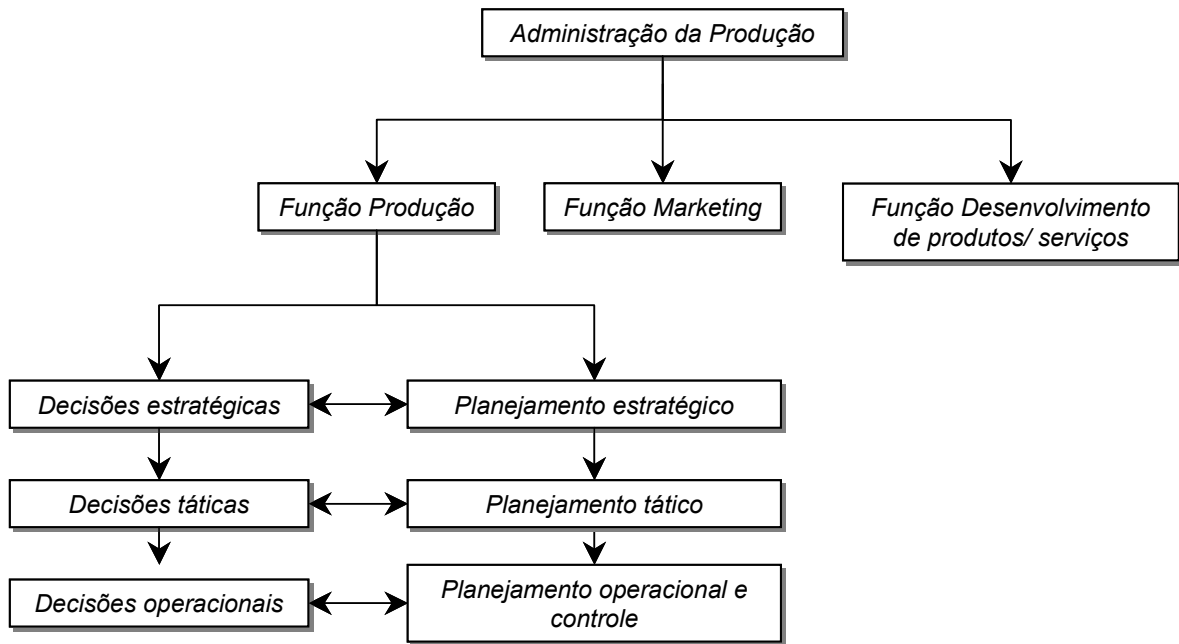


Figura 2.5 – Níveis de decisão gerenciais e de planejamento da função produção

É importante esclarecer que muitas vezes o planejamento e o controle da produção se confundem. Isto faz com que o tema controle da produção seja abordado de forma indireta, devido ao fato de ambos (planejamento e controle) trabalharem de maneira complementar.

A atividade de geração dos planejamentos e programas da produção é de responsabilidade do departamento de Planejamento e Controle da Produção. Tubino (2000, p.23), explica que:

[...] em um sistema produtivo, após serem definidas suas metas e estratégias, faz-se necessário formular planos para atendê-las. Como um departamento de apoio, o planejamento e controle da produção, é responsável pela coordenação e aplicação dos recursos produtivos de forma a atender da melhor forma possível aos planos estabelecidos em níveis estratégico, tático e operacional.

2.3.1 O papel do planejamento e controle da produção - PCP

Tubino (2000, p. 24), descreve as tarefas do PCP em cada um dos três níveis hierárquicos de decisão da administração da manufatura.

No nível estratégico, onde são definidas as políticas estratégicas de longo prazo da empresa, o PCP participa da formulação do planejamento estratégico da produção, gerando um plano de produção. No nível tático, onde são estabelecidos os planos de médio prazo para a produção, o PCP desenvolve o planejamento mestre da produção, obtendo o plano mestre da produção (PMP). No nível operacional, onde são preparados os programas de curto prazo de produção e realizado o acompanhamento

dos mesmos, o PCP prepara a programação da produção administrando estoques, seqüenciando, emitindo e liberando as ordens de compra, fabricação e montagem, bem como executa o acompanhamento e controle da produção.

A figura 2.6 apresenta a relação entre os níveis de planejamento da função produção e as atividades do PCP em cada um dos níveis.

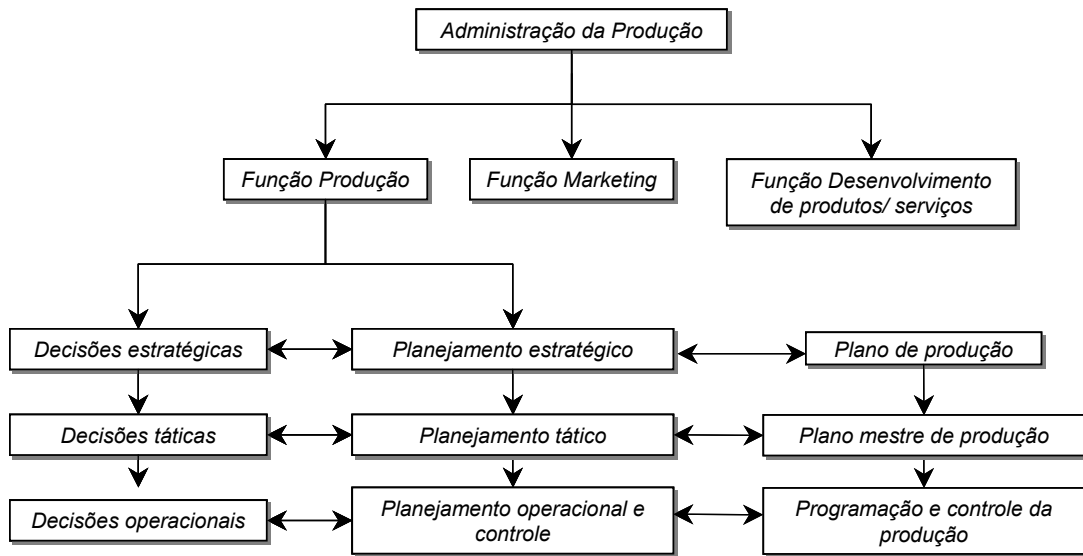


Figura 2.6 – Atividades do PCP relacionadas aos níveis de planejamento e decisão da função produção

A figura 2.7 apresenta uma visão geral das atividades do PCP dentro dos três níveis hierárquicos da administração da manufatura.

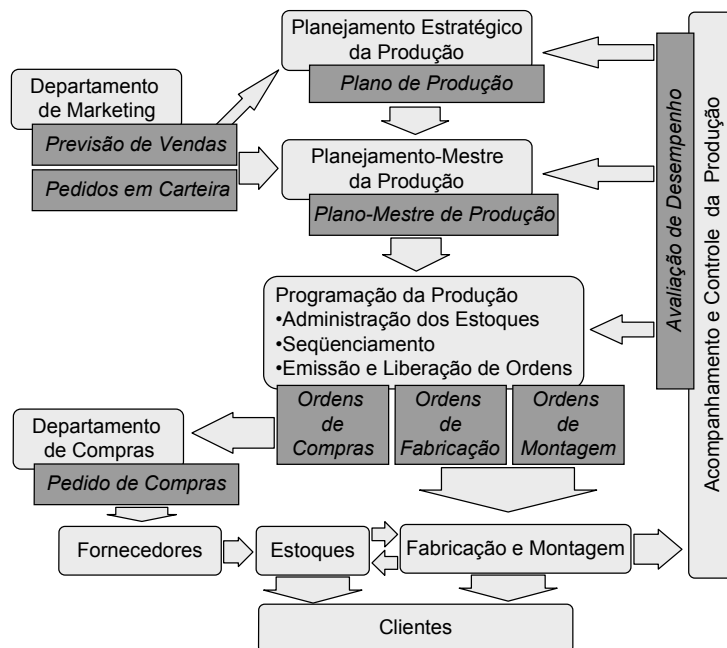


Figura 2.7 – Visão geral das atividades do PCP
Fonte: Tubino, 2000

Porém, a importância do PCP vai além da troca de informações entre os diversos níveis da função produção. O planejamento e controle da produção requerem a sincronização entre o suprimento e a demanda, além do controle real da capacidade produtiva. Para que esta interação ocorra, várias atividades devem trabalhar justapostas (programação, carregamento, seqüenciamento e controle da produção). A figura 2.8 relaciona as atividades do planejamento e controle da manufatura e suas principais questões.

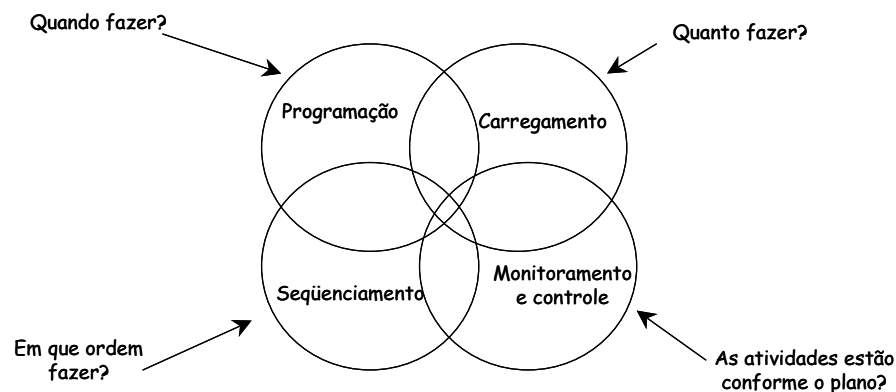


Figura 2.8 – Atividades do planejamento e controle da manufatura
Fonte: Slack et al, 2002

Como visto na figura 2.8, algumas atividades da função produção são justapostas. É preciso então, algum cuidado quanto ao emprego da terminologia.

2.3.2 Terminologia

Termos como planejamento, programação, seqüenciamento e carregamento da produção podem ser empregados em diferentes estágios da manufatura. Segundo a revista APS insight, (v.7, 2001),

A diferença fundamental entre planejamento e programação da produção é o horizonte e o nível de detalhamento considerado. Tipicamente o horizonte de planejamento é definido em semanas ou meses e agrega dados de demanda e capacidade para avaliar o impacto da programação. Já a programação, por outro lado, possui um horizonte de horas ou dias e considera trabalhos ou tarefas individuais e ferramentas específicas, permitindo desta forma instruções detalhadas a serem liberadas.

A figura 2.9 apresenta algumas das funções geralmente relacionadas ao planejamento e a programação da produção.

Planejamento geralmente trata de:	Programação geralmente trata de:
<ul style="list-style-type: none"> • o que, quando e onde fazer; • trabalha com famílias de produtos ou outra forma de agrupamento; • capacidades chaves, taxas, restrições de inventário, plantas e de mão de obra; • planejamento sazonal; • balanceamento do uso de recursos; • planejamento de orçamento 	<ul style="list-style-type: none"> • encontrar datas; • detalhar produtos; • escolher as melhores rotas de trabalho; • seqüenciar e minimização de setups; • sincronizar atividades entre os recursos; • lidar com prioridades, restrições e conflitos; • monitorar a execução no chão de fábrica; • gerenciar mudanças.

Figura 2.9 – Função planejamento x Função programação
 Fonte: adaptado de APS Insight, v. 13, 2002

Uma tarefa típica do planejamento da produção consiste em calcular o material e a demanda de capacidade do modo mais preciso possível. Plenert e Kirchner (2000, p.10) esclarecem sobre o resultado esperado de um planejamento.

O documento de saída para o chão de fábrica [...] é uma lista de expedição de ordens que especifica os produtos que serão produzidos e em quais quantidades. Este documento ainda inclui as datas devidas de cada ordem de serviço e sua seqüência de eventos, mas não o tempo em que cada evento será alocado em cada um dos centros de trabalho. Normalmente este documento é utilizado para auxiliar na seqüência de tarefas para cada centro de trabalho.

Já uma tarefa típica da programação trata da alocação exata das atividades nos recursos disponíveis, duração, capacidade e restrições. A figura 2.10 apresenta as entradas e saídas esperadas de uma tarefa de planejamento e de uma tarefa de programação.

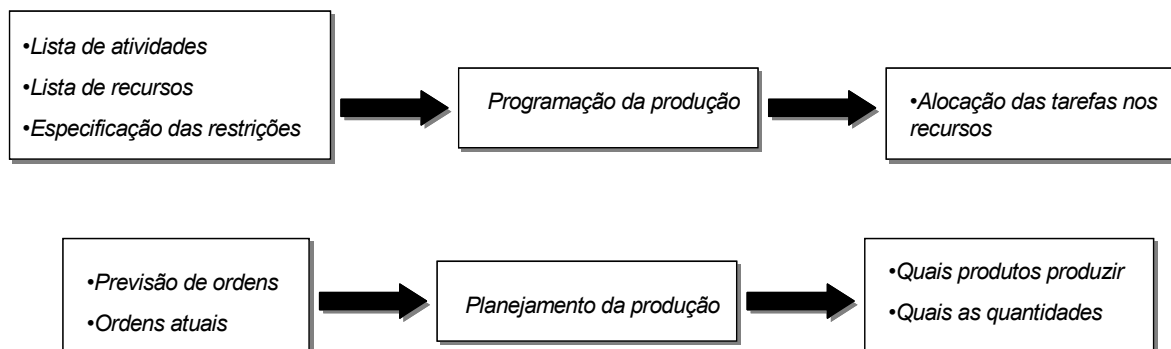


Figura 2.10 - Entradas e saídas da programação da produção

Também é interessante diferenciar a programação da produção e o seqüenciamento da mesma. Moreira (1998, p.392) explica que:

Em atividades industriais programar a produção envolve primeiramente o processo de distribuir as operações necessárias pelos diversos centros de trabalho. Essa fase recebe o nome de alocação de carga. Dado que diferentes operações podem aguardar processamento num dado centro, a programação da produção também envolve o processo de determinar a ordem na qual essas operações serão realizadas. A essa fase dá-se o nome de seqüenciamento de tarefas.

Alguns autores utilizam o termo carregamento da produção como um sinônimo para alocação de carga. Segundo Slack et al (2002, p.328), “é a determinação do volume com o qual uma operação produtiva pode lidar”.

Também pode ser considerado como a quantidade de trabalho que um posto operativo pode alocar. Existem duas classificações principais para considerar um carregamento:

- a) Carregamento infinito - onde não existe a limitação de aceitação para o trabalho. Os recursos produtivos tendem a se adequar ao carregamento, mesmo que isto não corresponda à realidade da capacidade de produção; e
- b) Carregamento finito - que somente aloca um recurso produtivo até a sua capacidade de trabalho, seja esta real ou estimada.

A seguir será feita uma descrição das atividades exercidas dos três níveis de decisão da função produção dentro da administração da manufatura.

2.3.2.1 Planejamento estratégico da produção e plano de produção

O planejamento estratégico da produção inicia com uma declaração das metas da empresa para um período de longo prazo. O período de planejamento, que pode variar de 12 meses a alguns anos, de acordo com cada organização. Por exemplo, projetos específicos que requeiram instalações específicas (como siderúrgicas ou mecânica pesada) podem ter um prazo de planejamento maior que as empresas de manufatura convencionais.

Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 440), o planejamento de longo prazo tem “[...] foco nos assuntos estratégicos relativos à capacidade, ao processo de seleção e a localização da fábrica.”

Já Tubino (2000, p.33) explica que “[...] o planejamento estratégico busca maximizar os resultados das operações e minimizar os riscos nas tomadas de decisões das empresas.”

Como consequência do planejamento estratégico é elaborado um plano de longo prazo, também chamado de plano de produção.

O plano de produção trabalha com informações vindas das previsões de demanda e com a carteira de pedidos. O agrupamento das informações é feito usando como base as famílias dos produtos e medido através de unidades financeiras. Seu horizonte de planejamento pode variar de meses a trimestres e pode abranger, conforme a empresa, um ou mais anos. A figura 2.11 apresenta alguns fatores que podem afetar o período de replanejamento da empresa.

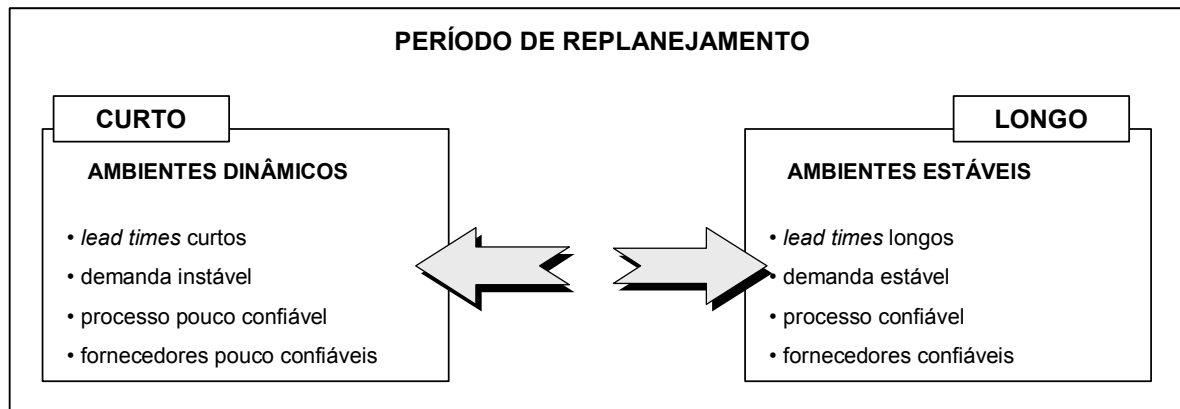


Figura 2.11 – Fatores que influenciam no período de replanejamento
Fonte: Correa, Giansesi e Caon, 2002

As entradas para um plano de produção devem atender a política da empresa para a área de manufatura. Tubino (2000, p.50), diz que:

[...] inicialmente, os recursos produtivos para o período de planejamento analisado devem ser conhecidos, e a possibilidade de alterar a política de mão-de-obra. Por outro lado, o fluxo da demanda esperada para o mesmo período deve ser também avaliado, visto que o plano de produção busca equilibrar vendas e produção. [...] Ao se projetar um plano de produção, busca-se atender as necessidades dos clientes com um sistema produtivo eficiente, ou seja, que satisfaça os critérios estratégicos da produção.

A partir do planejamento estratégico da produção e da execução do plano de produção, a organização está preparada para a elaboração do próximo passo. Este passo consiste no planejamento de médio prazo, chamado de planejamento tático e do plano-mestre de produção – PMP.

2.3.2.2 Planejamento tático da produção e plano-mestre de produção

O planejamento tático da produção é conhecido por vários nomes. Tubino (2000) o chama de planejamento-mestre de produção; já Davis, Aquilano e Chase (2001) o tratam como

planejamento agregado da produção. Independente da nomenclatura o planejamento tático da produção funciona como uma ligação entre os planos de longo prazo e as atividades de médio prazo. Segundo Tubino (2000, p.88), este nível:

[...] está encarregado de desmembrar os planos produtivos estratégicos de longo prazo em planos específicos de produtos acabados (bens ou serviços) para o médio prazo, no sentido de direcionar as etapas de programação e execução das atividades operacionais da empresa.

Davis, Aquilano e Chase (2001) dividem as entradas para o planejamento tático da produção em internas e externas. Segundo os autores, o ambiente externo está fora do controle direto do programador, apesar de que em algumas empresas a demanda por determinado produto possa ser administrada. Isto transforma os fatores internos em variáveis manipuláveis que devem atender ao objetivo de produzir um plano de produção factível. A figura 2.11 apresenta as entradas necessárias externas e internas para um planejamento tático da produção.

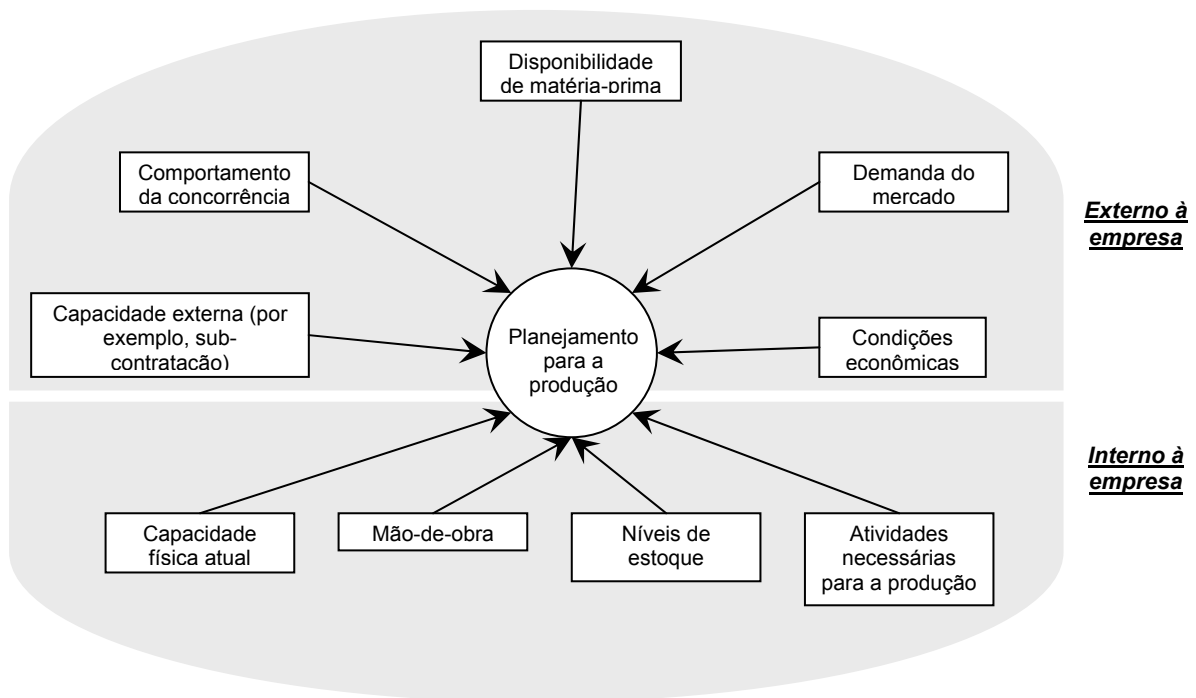


Figura 2.11 – Entradas para o planejamento da produção
 Fonte: Davis, Aquilano e Chase, 2001

A partir do planejamento tático é feito o plano-mestre de produção – PMP, cuja função principal é a ligação entre o plano de produção e a programação da produção. O plano-mestre de produção irá gerar para a empresa a quantidade e os dados dos produtos finais individuais a partir das informações enviadas pelo planejamento tático.

Conforme Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 442), “[...] o planejamento agregado da produção está incumbido de fixar a taxa de produção⁶ por grupo de produtos”. A partir desta definição observa-se que o plano-mestre de produção difere do plano de produção em dois pontos: o nível de agregação das informações e a unidade de tempo analisada. A tabela 2.1 apresenta uma comparação entre os dois planos.

Tabela 2.1 – Diferenças entre o plano de produção e o PMP

	<i>Plano de produção</i>	<i>Plano-mestre de produção</i>
Nível de agregação	Famílias de produtos	Produtos individuais
Horizonte de planejamento	Anos	Semanas ou meses

Existe ainda mais uma questão a ser relacionada com ao horizonte de planejamento do PMP. Tubino (2000, p.95) explica que:

O planejamento-mestre da produção desmembra o PMP em dois níveis de horizontes de tempo, com objetivos diferenciados: um nível firme de horizonte curto e um nível sujeito a alterações com horizonte longo. No nível firme, o PMP serve de base para a programação da produção e a ocupação dos recursos produtivos, direcionando as prioridades. No nível sujeito a alterações, o PMP serve para o planejamento da capacidade de produção e as negociações com os diversos setores envolvidos na elaboração do plano. Mudanças no nível firme são caras e indesejáveis, à medida que avançamos no tempo elas são permitidas.

A figura 2.13 apresenta a variação do tratamento do tempo no PMP.

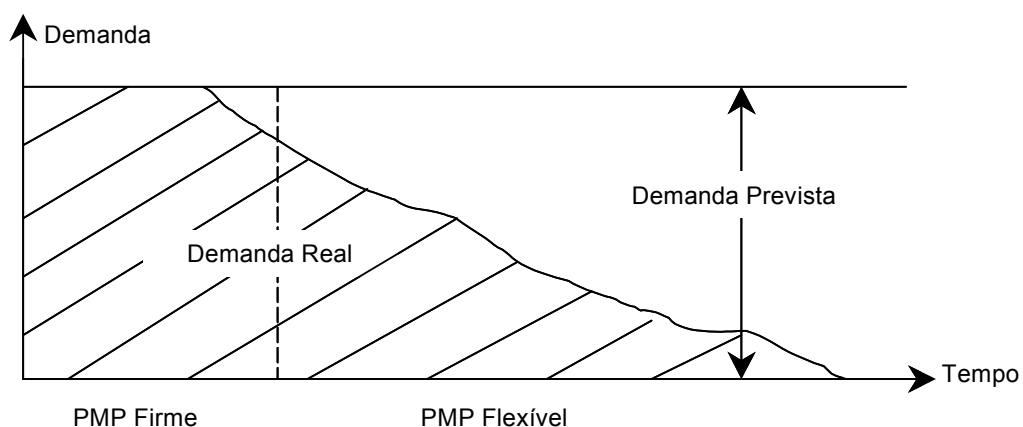


Figura 2.13 – Dinâmica do PMP
Fonte: Tubino, 2000

⁶ Taxa de produção – quantidade de produtos acabados por unidade de tempo.

A partir do momento da conclusão do PMP onde são estabelecidos quais produtos serão feitos e qual a quantidade de cada um deles, inicia-se o planejamento operacional da produção e com ele começa a atividade de programar a manufatura.

2.3.2.3 Planejamento operacional da produção e programação da produção

O planejamento operacional da produção tem como principal objetivo gerar um programa de produção que atenda as exigências do planejamento tático da produção. Seu nível de agregação de informações agora trata de componentes de produtos e seu horizonte de tempo é restrito a semanas e, em alguns ambientes produtivos com grande mix de produção, a dias.

Segundo Moreira (1998, p.392), Os objetivos da programação da produção são:

- a) Permitir que os produtos tenham a qualidade especificada;
- b) Fazer com que máquinas e pessoas operem com os níveis desejados de produtividade;
- c) Reduzir os estoques e os custos operacionais;
- d) Manter ou melhorar o nível de atendimento ao cliente.

Pode ser observado um grande conflito entre os objetivos acima apresentados. Por um lado se deseja reduzir estoques e custos operacionais. Por outro, fazer com que a capacidade produtiva alcance os níveis de produtividade desejados. Isto normalmente implica em um aumento da taxa de ocupação de mão-de-obra e equipamentos, o que pode vir a gerar estoques em várias etapas do processo (matéria-prima, etapas intermediárias e expedição).

Na tentativa de balancear os diversos objetivos da administração da manufatura vistos até o momento (aumento da produtividade, diminuição dos estoques, redução dos custos e maior flexibilidade, entre outros), as empresas estão buscando cada vez mais ferramentas que possam auxiliá-las nesta difícil tarefa. O capítulo 3 deste trabalho discorrerá sobre os sistemas de administração da produção, sua evolução e principais tendências.

CAPÍTULO 3 - SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO E CONTROLE DA MANUFATURA

3.1 Definição

Corrêa, Gianese e Caon (2001, p.21) chamam de sistemas de administração da manufatura aqueles que auxiliam especificamente na tomada de decisões, táticas e operacionais, da produção e cuja atuação pode ser resumida em quatro questões logísticas básicas:

- a) O que produzir e comprar;
- b) Quanto produzir e comprar;
- c) Quando produzir e comprar; e
- d) Com que recursos produzir.

Os sistemas de administração e controle da manufatura existem desde os primórdios da revolução industrial e se dividem em fases distintas. Segundo Rondeau e Litteral (2001, p.1),

Os cinco maiores estágios evolutivos foram respectivamente: os pontos de reposição (1950 à 1960), os sistemas de planejamento de necessidades materiais – MRP, os sistemas de planejamento de recursos de manufatura – MRP II, a união dos sistemas MRP II aos sistemas integrados de controle da produção – MES e finalmente os sistemas de planejamento de recursos de empresa –ERP.

Quando examinados em detalhes, observa-se que cada estágio representa o passo lógico em filosofia de manufatura e tecnologia, em relação ao estágio precedente.

Por sua vez, os sistemas de “chão-de-fábrica” são aqueles que auxiliam os sistemas de administração da manufatura, seja na tomada de decisões através de simulações ou no controle do sistema fabril.

Nesta categoria destacam-se os sistemas baseados em capacidade finita e os sistemas de controle da produção. Os chamados sistemas de “chão-de-fábrica” têm seu maior foco de ação no nível de planejamento operacional, porém, como será visto através dos estudos de casos apresentados neste trabalho, os sistemas de planejamento e programação da produção baseados no conceito de capacidade finita estão rapidamente evoluindo para o nível de planejamento tático, chegando, em alguns casos, a auxiliar no desenvolvimento do planejamento estratégico através da possibilidade de uma visão global da capacidade produtiva e cadeia de suprimentos da empresa.

A figura 3.1 representa o modelo de evolução baseado nos cinco estágios evolutivos dos sistemas de administração e controle da manufatura, acima apresentados, e as forças que geraram o passo evolutivo entre cada estágio.

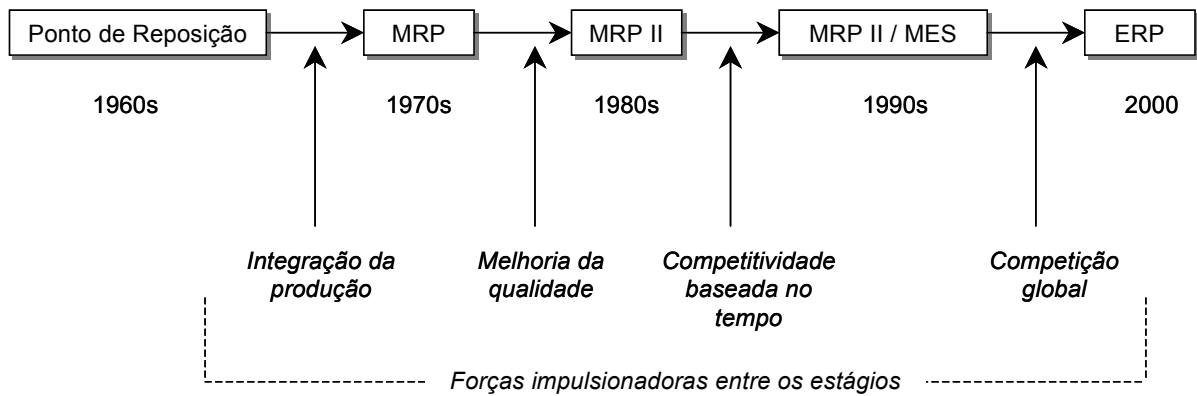


Figura 3.1 – Modelo dos cinco estágios evolutivos dos sistemas de administração e controle da manufatura
 Fonte: Rondeau e Litteral, 2001

Segundo Shapiro (1998 apud ECK, 2003 p. 11), os sistemas de administração da manufatura localizam-se na rede logística nos três níveis de planejamento hierárquicos: estratégico, tático e operacional. A figura 3.2 apresenta visão generalizada de um histórico da evolução dos sistemas de administração e controle da manufatura, já incluindo os sistemas baseados no conceito de capacidade finita.

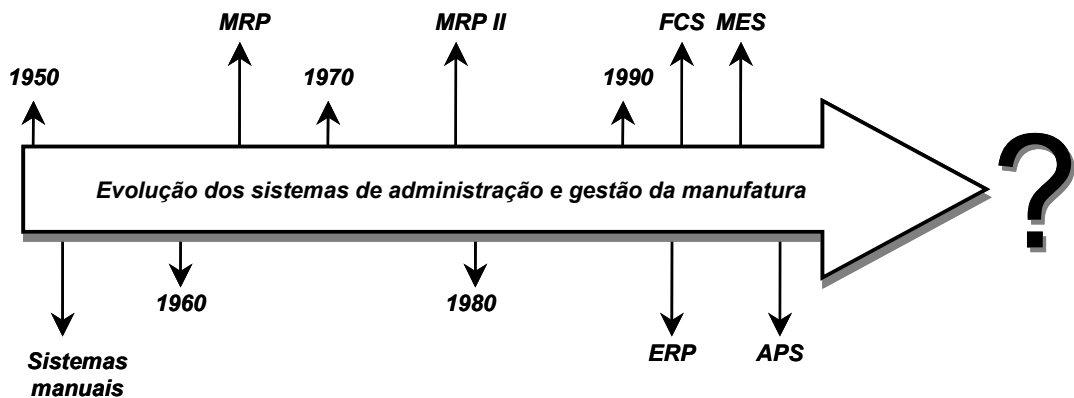


Figura 3.2 – Evolução dos sistemas de administração da manufatura
 Fonte: adaptado de Little, 2000

A seguir serão descritos brevemente alguns dos sistemas que atuam na administração da manufatura, sua utilização e quais os fatores que foram relevantes para a sua evolução ou substituição. Esta descrição irá se restringir aos sistemas que posteriormente serão citados nos estudos de casos relacionados neste trabalho.

3.2 Sistemas de planejamento de necessidades de materiais - MRP

Quando em 1959 Joe Orlicky e J. I. Case desenvolveram um dos primeiros sistemas MRP, estes se apresentavam como uma ferramenta de inventário. Tinham por objetivo determinar o número de peças, componentes e materiais necessários para produzir cada item final. Conforme Davis, Aquilano e Chase (2001, p.504),

[...] o tema do MRP é “ter os materiais certos, no lugar certo e na hora certa.” [...] A filosofia do planejamento das necessidades de material é que os materiais deveriam ser expedidos quando sua falta atrasasse a programação da produção e, atrasados quando a programação os identificasse como adiantados no tempo.

A figura 3.3 apresenta uma visão geral das entradas para um sistema MRP padrão e os relatórios gerados por ele.

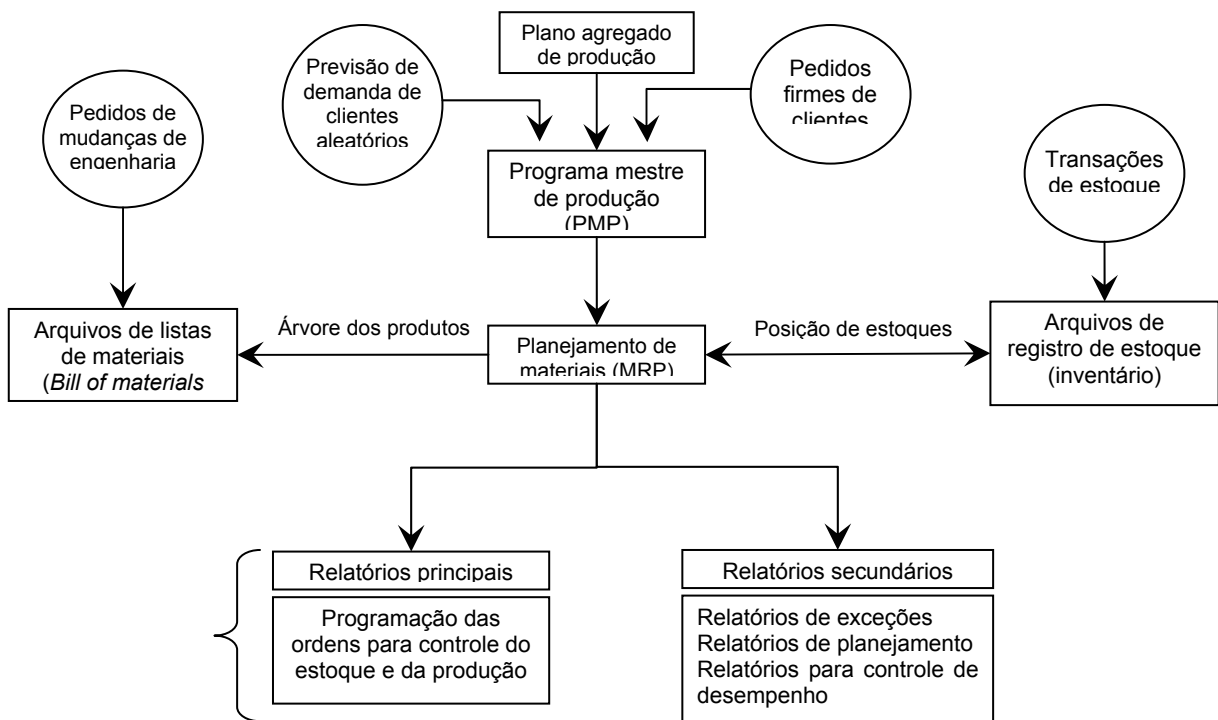


Figura 3.3 - Visão geral de um sistema MRP
 Fonte: Davis, Aquilano e Chase, 2001

O sistema MRP tem por função produzir as necessidades brutas e líquidas para que a quantidade demandada de produto acabado seja entregue conforme o plano mestre de produção.

Para que isto ocorra o sistema MRP necessita de três entradas básicas:

- a) Plano-mestre de produção;
- b) Arquivos de listas de materiais – (*bill of materials* – BOM) – também chamado de árvore do produto ou estrutura do produto. Contém a descrição completa do produto, listando não somente os materiais a serem utilizados, mas também as seqüências de operações para a confecção do mesmo; e
- c) Arquivos de registro de estoque – cada item em estoque é tratado como um arquivo separado.

Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001, p.508),

[...] o programa MRP acessa o segmento *status* do arquivo de acordo com períodos de tempo específicos (*time buckets*). Estes arquivos são acessados assim que necessário durante a execução do programa computacional. O programa MRP executa sua análise a partir do topo da estrutura do produto até a base, apontando as necessidades de nível em nível.

A partir das três entradas básicas são gerados os relatórios principais (ordens planejadas, liberação de ordens, mudanças nas datas de entrega, cancelamentos, *status* do estoque), e os relatórios secundários (planejamento, desempenho e exceção).

3.2.1 As variáveis do sistema MRP

A idéia central da lógica dos sistemas MRP é possibilitar a distinção entre a demanda independente, que é a demanda por produtos acabados, da demanda dependente, aquela demanda derivada dos níveis planejados dos produtos acabados.

A partir de uma demanda por produtos acabados, sua estratégia de trabalho é calcular o tempo de produção de componentes, matérias-primas e sub-montagens necessárias ao longo do horizonte de produção especificado. O principal objetivo a ser alcançado é a minimização dos estoques intermediários. A figura 3.4 apresenta a lógica de trabalho do sistema MRP em quatro etapas.

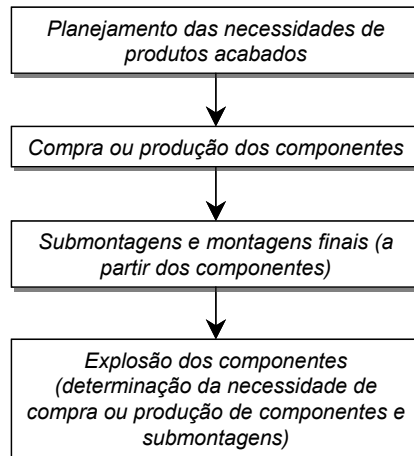


Figura 3.4 – Lógica de trabalho dos sistemas MRP

Segundo Correa, Gianesi e Caon (2001, p. 97),

[...] o MRP tem uma lógica que parte da visão de futuro de necessidade de produtos acabados e depois vem “explodindo” as necessidades de componentes nível a nível para trás no tempo. Por isso a lógica do MRP é chamada de lógica de “programação para trás” (*backward scheduling*).

Basicamente, os itens a serem produzidos serão classificados como itens finais, submontagens e componentes ou partes.

Outra variável a ser analisada é o *lead time* de produção, também chamado de tempo de ressurgimento ou tempo de obtenção. Segundo Correa, Gianesi e Caon (2001, p. 108),

[...] o tempo que decorre entre a liberação de uma ordem (de compra ou produção) e o material correspondente estar pronto e disponível para uso. [...] devem estar incluídos no *lead time* todos os componentes de tempo entre estes dois momentos:

- a) Tempo de emissão física da ordem;
- b) Tempo de tramitação da ordem até o responsável no chão-de-fábrica;
- c) Tempo de formação do *kit* de componentes no almoxarifado;
- d) Tempos de transporte de materiais durante o tempo em que a ordem está aberta;
- e) Tempos de fila, aguardando processamento nos setores produtivos;
- f) Tempos de preparação dos equipamentos ou setores para o processamento;
- g) Tempos de processamento propriamente ditos; e
- h) Tempos gastos com possíveis inspeções de qualidade.

Alguns dos componentes do *lead time* são mais fáceis de calcular que outros e normalmente os erros ocorrem nos tempos de fila e no tempo de processamento.

No componente tempo de fila, Correa, Giansi e Caon (2001, p. 120), explicam que:

Os tempos de espera em fila são na verdade função do nível de congestionamento local no setor da fábrica, que pode, em situações mais complexas, variar conforme o *mix* de produção. [...] Como o MRP não é um sistema de simulação, mas de cálculo, não há forma de, apenas com sua lógica, considerar as variações nos tempos de fila conforme o *mix* produzido. Isso implica que os tempos de fila têm de ser estimados e informados como uma constante.

Já no caso do tempo de processamento, o sistema MRP considera o *lead time* como um atributo do produto e não da ordem de produção. Isto implica que, independente de quão grande seja uma ordem de produção, o sistema sempre utilizará um valor fixo de *lead time*. Esta lógica na prática não corresponde à realidade dos sistemas produtivos.

É preciso atentar para os problemas decorrentes de um mau dimensionamento do *lead time*, o que pode vir a acarretar um subdimensionamento (que ocasionaria a não abertura da ordem a tempo de suprir as necessidades para a produção, provocando atrasos nos prazos) ou de um superdimensionamento (que ocasionaria um aumento nos níveis de estoque médio).

Além das quatro entradas básicas, são necessárias mais duas decisões antes de executar o sistema MRP:

- a) Horizonte de planejamento - não devem exceder a capacidade de previsão de tempo e devem, preferencialmente, contemplar períodos com pedidos confirmados (firmes); e
- b) Intervalos de tempo no horizonte (*time buckets*) - determinam o nível de controle desejado, podendo ser semanais, quinzenais, mensais ou outro espaço de tempo que a empresa julgue relevante.

É importante frisar que nem todos os produtos de uma empresa necessitam ser controlados por um sistema MRP. Conforme Ralston (1996, p.24), deve-se levar em consideração alguns critérios para a escolha dos itens a serem controlados por um sistema MRP. Os itens que melhor se adequam à sua lógica são aqueles com:

- a) Grande diversidade – como produtos customizados ou produtos com freqüentes alterações de projeto;
- b) Alta taxa de mudança – como produtos com ciclo de vida curto ou com freqüentes alterações (introdução de novos itens ou componentes);
- c) Grande variação de demanda; e
- d) Longo *lead time* – como produtos de pouca saída ou saídas esporádicas com grandes intervalos de tempo.

Apesar dos problemas descritos, a lógica do MRP se mostrou aplicável em várias áreas como capacidade, horas de trabalho, finanças, entre outras. Além disto, desde seu início o sistema foi amplamente aceito entre os supervisores e programadores de produção. Uma das principais razões para isto deve-se ao fato de ser uma ferramenta de programação de prioridades, planejando a partir das datas de entrega, o que permite um fácil entendimento de sua lógica.

Estes fatores, aliados ao aumento da velocidade de processamento dos computadores, fizeram com que o MRP migrasse para o planejamento e programação da produção, tornando-se esta expansão conhecida como sistema MRP II.

3.3 Sistemas de planejamento de recursos de manufatura – MRP II

De acordo com Ralston (1996, pg. 13), por volta de 1980 Ollie Wight endossou o uso do MRP para o planejamento e controle de muitos dos recursos associados com a manufatura como compras, finanças e distribuição, abrindo, desta forma, um novo escopo de utilização em planejamento. Isto forçou o desenvolvimento do MRP de ciclo fechado, mais tarde chamado de MRP II.

Davis, Aquilano e Chase (2001, p.516), explicam que:

A intenção inicial do MRP II era planejar e monitorar todos os recursos da empresa – produção, marketing, finanças e engenharia – através de um sistema fechado que gerava análises financeiras. A segunda intenção importante do conceito MRP II era estimular o sistema de produção.

Estas intenções foram buscadas através da inclusão de novos módulos no tradicional sistema MRP. Estes módulos são descritos a seguir:

- a) Planejamento de capacidade de grosso modo - RCCP: faz uma verificação dos recursos-chave a partir do plano-mestre de produção, checando se este apresenta alguma inviabilidade e sugerindo a alocação de mais recursos.
- b) Planejamento da Capacidade de Recursos – CRP: executado somente após a constatação da viabilidade do plano-mestre via RCCP. A partir dos resultados gerados pelo MRP produz perfis detalhados de capacidade para todos os recursos nos diferentes horizontes de planejamento.
- c) Controle de chão de fábrica – SFC: responsável pela liberação das ordens de produção e alocação dos materiais a serem utilizados (descontando-os dos estoques disponíveis). Determina o tempo médio de espera nos centros de trabalho, alocando

máquina e trabalhadores. A figura 3.5 apresenta uma visão geral dos novos módulos inseridos no sistema MRP II.

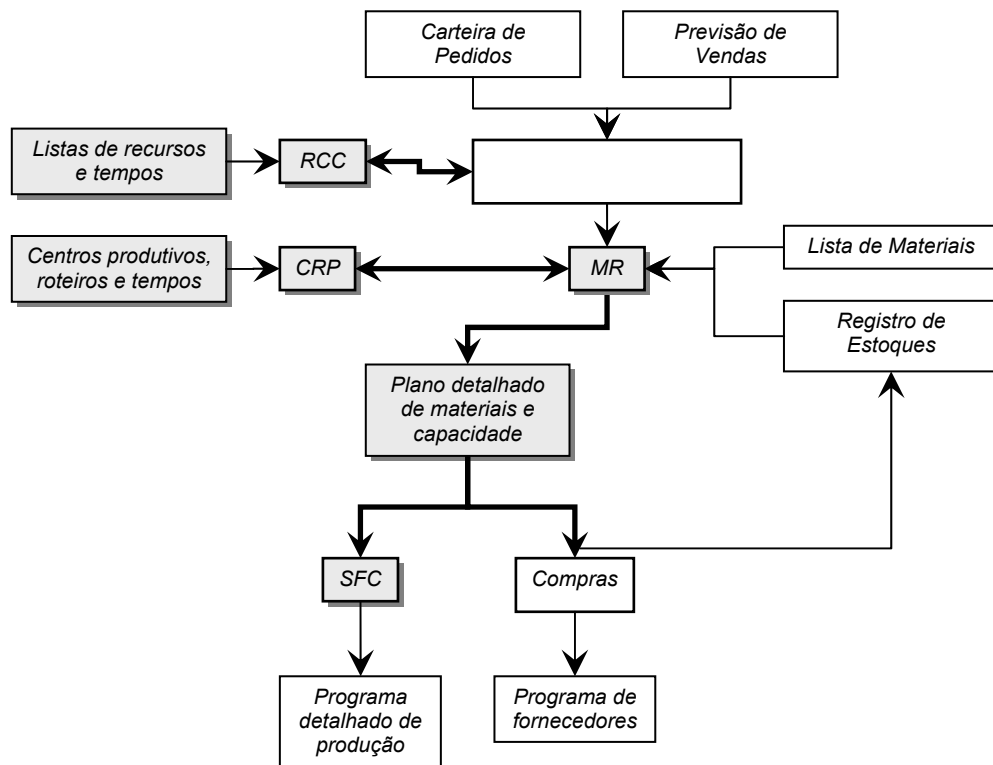


Figura 3.5 - Visão geral do sistema MRP II
 Fonte: adaptado de Corrêa, Gianese e Caon, 2001

Como resultado da inclusão destes novos módulos observa-se que o sistema MRP II começa a gerar um plano detalhado de produção, onde além de incluir as necessidades materiais também são incluídas as necessidades de recursos para viabilizar o plano-mestre de produção.

Porém, com o passar do tempo a lógica utilizada pelos sistemas MRP/MRP II começou a não mais se adequar aos sistemas produtivos cada vez mais dinâmicos das empresas.

3.3.1 Críticas ao conceito MRP/MRP II

Muitas são as críticas aos conceitos dos sistemas MRP/MRP II e de modo geral fica difícil separar o que é realmente importante do que é apenas propaganda entre diferentes sistemas comerciais. Neste trabalho serão citados alguns dos problemas que são considerados relevantes à futura análise dos estudos de caso.

- a) *Lead time* estático – os programas gerados pelo sistema MRP/MRP II tratam os componentes de tempo de fila e tempo de processamento do *lead time* como valores fixos;

- b) Capacidade infinita - os sistemas MRP/MRP II não tratam de maneira viável a questão da capacidade dos recursos. A programação da produção é analisada através dos módulos de MRP + CRP, que segundo Turbide (2000, p.4) pode ocasionar problemas:

[...] após o planejamento de materiais estar concluído, quando o CRP analisa a demanda em função da capacidade de recursos. Esta análise é feita de forma muito simplificada, avaliando um trabalho por vez (este trabalho pode ser um pedido, produto final ou tarefa), sem avaliar nenhuma variação na capacidade instalada (como quebras, manutenção e pedidos de última hora).

Convém comentar que, como os módulos MRP e CRP trabalham separadamente, fica implícito que o plano do MRP não considera limitações de capacidade, que serão posteriormente verificadas no CRP (CORRÊA, GIANESE E CAON, 2001). Se houver necessidade de ajustes (atrasos ou adiantamentos de ordens) será preciso uma reprogramação das ordens no MRP e assim sucessivamente até o plano ser totalmente ajustado. O tempo computacional exigido para cada mudança é bastante elevado, podendo variar de horas até dias.

- c) Tratamento das prioridades – segundo a revista APS Insight (v. 5, 2001),

[...] os sistemas MRP/MRP II requerem processos e roteiros fixos, ignorando possíveis alternativas. Além disto, a lógica de prioridade é baseada na data do pedido, ignorando outras opções, como: número de trocas de ferramentas, tempo de *setup*⁷, prioridade do cliente, entre outras.

Visando auxiliar e contornar os problemas inerentes aos sistemas MRP/MRP II, começam a surgir na década de 90 os chamados sistemas de programação e planejamento da produção baseados no conceito de capacidade finita.

3.4 Sistemas baseados no conceito de capacidade finita

Os módulos de programação da produção dos sistemas MRP II comportam-se de uma maneira muito restrita, classificando as filas nas estações de trabalho, na tentativa de melhorar a acuracidade da data de entrega. Estes módulos não programam a produção, mas auxiliam na expedição computadorizada de ordens.

⁷ Setup – tempo de preparação ou troca de ferramentas para se iniciar uma nova produção de peças ou componentes.

Segundo Harrison (1993, p.33), uma boa programação da produção deve respeitar algumas regras:

- a) Reconhecer os gargalos produtivos. Como gargalo se define qualquer recurso com capacidade inferior ou igual à demanda solicitada;
- b) Balancear o fluxo com os gargalos produtivos;
- c) Sincronizar as áreas sem restrições pelo gargalo produtivo e pela demanda;
- d) Estocar tempo, não matéria-prima ou componentes;
- e) Planejar em pequenos lotes para facilitar o fluxo da produção;
- f) Reconhecer a dependência de *setup*;
- g) Reconhecer as diversas formas de restrições; e
- h) Acuracidade de datas é principalmente importante nas listas de materiais e não tão vital nos tempos de processo ou de *setup*.

Tendo sido definidas algumas regras do que é considerada uma programação de produção efetiva, pode-se passar ao passo seguinte e discorrer sobre os sistemas que atendem as exigências acima.

Sistemas de programação com capacidade finita são definidos pelo DTI – *Department of Trade and Industry* (ENGLAND, 2002) como aqueles sistemas baseados na simulação dos processos de manufatura. Eles têm como entrada basicamente a demanda e como saída um plano de produção de curto prazo. Como o modelo utilizado para a simulação é fiel às restrições da manufatura (daí provém o termo capacidade finita), o resultado é um plano de produção viável.

Conforme Pedroso e Corrêa (1996, p.60), de um modo geral os sistemas baseados no conceito de capacidade finita são aqueles onde o usuário:

- a) Modela o sistema produtivo – máquinas, mão-de-obra, ferramentais, etc...;
- b) Informa a demanda (proveniente do PMP);
- c) Informa as condições reais do sistema produtivo – manutenção, quebra de máquinas, etc...; e
- d) Modela alguns parâmetros para a tomada de decisões (regras de liberação, restrições, entre outros). Como restrição pode-se entender qualquer coisa (recurso, políticas, etc...) que impeça um maior desempenho no resultado da organização.

[...] de modo que o programa de produção resultante atenda as condições particulares do sistema produtivo modelado, ou seja, do *piso-de-fábrica* e busque maximizar os múltiplos e conflitantes objetivos de desempenho do sistema de planejamento, programação e controle da produção – PPCP.

A figura 3.6 apresenta uma representação geral da operação de um sistema de programação da produção baseado no conceito de capacidade finita.

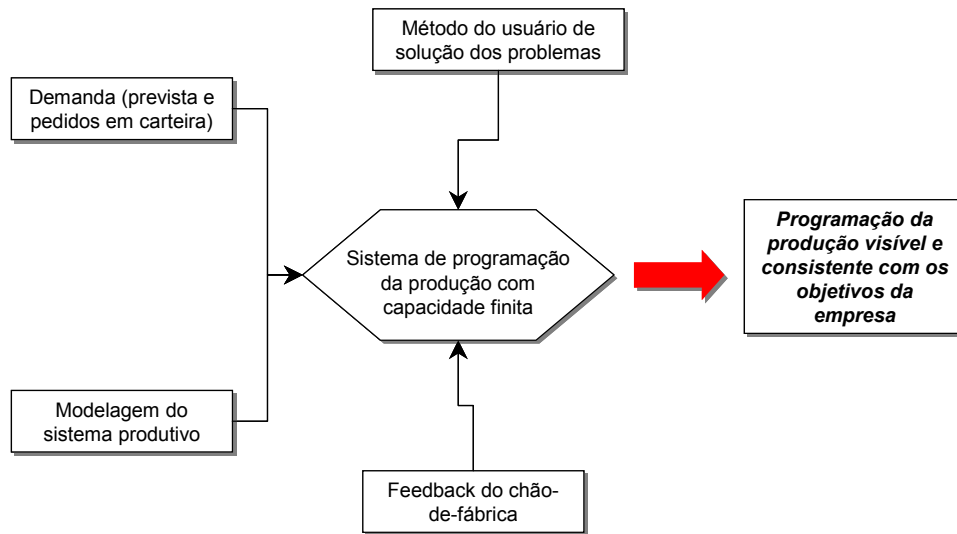


Figura 3.6 – Representação geral da operação de um sistema de programação da produção baseado no conceito de capacidade finita

Fonte: adaptado de Pedroso e Corrêa, 1996

Em relação à sua solução matemática, Enns (1996, p.727) diz que:

[...] os sistemas de programação com capacidade finita podem variar substancialmente no que diz respeito ao uso de regras de seqüenciamento e algoritmos, (isto será abordado com mais profundidade no capítulo 4 deste trabalho). Na maioria dos casos, os sistemas geram inicialmente uma programação automática. Um planejador da produção poderá posteriormente revisar a programação e interagir com o software para minimizar os problemas antes de enviar para o chão-de-fábrica.

Quanto à sua integração, estes sistemas podem ser utilizados isoladamente (*stand alone*) ou integrados a outros sistemas de administração e controle da manufatura. Várias são as formas de integração entre sistemas encontradas na prática, entre as quais pode-se citar sistemas compostos por ERP+APS/FCS, ERP+APS/FCS+MRP ou MRP+FCS, entre outras. Algumas destas integrações serão vistas nos estudos de caso no capítulo 5.

Em decorrência das muitas correntes divergentes, ainda não há um consenso sobre a forma mais adequada de integração entre os diversos sistemas de administração e controle da manufatura e os sistemas com capacidade finita. Continua valendo, na prática, a regra “do que funciona melhor” por tentativa e erro nas diversas empresas. Nem sempre um modelo de integração adotado por uma empresa se mostra o mais adequado para outra.

Dentro dos sistemas de programação com capacidade finita, duas são as categorias de destaque, que são:

- a) FCS - Sistemas de programação com capacidade finita - são sistemas capazes de considerar a capacidade do sistema produtivo como a restrição principal para a tomada de decisão, buscando garantir que a programação da produção seja viável; e
- b) APS - Sistemas de planejamento e programação avançados - que estendem o poder dos sistemas de capacidade finita para além da questão da capacidade produtiva em relação à demanda. Eles também reconhecem e consideram as restrições provenientes da matéria prima, isto é, planejam as futuras entregas de matéria-prima para o cumprimento das ordens de produção e atuam na demanda do suprimento, programação, execução e otimização da programação da produção.

3.4.1 Sistemas com Capacidade Finita – FCS

Como citado anteriormente, são sistemas que têm como característica considerar a capacidade do sistema produtivo como a restrição principal para a tomada de decisão, buscando garantir que a programação da produção seja viável. Conforme Corrêa, Gianese e Caon (2001, p.388),

[...] os sistemas de programação da produção com capacidade finita têm vocação para tratar de problemas complexos de alocação e programação detalhada da produção, principalmente em sistemas produtivos com as seguintes características:

- a) Que tenham roteiros complexos e não repetitivos;
- b) Que tenham as chamadas matrizes de *setup*;
- c) Que necessitem de *overlapping* (sobreposição de ordens) e *split* (divisão de ordens); e
- d) Que tenham problemas complexos de alocação de recursos como diferentes combinações de recursos para a produção de um mesmo serviço.

Porém, empresas que não possuem todas as características citadas acima, ou que possuem somente uma ou nenhuma delas, demonstram boa aderência aos sistemas FCS/APS, como poderá ser observado nas empresas dos estudos de caso no capítulo 5.

Quinn e Novels (2001, p.38) traçam um breve histórico da evolução dos sistemas FCS.

[...] Os primeiros sistemas FCS eram bastante simples, envolviam apenas a avaliação da capacidade do recurso primário para efetuar o trabalho pedido. Também eram capazes de fazer um seqüenciamento para novas ordens a partir da data corrente para frente, (*Single Constraint Finite Forward Scheduling - FFS*).

As restrições múltiplas foram adicionadas mais tarde, para promover uma maior acuracidade no modelo representativo dos recursos da produção. Mais ou menos na mesma época, alguns pacotes de desenvolvedores iniciam a ofertar a capacidade de programar para trás e bidirecional (*time backward and bi-directional scheduling*).

Então uma explosão de diferentes filosofias da produção apareceu para desafiar as idéias norte-americanas do MRP e da produção em massa, destacando-se principalmente o JIT (*just-in-time*) e a TOC - teoria das restrições.

Para atender a estas novas filosofias, variações dos sistemas FCS começaram a emergir. Porém, em sua maioria, eram incapazes de suportar simultaneamente todas as tendências da nova manufatura.

Ao passar a não atender mais com a velocidade necessária de inovação, os desenvolvedores de sistemas FCS perceberam que para enfrentar a realidade e permanecer flexíveis, os sistemas necessitariam de duas melhorias básicas:

- a) Modelar toda e qualquer filosofia de produção; e
- b) Estender o modelo com regras que capturassem as políticas internas das empresas em relação à programação de produção.

Para conseguir atingir estes objetivos, os sistemas FCS tiveram que começar a suportar novas modelagens como *job-based*, *resource-based* e *event-based*, entre outras (estas abordagens serão explicadas no capítulo 4).

Ao aplicar qualquer uma destas modelagens ou uma combinação entre elas, os sistemas FCS passam a reproduzir com grande exatidão o ambiente do chão-de-fábrica e a fazer parte do dia a dia dos planejadores.

Com o surgimento do conceito de gestão da cadeia de suprimentos – *Supply chain management*, a crescente necessidade de inclusão de novas funcionalidades, como a restrição de matérias-primas e o controle apurado de estoques, faz surgir os sistemas APS, que são a evolução natural dos sistemas FCS.

3.4.2 Sistemas avançados de planejamento e programação – APS

O termo sistemas avançados de planejamento e programação – APS, conforme a definição dada pelo *Institute of Operations Management* (ENGLAND, 2002), abrange uma

grande variedade de ferramentas e técnicas. São sistemas que analisam rapidamente as implicações de decisões alternativas, destacam conseqüências e problemas, geram plantas e programações ótimas ou próximas do ótimo para transferência às ferramentas de execução.

Definem-se como sistemas avançados de planejamento e programação - APS, todos aqueles que:

- a) Consideram simultaneamente os recursos materiais e da planta;
- b) Utilizam algoritmos de otimização que incorporam as restrições e as metas do negócio;
- c) São capazes de prover um planejamento e programação em tempo real, com rápida regeneração após novas mudanças e com capacidade de simular cenários diversos em poucos minutos, através do uso de memória residente;
- d) Auxiliam em decisões de suporte em tempo real;
- e) Realizam programação do tipo “disponível para promessa” (*available-to-promise*) em tempo real.

3.4.3 O escopo dos sistemas baseados no conceito de capacidade finita

Atualmente pode-se observar o uso dos sistemas FCS e APS em praticamente todos os três níveis de planejamento da manufatura: estratégico, tático e operacional. Quanto ao seu escopo de atuação, Eck (2003, p. 10) diz que:

Um sistema APS é um sistema que serve como um guarda-chuva sobre a toda a cadeia de suprimento, permitindo assim extrair a informação em tempo para calcular uma programação praticável, tendo por resultado uma resposta rápida, de confiança para o cliente.

Turbide (2000, p.5), explica que os sistemas APS podem ser vistos de várias formas, dependendo do horizonte de planejamento a ser tratado:

- a) Planejamento estratégico, [...] o sistema oferece ferramentas para decisões sobre localização de plantas ou depósitos, fornecedores e outros tópicos de estrutura de negócios.
- b) Planejamento tático, [...] pode auxiliar nas decisões de planejamento de transporte, estratégias de inventário, utilização de recursos e na programação de médio termo da fábrica.
- c) Planejamento operacional, [...] cobre decisões do dia a dia, como quebra de máquinas e atrasos de transporte, entre outras.

A figura 3.7 apresenta uma visão simplificada do escopo dos sistemas baseados em capacidade finita.

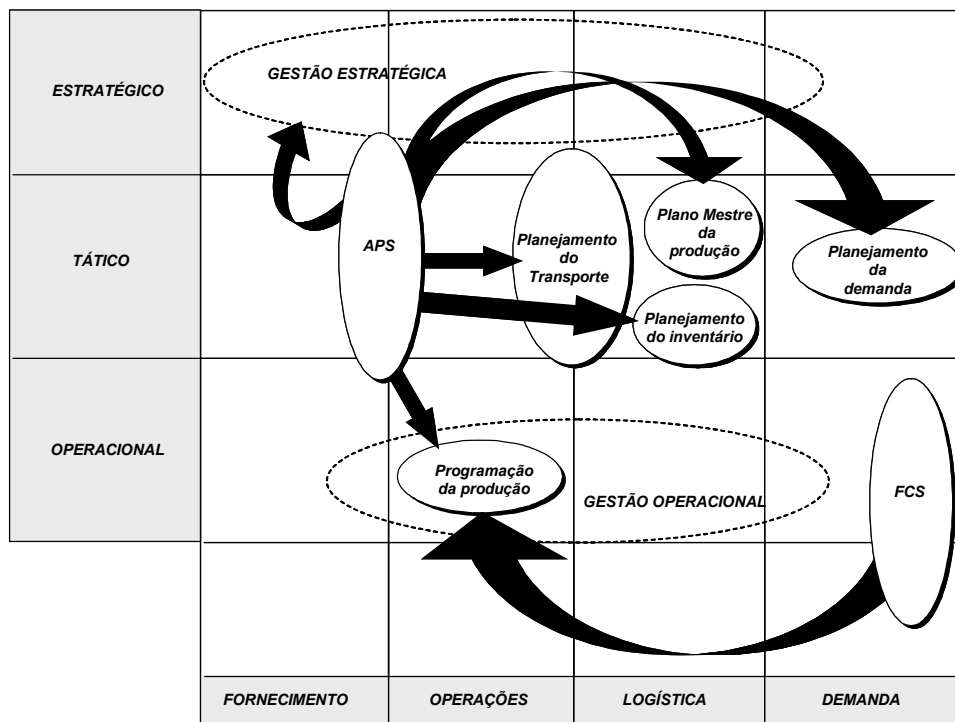


Figura 3.7 - Escopo dos sistemas baseados em capacidade finita

É importante lembrar que cada uma das situações citadas acima requer diferentes dados e lógicas. Isto faz com que os sistemas APS nem sempre cubram todas as áreas citadas, apesar da possibilidade de se encontrar soluções bastante completas. Isto ocorre devido ao número de soluções matemáticas e de otimização implementadas no software que seriam necessárias para atuar em todos os horizontes simultaneamente.

3.5 Sistemas Integrados de Controle da Produção – MES

Segundo Corrêa, Giansi e Caon (2001, p.318), denomina-se como MES –Sistema Integrado de Controle da Produção (*Manufacturing Execution System*) “todo sistema de chão-de-fábrica orientado para melhoria de desempenho que complementa e aperfeiçoa os sistemas integrados de gestão (planejamento e controle) da produção”.

Estes sistemas destinam-se a aumentar a agilidade dos sistemas de administração da manufatura que não seriam capazes de lidar com aspectos como o andamento de uma ordem de produção enquanto a mesma está em progresso e sujeita a restrições de capacidade variáveis em curto prazo. Isto é possível através da coleta e disponibilização das informações do chão-de-fábrica, fazendo a ligação entre o sistema de administração e o chão-de-fábrica.

Basicamente, o MES realiza dois papéis principais:

- a) Controlar a produção. Para tal, considera o que efetivamente foi produzido e como foi produzido, permitindo comparações com o planejado e, em caso de incoerências, auxiliando na tomada de ações corretivas; e
- b) Liberar ordens de produção. Isto é feito através do detalhamento da programação da produção definida pelo MRP, com o sistema se preocupando em garantir que o plano seja cumprido.

Os sistemas MES complementam os sistemas MRP/ MRP II ou qualquer outro sistema de programação da produção através da coleta de informações dos eventos ocorridos no chão-de-fábrica. Estes dados podem ser analisados pelos planejadores em tempo real, ou seja, na medida em que vão ocorrendo. Segundo Correa, Gianesi e Caon (2001, p.319), a importância do MES, portanto, desdobra-se em vários aspectos:

- a) Controle - é responsável pela realimentação do realizado para que comparações com o planejado possam ser feitas e ações corretivas em caso de não conformidade, possam ser tomadas. É com este controle também que as ordens de produção podem ser rastreadas e gerenciadas durante a sua execução [...] o MRP II, na verdade, só reconhece que a ordem está em curso ou não em curso; e
- b) Liberação e alocação – quando usamos MRP II, o plano de produção sugerido parte de certos pressupostos (como índices definidos a priori de produtividade ou eficiência no processo de alocação de recursos) que devem ser garantidos para que de fato o plano sugerido seja viável em termos de capacidade e materiais. Um bom processo de liberação de ordens e alocação de recursos deve ser feito (sendo isto de responsabilidade do MES) para que estes pressupostos tenham maior probabilidade de ocorrer na realidade.

Um dos principais limitadores na implantação de um MES é a dificuldade de se colher, dinamicamente e com a frequência adequada às características do sistema, as informações do chão-de-fábrica. Tais informações são fundamentais para a formação de sua base de dados e conseqüentemente na acuracidade do seu funcionamento.

3.6 Sistema de planejamento de recursos de empresa – ERP

Segundo Hicks (1997 apud ECK, 2003 p. 10) os ERPs são definidos como “softwares cuja arquitetura facilita o fluxo de informações entre todas as funções de uma empresa, como

manufatura, logística, finanças e recursos humanos”. Sua implementação visa a integração de todas as aplicações de negócios em um ambiente único.

Para Stamford (2000, p.1):

O ERP é um sistema integrado, que possibilita um fluxo de informações único, contínuo e consistente por toda a empresa sob uma única base de dados. É um instrumento para a melhoria de processos de negócio, tais como produção, compras ou distribuição, orientado por estes processos e não as funções/departamentos da empresa, com informações on-line e em tempo real. Possui uma arquitetura aberta, a qual viabiliza operar com diversos sistemas operacionais, banco de dados e plataformas de hardware. Desta forma, o ERP permite visualizar por completo as transações efetuadas pela empresa, desenhando um amplo cenário de seus processos de negócios.

A sigla ERP surgiu na década de 90 quando a palavra chave passou a ser integração. Estes sistemas são a evolução da lógica natural dos MRP e MRPII, que com o passar do tempo agregaram novas funções que transcenderam o escopo da manufatura (recursos humanos, fornecedores, transportes, entre outras).

Embora ainda ocorram diferenças na nomenclatura, os ERPs são constituídos por módulos integrados cuja implantação varia conforme a necessidade da empresa que adquire o sistema. Sua base de dados é única, o que reduz problemas de inconsistência e duplicidade de informações. A figura 3.8 apresenta uma estrutura conceitual dos sistemas ERP e sua evolução desde o MRP.

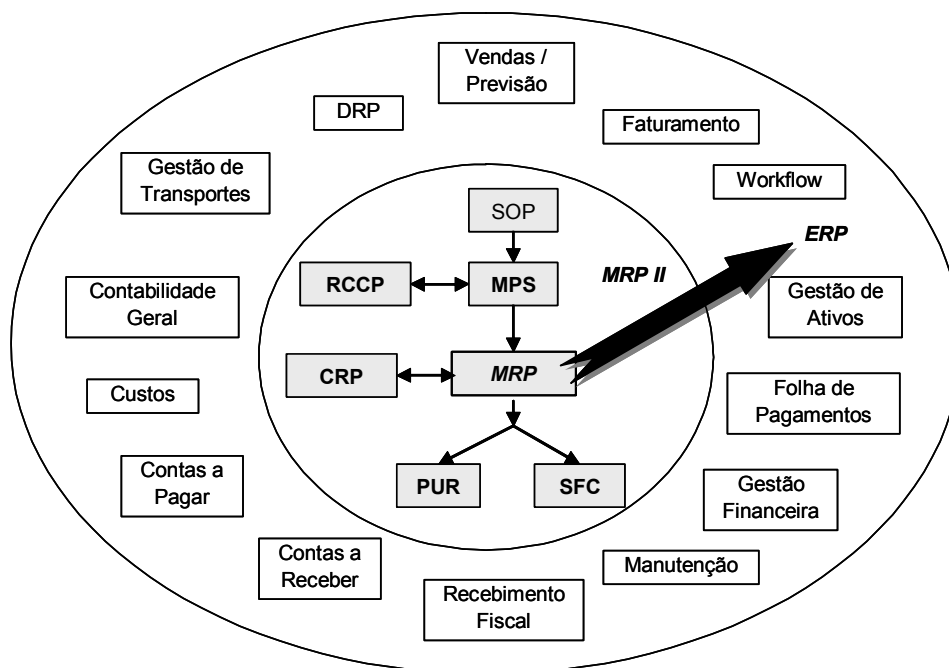


Figura 3.8 – Estrutura conceitual dos sistemas ERP
 Fonte: Correa, Gianesi e Caon (2001, p.319)

Apesar de aparentemente estar claro qual é o escopo de atuação dos sistemas de administração da manufatura e de chão-de-fábrica, ao serem feitas integrações de vários sistemas pode ocorrer uma sobreposição de tarefas.

Uma das maiores discussões na última década tem sido a substituição ou a integração entre os sistemas MRP/MRP II e os sistemas FCS/APS. Diversos autores já discorreram sobre o tema (Côrrea, Giansi e Caon, 2001; Tinham, 2003; Turbide, 2000), além de diversas edições dedicadas exclusivamente a esta questão na revista eletrônica APS Insight (www.apsinsight.com).

3.7 Sistemas híbridos FCS/APS x MRP/MRP II

Historicamente, quando os primeiros sistemas de administração da manufatura foram desenvolvidos, as limitações de capacidade e velocidade de processamento fizeram com que os problemas de planejamento fossem simplificados o máximo possível, a fim de serem atendidos pela tecnologia existente.

Turbide (2000, p.4), explica que:

Para o planejamento, o problema era dividido em duas partes. Os materiais assumiam *lead time* fixo e ignoravam qualquer questão de capacidade relativa à programação. Após o processamento (feito pelo MRP) estar completo, outra aplicação verificava a capacidade versus a demanda (módulo CRP do sistema MRP II).

Por sua vez, os algoritmos de programação assumiam os mesmos tipos de simplificação: programações eram desenvolvidas para um trabalho de cada vez, sem consideração com as variações na disponibilidade de capacidade, que eram decorrentes de outras demandas (trabalhos) para os mesmos centros de trabalho.

Com o aumento da capacidade de processamento e a popularização dos sistemas de programação da produção baseados em capacidade finita, começaram a aparecer os primeiros sistemas híbridos. Estes aliavam a vocação de gestão de materiais dos MRPs à grande capacidade de resolução dos problemas de programação de chão-de-fábrica dos FCS.

Até este ponto da evolução dos sistemas de administração e controle da manufatura os papéis de cada um dos softwares estavam bem delineados e não existia grande sobreposição de tarefas. Os sistemas FCS eram considerados grandes aliados dos sistemas MRP, podendo ser anexados aos mesmos sem a necessidade de substituição dos softwares existentes ou dos procedimentos da empresa. A única desvantagem apontada era o fato de que apenas o chão-de-fábrica era beneficiado pelo maior controle, ficando o planejamento de materiais e capacidade ao encargo dos sistemas com capacidade infinita.

Quando no início dos anos 90 os primeiros sistemas APS começaram a despontar no mercado, estendendo os benefícios do conceito de capacidade finita para o planejamento, as discussões em torno da criação de sistemas híbridos ou da simples substituição dos softwares aumentaram cada vez mais.

Assim, fazendo uma breve análise do escopo de cada um dos sistemas citados, os sistemas MRP são direcionados para lidar com materiais. Sua lógica é fazer a “explosão” dos produtos finais, utilizando a lista de materiais, e analisar nível por nível a necessidade de matéria-prima ou componentes. Para isto, compara demanda versus inventário e assume capacidade infinita.

Já os sistemas MRP II são mais amplos, e incluem os sistemas MRP como um componente. Além do MRP, possui uma grande variedade de funções integradas, como previsão de demanda, processamento de pedidos, programação de clientes, listas de material, entre outras vistas anteriormente.

Os sistemas APS podem controlar a grande maioria destas atividades, à exceção da previsão de demanda. No caso das listas de materiais o tratamento dado pelos sistemas APS é mais preciso, uma vez que consideram o inventário como uma restrição. Porém é necessário lembrar que os sistemas APS, de um modo geral, não lidam com custos como os sistemas MRP e que em sua maioria também não são sistemas para controle de inventário.

Além dos fatores apresentados, o custo pode ser proibitivo. Sistemas APS que cubram as funcionalidades necessárias para a gestão da cadeia de suprimentos são relativamente caros para pequenas e médias empresas e sempre haverá a necessidade de um sistema ERP ou MRP II para a manutenção dos bancos de dados e processos transacionais. A melhor solução parece ser a utilização de sistemas híbridos⁸.

Segundo Córrea, Gianesi e Caon (2001, p.387), os sistemas que combinam MRP II com sistemas baseados em capacidade finita tendem a ser cada vez mais utilizados. Segundo eles, isto ocorrerá “[...] porque o MRP II tem limitações importantes no tratamento de sistemas de produção complexos que tenham como principal recurso limitante não os materiais, mas a capacidade de produção”.

Os sistemas baseados em capacidade finita lidam bem com sistemas produtivos que possuam como principais características um processo produtivo altamente flexível, mão-de-obra multi-habilitada e experiente ou ainda equipamentos flexíveis. Como em geral este tipo de processo produtivo é caro e complexo, isto o transforma no recurso limitante, tendo este maior necessidade de controle do que os materiais envolvidos no processo.

⁸ Sistemas híbridos são sistemas de administração da produção que têm elementos com mais de uma lógica básica [...] trabalhando de forma integrada, de modo que cada lógica seja utilizada para oferecer soluções para aquelas subunidades para as quais melhor se encaixe. (CÓRREA, GIANESI E CAON, 2001, P.389)

Já sistemas produtivos com grandes volumes, equipamento dedicado e maior quantidade de matéria-prima e componentes, demandam um maior controle na gestão de materiais. Estas características são melhores trabalhadas por um sistema MRP/MRP II.

Usualmente quando se opta por um sistema híbrido, o sistema FCS substitui o módulo de controle de chão-de-fábrica - SFC dos sistemas MRP II. Côrrea, Giansi e Caon (2001, p.389), explicam que:

A partir do plano de materiais gerado pelo MRP II, por meio de seu módulo MRP são gerados [...] os programas de produção por período. A partir deste programa, que não considera as complexidades de alocação e programação fina [...] os sistemas de programação finita consideram determinado número de períodos à frente, tomam suas ordens e, desconsiderando o seqüenciamento sugerido pelo MRP, refazem este seqüenciamento conforme seus algoritmos [...] gerando um novo programa.

Depois de concluída, a nova programação de produção deve retornar ao MRP II, para que ocorra a alteração do planejamento de disponibilidade de materiais.

O capítulo 4 deste trabalho irá citar e apresentar uma breve explicação sobre as principais metodologias utilizadas nos sistemas de programação da produção baseados no conceito de capacidade finita.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIAS E CONCEITOS UTILIZADOS NOS SISTEMAS BASEADOS EM CAPACIDADE FINITA

4.1 Carregamento infinito

Antes de abordar as diferentes metodologias adotadas nos sistemas baseados no conceito de capacidade finita, é necessário compreender os tipos de problemas gerados pela utilização da capacidade infinita na programação da produção.

Segundo Plenert e Kirchner (2000, p. 37), existem dois problemas fundamentais com o método ICBP – *Infinite Capacity Backward Pass* (utilizados pelos sistemas MRP/MRP II):

O primeiro problema é que o ICBP produz resultados impraticáveis. Assumir que a capacidade é infinita é errôneo, pelo menos na grande maioria dos centros de trabalho. [...] isto implicaria que qualquer demanda em qualquer centro de trabalho a qualquer tempo, poderia ser atendida assim que chegasse na máquina. [...] O segundo problema é que os sistemas MRP assumem uma fila fixa para cada operação. Uma fila é um tempo de espera, e para ser calculada é utilizado um tempo de espera estimado antes de iniciar cada tarefa. Estas filas estimadas do MRP são uma tentativa de simular as condições do chão de fábrica, o que na maioria das vezes só aumenta o tempo de ciclo.

Os tempos de fila podem variar entre cada tarefa. Quando uma nova tarefa chega a um centro de trabalho e encontra uma fila, pode-se estimar o tempo de espera. Ele é calculado somando-se o tempo de processo de todas as tarefas que já se encontravam na fila no momento da chegada da nova tarefa. Porém, tarefas de alta prioridade podem “pular” de posição na fila, o que altera dinamicamente a forma de cálculo do tempo de espera.

Além disto, o tempo de espera da fila também é afetado por fatores como roteiros de processos, *setups*, variações no tempo de ciclo decorrentes de variação da matéria-prima e outros.

Para uma melhor compreensão dos problemas decorrentes do método ICBP, serão utilizados alguns exemplos. O primeiro exemplo é descrito por Plenert e Kirchner (2000, p. 38).

A tabela 4.1 apresenta uma lista de tarefas, sua hora de entrada e duração. Estes dados serão utilizados na resolução de um problema básico de programação com capacidade infinita.

Tabela 4.1 – Parâmetros das tarefas (Plenert e Kirchner, 2000)

Tarefa	Hora de Chegada	Duração (horas)
1	08:00	1,0
2	08:00	1,5
3	12:30	2,5
4	12:30	1,5
5	14:30	1,5

O exemplo inclui 5 tarefas de 5 trabalhos diferentes, a data final de todos os trabalhos é hoje às 16:00hs. As tarefas deveram ser processadas através de um único centro de trabalho. Existe uma parada definida para o período entre 10:30hs e 12:30hs.

Observando-se a lista de tarefas, é fácil perceber que a soma de todas as tarefas é de 8 hs e que a duração do expediente do centro de trabalho é de somente 6 hs (inicio às 08:00hs e término as 16:00hs, com 2 horas de parada). Conclui-se com isto que 2 horas de trabalho forçosamente deverão ser alocadas no dia seguinte.

A figura 4.1 apresenta o seqüenciamento gerado pelo método ICBP.

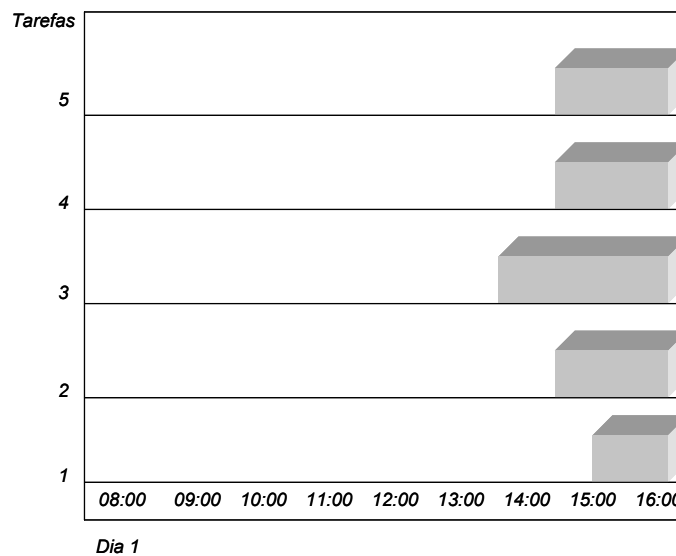


Figura 4.1 – Seqüenciamento gerado pelo método ICBP
 Fonte: Plenert e Kirchner (2000, p. 40)

O método ICBP ignora a condição de existência de um único recurso no centro de trabalho. Todas as tarefas serão programadas para estarem concluídas as 16:00 hs.

Outro problema nesta forma de programação é a abordagem de seqüenciamento para trás, *backwards*, que inicia a programação da produção a partir da data prevista de entrega. Como

este tipo de seqüenciamento assume que cada tarefa começa assim que a posterior termina (daí provém o termo *backwards*), esta programação é chamada de seqüencial.

Segundo Plenert e Kirchner (2000, p. 40), “o cálculo para determinar quando a primeira tarefa deve iniciar para que a tarefa final coincida com a data de entrega é bastante simples. Porém se o tempo de processamento for maior que o tempo disponível atual, uma programação irreal poderá ser criada”. O resultado poderá ser um seqüenciamento inviável que sugere a alocação de tarefas no dia anterior à data de programação. A figura 4.2 mostra a mesma programação de tarefas levando em conta a capacidade do centro produtivo e utilizando a programação de tarefa para trás.

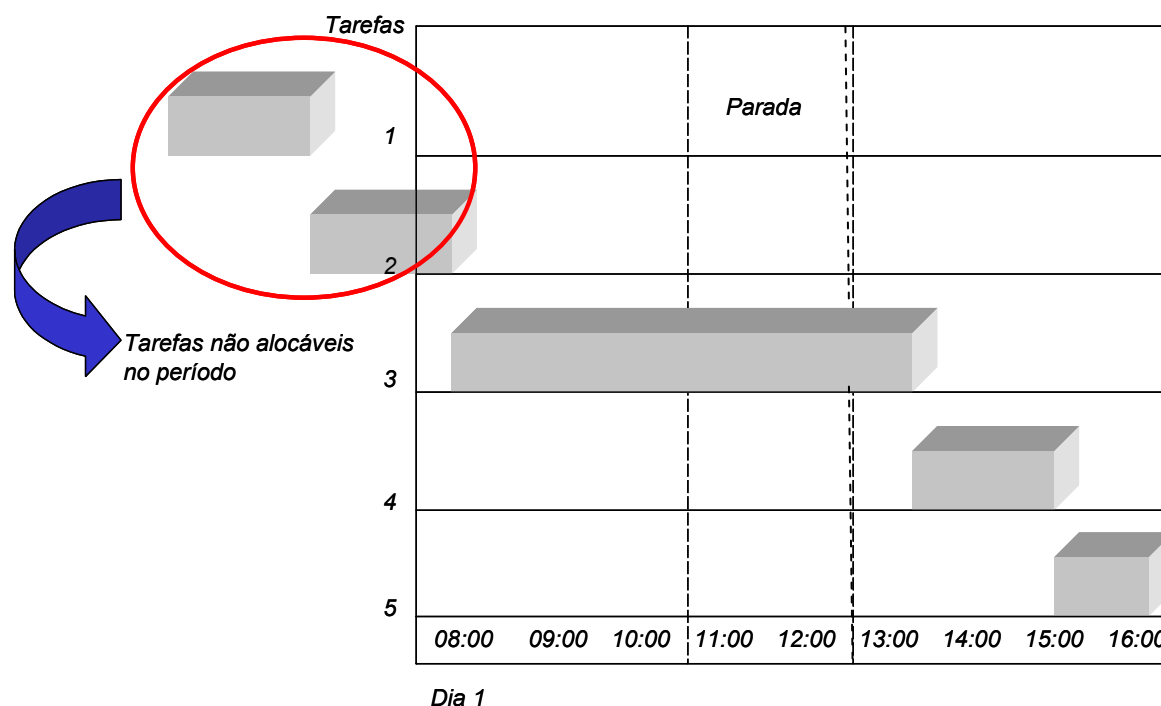


Figura 4.2 – Programação gerada através do seqüenciamento para trás

Tendo sido vistos os principais problemas gerados pelo uso da capacidade infinita nos sistemas MRP/MRP II fica claro que este tipo de abordagem não gera resultados satisfatórios para problemas de programação da produção e alocação de tarefas. A seguir será analisado o uso do conceito de capacidade finita e suas principais abordagens.

4.2 Principais metodologias utilizadas nos sistemas baseados no conceito de capacidade finita

Vários são os métodos utilizados para a elaboração de sistemas de programação da produção baseados no conceito de capacidade finita. Porém, segundo Plenert e Kirchner

(2000, p.45), “antes de descrever as características de cada um dos métodos de programação para sistemas FCS [...] devem ser descritos os pontos de partida correspondentes, isto é, as bases de dados.” Estas bases de dados são construídas geralmente em três arquivos principais:

- a) Arquivo de recursos - contém informações sobre a capacidade disponível para realizar um trabalho;
- b) Arquivo de rotas - define a seqüência de eventos de um trabalho para ser considerado completo. Algumas vezes as informações de restrições estão contidas neste arquivo, embora possam ser colocadas em outros arquivos sem problema;
- c) Arquivos de trabalhos – contém campos relacionados com os trabalhos a serem executados, data de liberação, data de entrega prevista, quantidade, prioridade do cliente, identificação do cliente, entre outros.

Os arquivos acima citados (recursos, rotas e trabalhos), assim como as restrições e condições de produção a serem definidas, dependem da aplicação de cada cliente (sistema produtivo) e em geral são únicas para cada caso.

Várias são as metodologias utilizadas em sistemas baseados no conceito de capacidade finita. Não existe um consenso entre os autores sobre as nomenclaturas que classificam as principais abordagens de programação disponíveis nos sistemas FCS/APS. Neste trabalho serão apresentados os métodos baseados e enumerados por alguns autores (ENNS, 1996; SADOWSKY, 1998; PLENERT E KIRCHMIER, 2000; TAYLOR, 2001). São os métodos:

- a) Baseados em trabalho – *Job-based*;
- b) Baseados em eventos – *Event-based*;
- c) Otimização; e
- d) Baseados em recursos – *Resource-based*.

4.2.1 Programação baseada em trabalho – *Job-based*

Também conhecida como *order-based*, *blocked-time* ou carregamento horizontal, sua programação é baseada em algoritmos e é considerado o método mais simples de programação, imitando a forma de programação feita manualmente. Utiliza alguma regra de prioridade como critério para definir a seqüência em que os trabalhos serão carregados.

Este método escolhe o trabalho com maior prioridade e sequencia todas as tarefas que o constitui. Após concluir este seqüenciamento, repete a operação para todas as tarefas do

trabalho com a segunda maior prioridade, continuando desta forma até que todos os trabalhos estejam seqüenciados. Segundo Plenert e Kirchner (2000, p.46):

É possível se realizar o seqüenciamento manual por prioridades em um sistema FCS/APS, do mesmo modo que era tradicionalmente seqüenciado nos sistemas MRP. Porém, sistemas FCS/APS têm a habilidade de dinamicamente estabelecer as prioridades através do exame das condições do *mix* de trabalho enquanto a seqüência é criada.

Os sistemas *job-based* geram a programação baseada nas prioridades, não importando se as mesmas foram criadas dinamicamente pelo próprio sistema ou pela intervenção do usuário. É importante observar que as prioridades desejadas pelo usuário sobrepõem-se às criadas pelo sistema e isto pode diminuir a funcionalidade do mesmo. Um bom procedimento para evitar conflitos entre prioridades é evitar estabelecer prioridades manualmente antes da primeira “rodada” do sistema, revendo então os resultados, e de modo seletivo modificando as prioridades.

Já Sadowski (1998, p.2) explica que a escolha do critério de prioridade é feita através de um grande número de regras disponíveis. Como as regras estáticas (data de entrega, prioridade de atendimento a cliente, ordem de chegada, entre outras) e que tendem a ser bastante simples.

O exemplo a seguir tem como finalidade explicar melhor o conceito da metodologia baseada em trabalho. A tabela 4.2 apresenta os parâmetros das ordens a serem cumpridos, suas seqüências por centro de trabalho e a duração de cada tarefa (em minutos).

Tabela 4.2 - Parâmetros de trabalho (adaptado de Taylor, 2001)

Ordem	Centro de trabalho	Duração da tarefa (min)
1	A	10
	B	15
	C	10
2	A	5
	C	15
3	A	5
	B	5
	C	5

Neste caso a prioridade será a ordem de entrada no sistema. Como a ordem 1 foi a primeira a ser liberada, as três tarefas que a compõem serão seqüenciadas primeiramente e assim sucessivamente para as ordens 2 e 3. A figura 4.3 apresenta o seqüenciamento das três ordens.

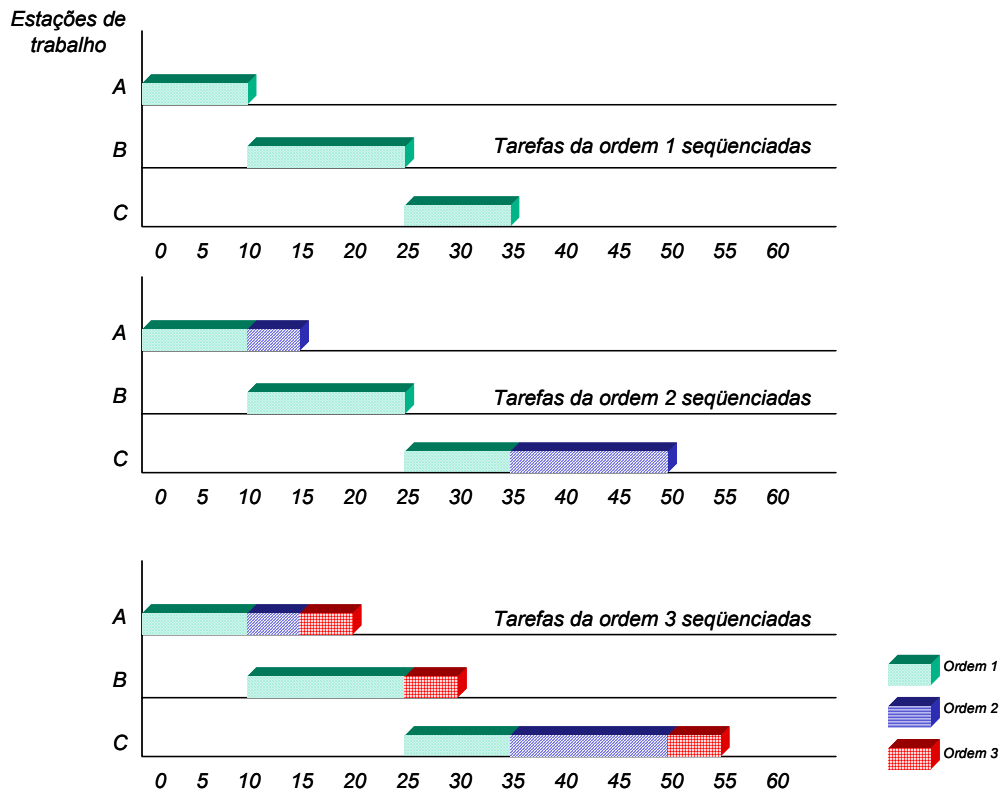


Figura 4.3 – Seqüenciamento das ordens utilizando a abordagem *job-based*
 Fonte: adaptado de Taylor, 2001

Observa-se que o seqüenciamento baseado em trabalho tende a deixar espaços não utilizados de tempo, na forma de tempo de espera. Isto acontece no exemplo acima entre a primeira e a segunda tarefa da ordem 2 e volta a ocorrer entre a segunda e terceira tarefas da ordem 3. A figura 4.4 representa estes tempos de espera entre as tarefas de uma mesma ordem.

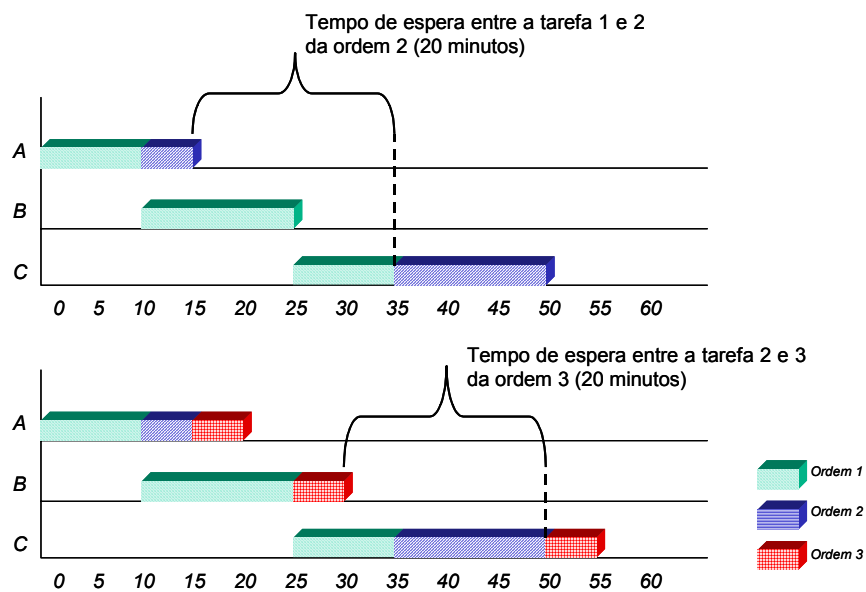


Figura 4.4 – Tempo de espera para início de tarefas de um mesmo trabalho

O problema do tempo de espera pode ser minimizado através da redefinição do seqüenciamento, utilizando os recursos de programação para frente – *forward* ou para trás *backward*, porém o grau de sucesso na eliminação de esperas ou tempo de máquina sem uso depende das soluções encontradas por cada desenvolvedor de sistema, como por exemplo, a escolha da prioridade, e também do ambiente de manufatura onde será utilizado.

4.2.2 Utilização da programação baseada em trabalho – *Job-based*

Conforme Sadowski (1998, p.2), “este método tende a ser bastante rápido, porém costuma produzir intervalos ociosos – *gaps*, aumentando o tempo de ciclo de trabalho, além de não ser aplicável em situações com restrições especiais, como por exemplo, seqüência dependente de *setup*.”

Plenert e Kirchmier (2000) lembram que os sistemas *job-based* costumam usar uma série de seqüenciamentos para frente e para trás (*forward/backward*) para tentar reduzir o número de intervalos não utilizados. Porém os autores admitem que em muitos casos um ajuste por parte do planejador da produção é imprescindível.

Já Taylor (2001, p.72), diz que esta abordagem trabalha bem em “[...] ambientes em que é importante fazer o seqüenciamento de poucas ordens de alta prioridade no menor tempo possível. Também funciona relativamente bem em ambientes com baixo nível de utilização da capacidade”.

4.2.3 Programação baseada em eventos – *Event-based*

Mais conhecido como simulação (*simulation-based*) ou carregamento vertical. Esta abordagem utiliza eventos discretos ou a combinação entre eventos discretos e contínuos para simular o modelo de produção, testando seqüenciamentos alternativos.

Uma definição abrangente de simulação pode ser encontrada em Pegden (1990 apud FREITAS, 2001, p. 3), “[...] simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”.

Apesar da simulação ter sido tradicionalmente aplicada no projeto de sistemas produtivos, Miller e Pegden (2000. p.64) dizem que ela também “pode ser utilizada para gerar a programação da produção para o chão-de-fábrica. Quando utilizada deste modo, a simulação é chamada de FCS e compete com outros métodos baseados em capacidade finita, como algoritmos de otimização e seqüenciadores *job-based*.”

Segundo Lehtonen et al (2003, p. 1450), a simulação vem surgindo:

[...] como parte de sistemas de apoio a decisão na área de programação da produção. Através da simulação é possível se ter uma alternativa de programação quando a abordagem através de otimização se torna muito “pesada” para processamento e, ao mesmo tempo, a abordagem algorítmica através das regras de prioridade não é suficientemente eficaz.

A simulação é capaz de prover um grande nível de detalhamento do sistema produtivo sem, contudo, seu tempo de processamento se tornar inviável.

Normalmente os sistemas baseados em simulação são compostos de, no mínimo, dois módulos: um módulo encarregado de gerar a programação preliminar e um outro módulo que verifica e refina a programação gerada. A simulação é utilizada neste segundo módulo de verificação.

A solução para gerar a programação preliminar pode variar desde regras heurísticas até técnicas de sistemas especialistas ou sistemas de busca *branch and bound*.

Conforme Miller e Pegden (2000, p.64),

A abordagem básica com sistemas *simulation-based* é a de inicialmente executar o modelo utilizando o estado inicial da fábrica e a partir disto, estabelecer as ordens a serem produzidas. [...] Em sistemas *simulation-based* utilizados em programação da produção, existem dois tipos de regras de decisão que podem ser aplicadas: regras de seleção de operação e regras de seleção de recursos. Se um recurso está disponível e existem várias operações esperando para serem processadas, a regra de seleção de operação será usada para escolher qual a operação a ser processada a seguir. Se, ao invés disto, uma operação puder ser inicializada e vários recursos capazes de processá-la estiverem disponíveis, a regra de seleção de recursos será utilizada para efetuar a decisão do roteiro de processo. [...] A qualidade da programação final depende da interação entre estas regras.

A figura 4.5 apresenta um fluxograma descrevendo o funcionamento genérico desta forma de seqüenciamento.

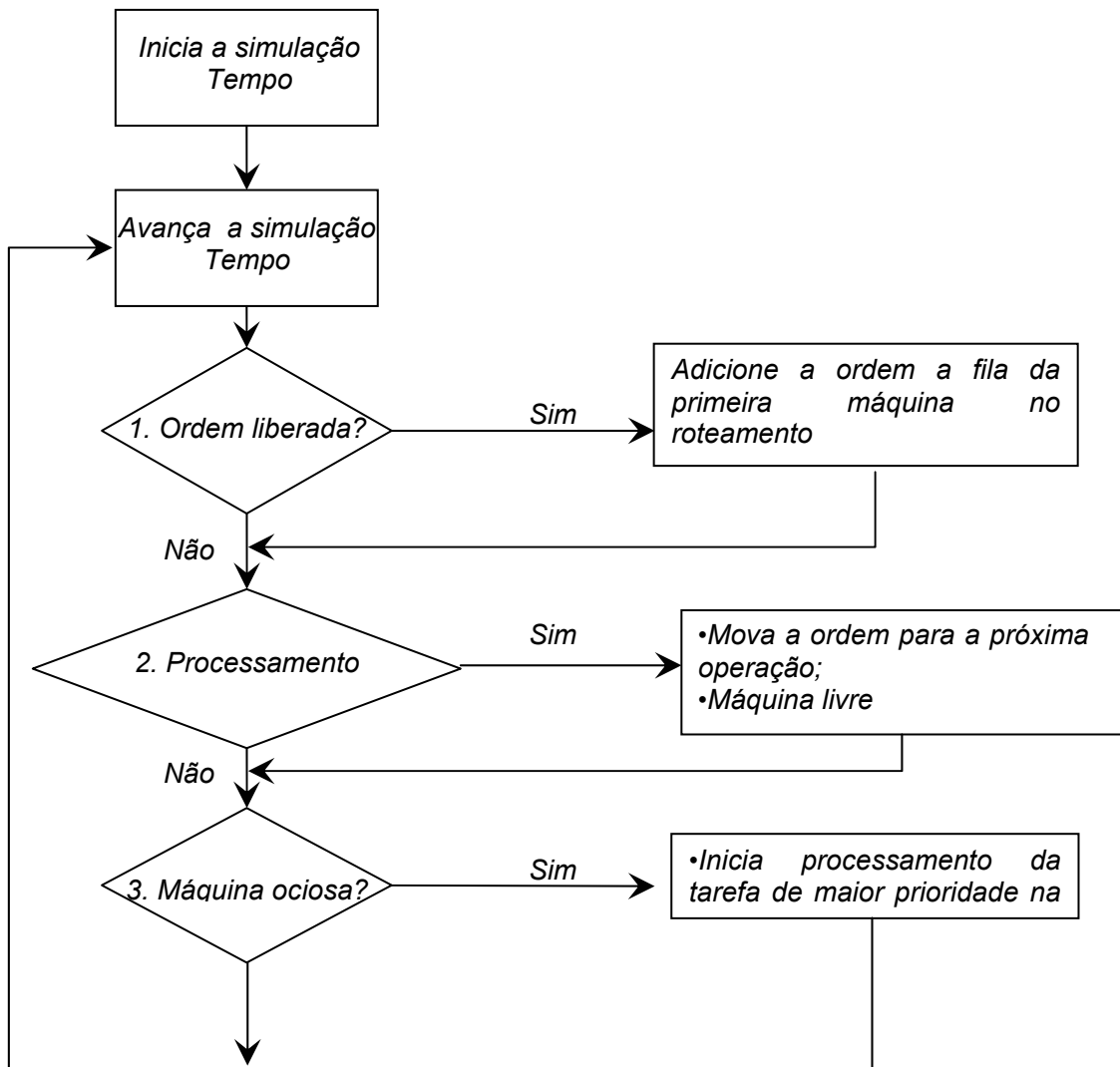


Figura 4.5 – Fluxograma de simulação
Fonte: Taylor, 2001

É importante explicar que o avanço no tempo de simulação apresentado na figura 4.5 poderá ocorrer através de um incremento fixo, o que tende a uma maior ocupação de processador, ou através do tempo determinado para a chegada do próximo evento⁹.

A seguir será apresentado novamente um exemplo baseado na tabela 4.2, agora utilizando o seqüenciamento baseado em eventos.

A figura 4.6 apresenta a programação resultante das ordens.

⁹ Evento – acontecimentos programados ou não, os quais, quando ocorrem, provocam uma mudança de estado em um sistema. (FREITAS, 2001, p. 60).

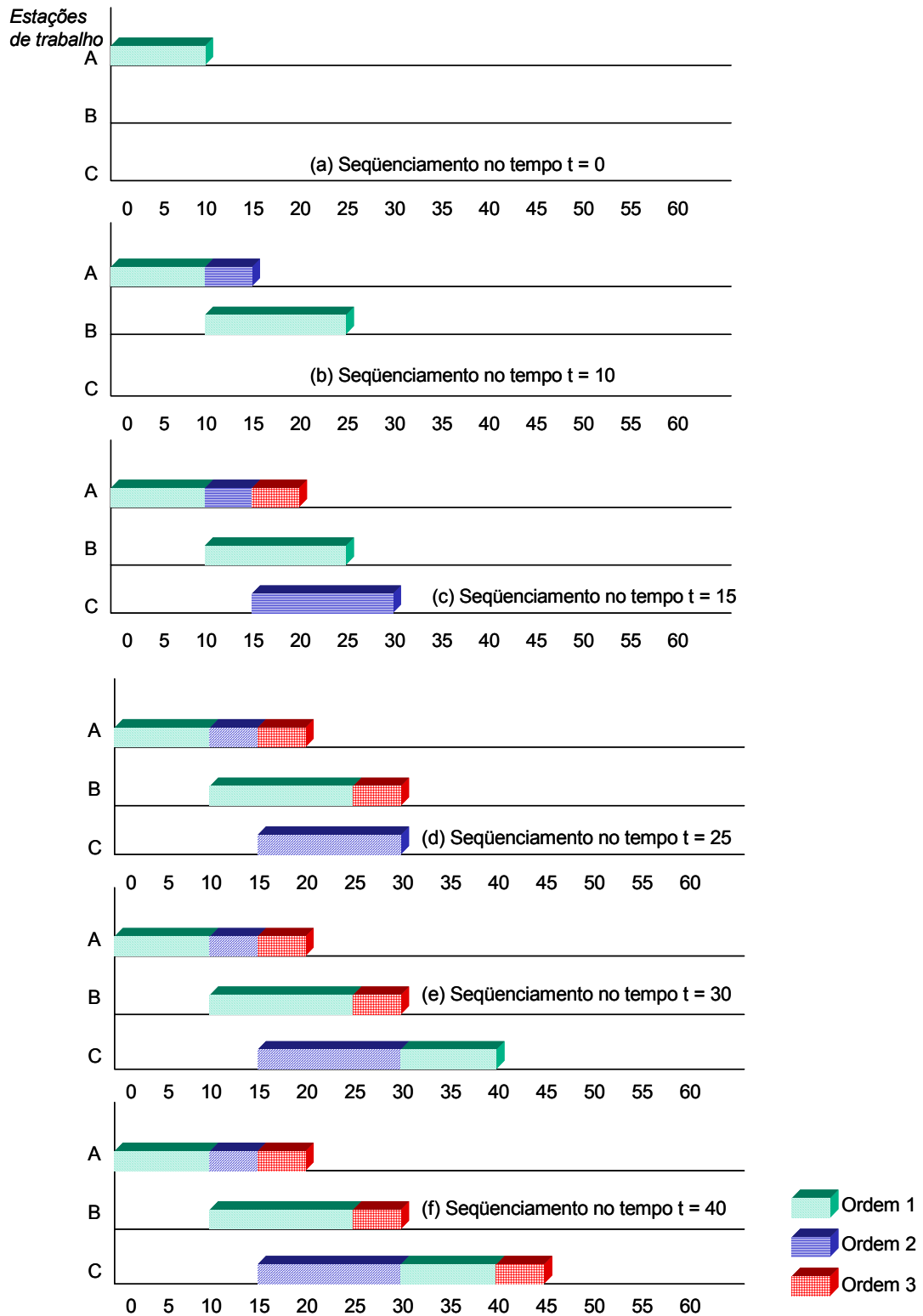


Figura 4.6 – Programação de ordens baseadas em eventos
 Fonte: adaptado de Taylor, 2001

Este seqüenciamento inicia quando o relógio de simulação está no tempo $t = 0$. As ordens 1 e 2 chegam ao centro de trabalho A e são adicionadas à fila de ordens do mesmo. Como inicialmente a fila do centro de trabalho A estava vazia, é executada a verificação da ociosidade

da máquina. Agora o centro de trabalho A está ocioso e possui 2 trabalhos na fila. Para o desempate é utilizada uma regra de prioridade pela data de entrega. O trabalho 1 é selecionado e seqüenciado. O relógio da simulação avança até que o próximo evento ocorra.

Em $t = 10$ a ordem 3 entra na fila do centro de trabalho A. Neste ponto observa-se que a ordem 1 já está concluída neste centro e é movida para a fila da máquina 2, deixando o centro de trabalho A livre. Novamente é checada a ociosidade da máquina A e a ordem 2 é seqüenciada e a ordem 3 continua aguardando na fila do centro.

Do mesmo modo, observa-se que a máquina B está ociosa e a ordem A pode ser iniciada. A simulação continua desta forma, avançando o relógio da simulação e processando os eventos nos tempos pré-determinados de verificação. Em alguns casos, ao invés de utilizar os tempos de simulação pré-estabelecidos, pode se vincular o passo do relógio de simulação à chegada de novos eventos.

4.2.3.1 Utilização da programação baseada em eventos

A programação baseada em eventos, de um modo geral, tem várias vantagens em relação a outros métodos de programação baseados em capacidade finita. Entre as principais vantagens Miller e Pegden (2000, p.65) citam:

- a) Rápido tempo de processamento e execução;
- b) Lógica de decisão flexível – a simulação pode incorporar uma grande faixa de regras de decisão;
- c) Implementação simples; e
- d) Programação de alta qualidade em comparação a outros métodos.

Sadowski (1998, p.3) defende a programação baseada em eventos dizendo que este método tende a produzir um menor número de intervalos ociosos e pode fornecer boas soluções em sistemas onde a seqüência dependente do *setup* ou outra restrição especial se apresente.

Já Taylor (2001, p.72) explica que a programação baseada em eventos pode apresentar problemas:

As ordens de maior prioridade disponíveis são seqüenciadas em primeiro lugar. Esta abordagem tende a manter a máquina ocupada, entretanto não antecipa a futura chegada de novas ordens de alta prioridade. Deste modo uma ordem de baixa prioridade pode iniciar e bloquear uma ordem de alta prioridade que chegou a fila um pouco depois da anterior.

O seqüenciamento baseado em eventos trabalha bem em ambientes onde a alta utilização da capacidade é importante e todas as ordens têm igual prioridade.

4.2.4 Programação otimizada – *Optimization Scheduling*

Estes métodos são normalmente baseados em algum procedimento de busca, com a qualidade da solução diretamente dependente da quantidade de tempo reservada para a mesma e da qualidade do procedimento de busca. Entre as ferramentas mais conhecidas destacam-se a *simulated annealing* e *branch and bound*, entre outras.

4.2.4.1 Utilização da programação otimizada

Estes métodos têm como principal ponto negativo o aumento em escala exponencial do tempo de resolução, ocorrendo proporcionalmente ao aumento da complexidade do problema a ser seqüenciado (aumento do número de variáveis).

Alguns autores (Reklaitis, 2000 e Sadowski, 1998) não recomendam este tipo de solução para problemas simples do dia a dia. De um modo geral, as ferramentas de otimização tendem a trabalhar muito bem em problemas de seqüenciamento de alta complexidade, porém podem exigir muito tempo para gerar uma solução, o que não os indica para empresas com grande variação no *mix* de produção. Segundo Sadowski (1998), estes métodos tendem a trabalhar muito bem em problemas de seqüenciamento de alta complexidade e com baixo *mix* de produção diário.

4.3 Teoria das restrições - TOC

O conceito que deu base a Teoria das Restrições – TOC, começou a ser desenvolvido no final dos anos 70 por um grupo de pesquisadores israelenses, entre os quais Eliyahu Goldratt, com a finalidade de gerar um software chamado Tecnologia da Produção Otimizada - OPT (*Optimized Production Technology*), que consistia em uma série de princípios para a otimização da produção baseando-se em novas heurísticas.

Na segunda metade dos anos 80, Goldratt ampliou a técnica do OPT criando o que hoje é conhecido como a Teoria das Restrições, que passou a ser definida pelo próprio Goldratt (1991; p.8) como “uma nova filosofia de gerenciamento global, juntamente com o *Just-in-Time* e o *Total Quality Management*”. A partir deste ponto a TOC amplia sua atuação do campo da produção para a organização da empresa como um todo. A premissa principal da TOC, segundo

Goldratt (1991; p.46), é que “a otimização local não garante a otimização total” e a partir desta idéia estabelece os conceitos básicos de sua teoria.

4.3.1 Conceitos básicos da TOC

Segundo Corbett Neto (1997, p.39):

A TOC encara qualquer empresa como um sistema, isto é, um conjunto de elementos entre os quais há alguma relação de interdependência. Cada elemento depende um do outro de alguma forma, e o desempenho global do sistema depende de esforços conjuntos de todos os seus elementos. Um dos conceitos mais fundamentais é o reconhecimento do importante papel da restrição de qualquer sistema.

A Teoria das Restrições tem como base fundamental o princípio de que qualquer sistema tem ao menos uma restrição, senão este sistema poderia produzir uma quantidade infinita do seu produto.

Goldratt (1991) define restrição como qualquer coisa que impeça uma organização de alcançar a sua meta. As restrições podem ser físicas, como pessoal ou matéria-prima, ou não-físicas como, por exemplo, políticas, procedimentos e práticas adotadas pela organização.

Outra definição interessante de ser citada é com relação à capacidade. Segundo Corbett Neto (1997, p.184),

A TOC classifica a capacidade de um recurso em três classes:

- a) Capacidade produtiva – é a capacidade que a empresa irá efetivamente usar do recurso, a quantidade de peças que ele processará.
- b) Capacidade protetiva – é a capacidade a mais, necessária nos recursos que não são restrições para que eles não interrompam o fluxo produtivo, para que eles não parem a restrição.
- c) Capacidade ociosa – é a diferença entre a capacidade disponível e as capacidades produtivas e protetiva.

4.3.2 Os 5 Passos da TOC

Os 5 passos para a implementação do conceito da TOC constituem um processo cíclico de aprimoramento contínuo. Tem como principal função identificar, controlar e gerenciar da melhor maneira possível as restrições. Segundo Goldratt (1992, p.320), os cinco passos são:

1. Identificar as restrições do sistema;
2. Decidir como explorar as restrições do sistema;
3. Subordinar o resto à decisão anterior (garantir que tudo caminhe de acordo com as restrições);
4. Elevar as restrições do sistema; e
5. Se, num passo anterior, uma restrição for eliminada, volte ao primeiro passo, mas não permita que a inércia gere uma restrição no sistema.

A TOC propõe 9 princípios de otimização (heurísticas), que devem ser seguidos:

1. Balancear o fluxo do sistema e não a sua capacidade;
2. O nível de utilização de um recurso não gargalo não é determinado por seu próprio potencial e sim por outra restrição do sistema;
3. A utilização e a ativação de um recurso não são sinônimos;
4. Uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida no sistema inteiro;
5. Uma hora economizada onde não é gargalo é apenas uma ilusão;
6. Os gargalos governam o ganho e o inventário;
7. O lote de transferência não pode e muitas vezes não deve ser igual ao lote de processamento;
8. O lote de processo deve ser variável e não fixo; e.
9. Os programas devem ser estabelecidos considerando todas as restrições simultaneamente.

4.3.3 O software OPT

A partir das heurísticas apresentadas pela TOC, fica simples ver que o sistema OPT trabalhava com dois algoritmos diferentes:

- a) Um referente aos recursos gargalos, designado por módulo OPT, com uma lógica de programação finita para a frente definindo a seqüência de produção contínua do recurso crítico, ou seja, unidade seguida de unidade, de modo a não existir tempo morto, sem preocupações com os restantes recursos do sistema;
- b) E um outro designado por módulo SERVER, referente aos recursos não gargalos, com uma lógica de programação infinita para trás, tendo em consideração as quantidades e as datas de chegada dos materiais aos depósitos. Este módulo vai exigir coordenação entre a chegada de material vindo do recurso gargalo e não-gargalo de modo a não existirem pausas na produção.

O sistema OPT, apesar de até hoje ser comercializado com o nome de SWS pela empresa *Telly Advanced Systems* com sede em Israel, não foi bem recebido no Brasil. Entre suas principais desvantagens podemos citar:

- a) Como o OPT era um sistema computadorizado, centralizava a tomada de decisões, deixando pouca liberdade de manobra para os planejadores;
- b) Possuía um elevado preço de comercialização;
- c) Não possuía uma interface amigável;
- d) Havia uma dificuldade de identificação dos recursos gargalos, já que muitos fatores podem contribuir para mascarar gargalos verdadeiros, como lotes excessivos, práticas tradicionais na produção, entre outros. Se o gargalo for erradamente identificado, o desempenho do sistema fica comprometido; e
- e) O OPT requeria uma certa habilidade analítica do programador, o que exigia treino intensivo e perfeita compreensão dos princípios envolvidos. Isto foi muito dificultado pelo fato do software não ter representantes no país capazes de dar tal treinamento e suporte na época de sua divulgação.

Apesar das desvantagens apresentadas o sistema OPT foi um dos primeiros sistemas de programação da produção baseados em capacidade finita a entrar no mercado brasileiro, juntamente com o sistema alemão AHP Leitstand.

Hoje em dia, a teoria das restrições é utilizada e apresentada em diversas regras heurísticas nos mais diversos sistemas FCS/APS e por muitas vezes fica difícil dizer se os conceitos encontrados nos softwares são baseados na TOC ou simplesmente em bom senso.

Sistemas totalmente baseados nas heurísticas da TOC normalmente são procurados e implantados por empresas que já aplicaram anteriormente a Teoria das Restrições como uma ferramenta gerencial, embora nada impeça que outros softwares sejam modelados com tais heurísticas.

4.3.4 Programação baseada em recursos - *Resource based*

Uma outra linha de programação desenvolvida foi a chamada programação baseada em recursos, cujos seguidores procuram desvincular seu nome da TOC, embora como pode ser visto a seguir, suas idéias e princípios sejam bastante similares.

A programação baseada em recursos também é chamada de programação por restrições ou de manufatura sincronizada. Sua idéia geral é localizar os gargalos de uma linha e garantir que sua taxa de ocupação seja sempre a mais alta possível. As operações remanescentes nos

recursos não gargalos serão seqüenciadas utilizando técnicas de seqüenciamento para frente ou para trás (*forward/backward*). Por gargalo se entende qualquer recurso com capacidade igual ou inferior à demanda solicitada. Já uma restrição pode ser classificada como organizacional, física, casual, disponibilidade ou preferencial. A figura 4.7 apresenta um exemplo de programação baseada em restrições.

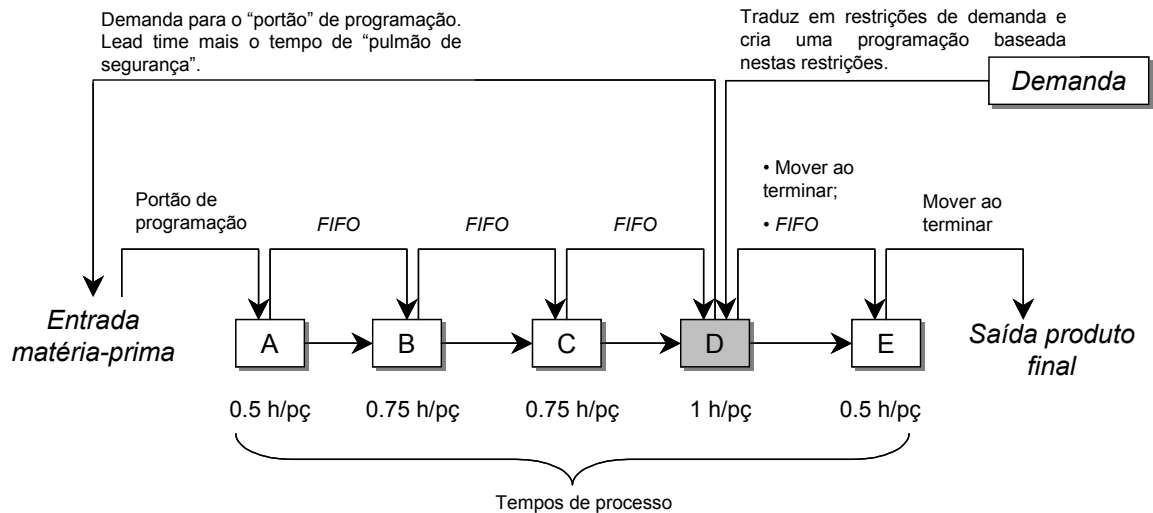


Figura 4.7 – Programação baseada em restrições
Fonte: adaptado de Bolander e Taylor (2000, p.3)

No exemplo acima observa-se que inicialmente a restrição do sistema é identificada, que neste caso é o processo D. Para melhorar o *throughput*, a restrição é programada primeiramente. Isto é feito transformando-se as **informações de demanda**, como tempo e quantidade, em **restrições de demanda** e em seguida é elaborando a melhor programação possível para à restrição. Todos os outros processos são subordinados à restrição. Também se pode notar que o *lead time* anterior à restrição é na verdade o tempo esperado nos processos A, B e C e este tempo é somado com um tempo de pulmão¹⁰.

Alguns sistemas baseados em recursos utilizam um método de busca, *constraint-guided scheduling*, que segundo Applequist (1997, p.103):

[...] avaliam as restrições relevantes para testar uma programação. Tanto em relação a viabilidade, quanto em relação à capacidade de folga (demanda) entre as restrições. Esta avaliação permite medir a performance e determinar a aceitabilidade das programações analisadas ou sugerir melhorias.

¹⁰ Pulmão – lote de segurança. É utilizado para proteger e abastecer a restrição de matéria-prima, possibilitando que não haja interrupções no seu trabalho.

Um dos grandes problemas com este tipo de programação é o fato de algumas restrições serem conflitantes, o que muitas vezes dificulta uma programação da produção viável que consiga atingir as metas definidas pela empresa. Para resolver este tipo de conflito, Applequist (1997, p.103) explica que:

As restrições são tratadas em uma hierarquia, incluindo níveis separados para a seleção da ordem, a análise da capacidade, a análise do recurso e a atribuição detalhada do recurso. Cada nível é tratado em três etapas: uma pré-análise identifica as restrições relevantes ao nível, depois há uma busca para encontrar uma solução e no final uma pós-análise para decidir se a solução é aceitável. As inconsistências nas restrições são identificadas com um processo dedutivo chamado de propagação de restrição.

4.3.4.1 Utilização da programação baseada em recursos

Reklaitis (2000, p.289) menciona que, quanto à qualidade da solução, o foco é a obtenção de soluções aceitáveis, porém não otimizadas.

É importante observar que pequenas mudanças paramétricas podem afetar significativamente o resultado final, alterando o grau de interação que as restrições terão sobre o seqüenciamento final. Este tipo de programação tende a produzir intervalos de tempo ocioso (*gaps*) e é altamente sensível a mudanças.

Após terem sido revistos alguns dos conceitos de administração da manufatura, os sistemas de administração e controle da produção e as principais metodologias empregadas nos sistemas baseados no conceito de capacidade finita, o capítulo 5 apresentará os estudos de caso que relacionam a parte teórica com a prática de algumas empresas usuárias dos sistemas APS/FCS.

CAPÍTULO 5 – ESTUDOS DE CASO

5.1 Empresa A

A empresa A possui atualmente plantas em cinco países, sendo sua matriz no Brasil, em Santa Catarina e emprega atualmente cerca de 9 mil pessoas em todo o mundo. A figura 5.1 apresenta o organograma da planta brasileira que possui 5 unidades também situadas em SC, sendo que somente a unidade 1 será alvo deste estudo.

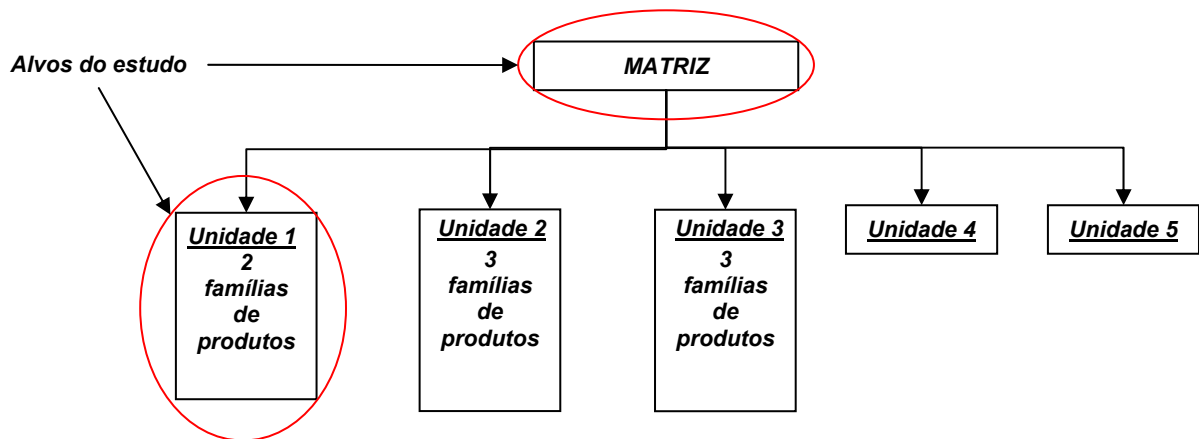


Figura 5.1 – Organograma da planta brasileira – Empresa A

A empresa A produz 12 famílias de produtos e centenas de modelos adaptados às exigências de diferentes mercados, além de montar unidades condensadoras para diversos tipos de aplicação. Sua produção anual gira em torno de 24 milhões de compressores, sendo que destes, 14,7 milhões são fabricados na planta brasileira.

A seguir serão descritas as características de sua estrutura de produção e a utilização dos sistemas de apoio à decisão na matriz e na unidade 1.

5.1.1 Estrutura da produção

A empresa possui um sistema produtivo discreto¹¹, repetitivo em lotes (que são chamados de agrupamentos), com layout misto composto de células e linhas. Sua demanda é dividida em aproximadamente 80% contra pedido e 20% para estoque de peças de reposição.

¹¹ Sistema utiliza kanban para componentes com demanda fixa ou com pouca variação, por exemplo, câmara plástica. No caso de componentes com grande flutuação de demanda como o fio de cobre, é feita a emissão de ordens após rodar o MRP.

Sua lista de materiais é composta de até 5 níveis e cada compressor possui em média 150 componentes. Segundo Corrêa e Gianesi (2001, p. 236), as estruturas com poucos níveis, “achatadas”, apresentam vantagens sobre aquelas com muitos níveis:

Estruturas mais achatadas, com menos níveis, representam processos de produção mais linearizados. Cada vez que incluímos um nível em uma estrutura de produtos, estamos criando um semi-acabado estocável e toda a correspondente documentação, controles e transações necessários para suportar itens ou subconjuntos, sendo estocados, buscados no estoque, controlados, etc.

A figura 5.2 (a) apresenta os níveis da lista genérica de materiais de compressores enquanto a figura 5.2 (b) ilustra um exemplo dos níveis da lista do componente estator.

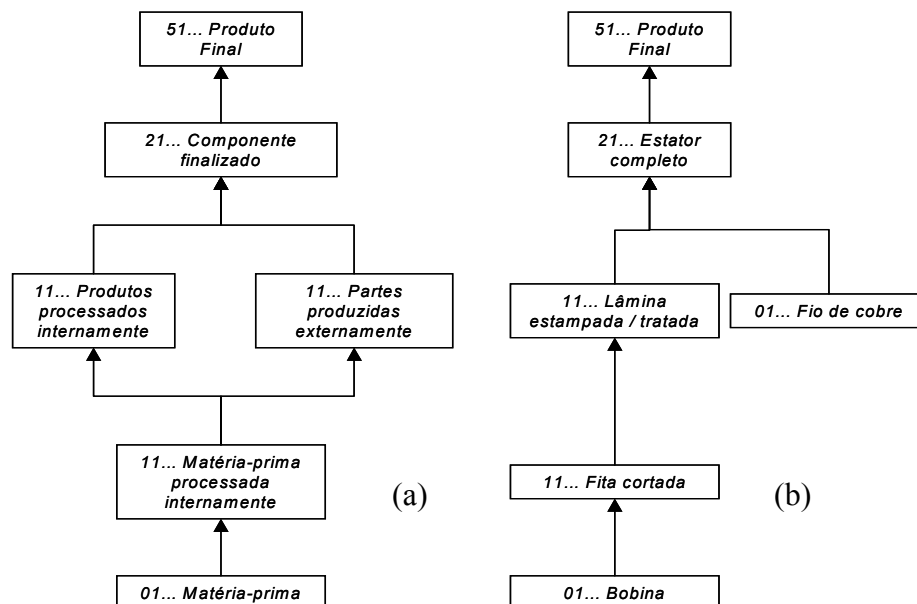


Figura 5.2 – Níveis da lista de materiais dos compressores da empresa A

Em relação à sua lista de materiais pode-se dizer que a estrutura da empresa A está coerente com a bibliografia, com poucos níveis apesar do elevado número de componentes envolvidos no produto final. Isto auxilia diretamente no controle de estoque de matérias-primas e diminui o nível de estoques intermediários.

5.1.2 Planejamento tático da produção e o plano-mestre de produção

O plano mestre da produção – PMP, é feito pela matriz e distribuído para todas as cinco unidades que compõem a planta brasileira. Ele possui 10 dias como período considerado

“firme”, ou seja, livre de alterações. Este prazo foi definido principalmente para minimizar problemas característicos dos fornecedores, como resposta crítica a mudanças e elevado *lead time* de fornecimento (em torno de 10 dias para matéria-prima nacional e de 60 a 90 dias para as importadas). O PMP apresenta ainda as seguintes características:

- a) O agrupamento dos pedidos é feito respeitando respectivamente as famílias de produtos, modelos dentro de cada família e prioridade de clientes;
- b) Ele não trabalha com lotes mínimos, e o tamanho do lote não é considerado neste primeiro agrupamento de pedidos. Posteriormente os lotes serão criados e tratados através de um novo agrupamento de pedidos na programação da produção, como será visto adiante neste trabalho;
- c) Não são reprogramados atrasos, pois existe uma certa flexibilidade no planejamento operacional da produção (este item será mais detalhado adiante neste trabalho). Somente atrasos maiores que 2 dias¹² serão renegociados entre logística – vendas – clientes; e
- d) As restrições de linhas como estampagem, soldagem, usinagem, injeção, entre outras, são consideradas já no PMP e carregadas em cascata pelos componentes na montagem do produto final. Como o tamanho dos lotes não é considerado neste primeiro agrupamento, as restrições trabalham com a capacidade de produção x demanda, restringindo o número de unidades de cada produto final a ser produzido por período.

Como exemplo de restrição em cascata, pode-se citar o caso das linhas de montagem. Existem “n” linhas disponíveis que montam qualquer produto da unidade fabril, ou seja, a capacidade de montagem pode ser dada pela equação “montagem x n”. Porém, existem situações na empresa em que um dos produtos a ser manufaturado possui um componente que só pode ser montado em uma única linha específica, devido a uma restrição qualquer neste produto. Esta necessidade específica passa a ser vista como uma restrição de produção. As restrições podem variar conforme o produto e são classificadas como restrições dinâmicas.

Para auxiliar na confecção do PMP a empresa A optou por trabalhar com os sistemas de administração da manufatura em uma estrutura híbrida composta por um ERP + APS + MRP. Este tipo de configuração ainda é bem pouco conhecida e documentada, pois a maioria das empresas e da bibliografia especializada ainda consideram os sistemas APS como substitutos

¹² O prazo estabelecido de 2 dias será justificado na gestão de produção como o período considerado “firme” na programação de produção do chão de fábrica.

dos sistemas MRP ou como complementares dos mesmos, sendo a seqüência mais utilizada MRP → APS. A seguir será apresentada esta estrutura peculiar dos sistemas de administração da manufatura na empresa A.

5.1.3 Estrutura dos sistemas administração da manufatura no nível tático

Como citado anteriormente, a estrutura de planejamento da manufatura da empresa A é auxiliada basicamente por três sistemas: um ERP (SAP R/3), responsável pela integração de toda a planta; um sistema APS (Scheduler), utilizado para a geração do plano mestre de produção respeitando as capacidades produtivas através do uso do conceito de capacidade finita; e um sistema MRP, parte da solução SAP R/3, que tem como principal função gerar a explosão da lista de materiais (necessidades brutas e líquidas). A figura 5.3 apresenta a estrutura dos sistemas de administração da manufatura no nível tático na empresa A.

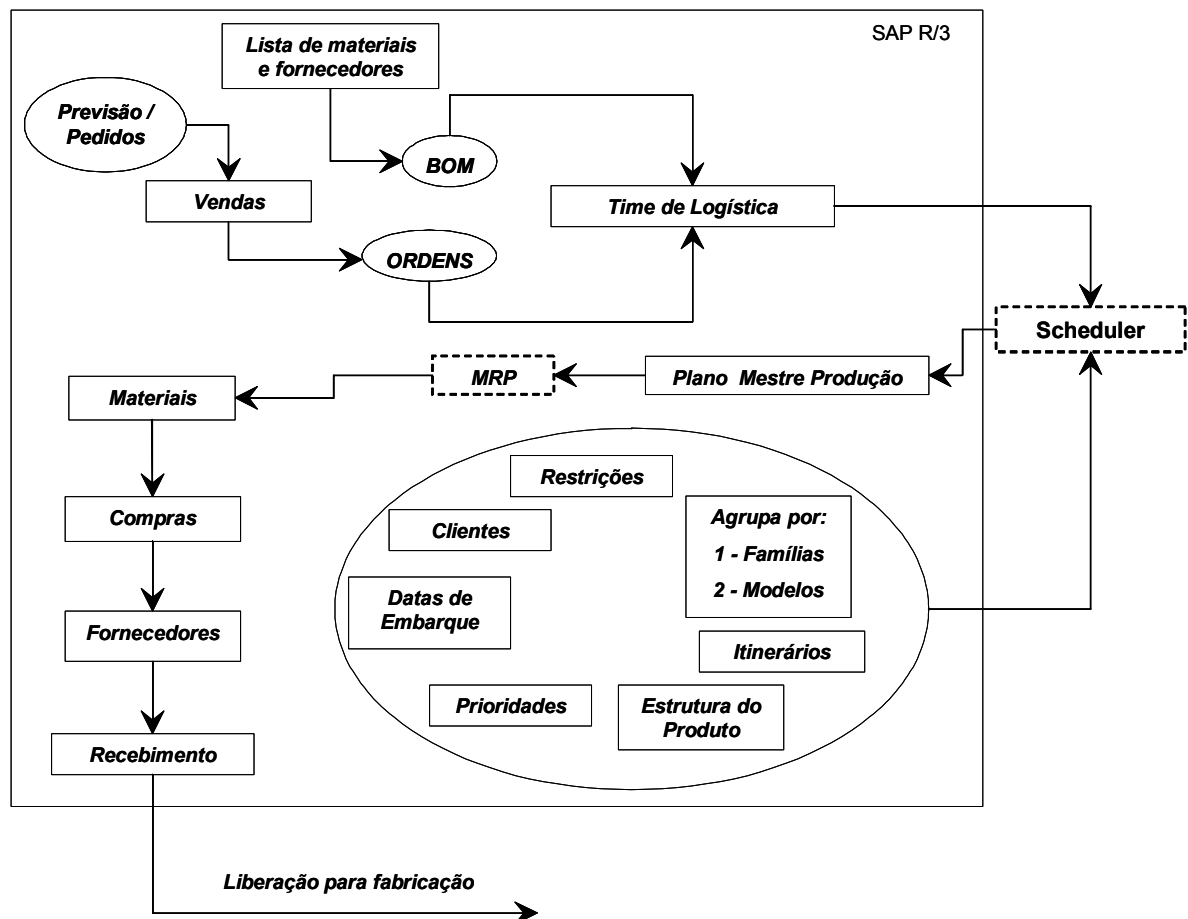


Figura 5.3 – Esquema geral dos sistemas de administração no nível tático da empresa A

Ao optar pela utilização de um sistema baseado em capacidade finita auxiliando na geração do PMP, a empresa A divide o tratamento das restrições, sendo que neste nível de

planejamento são tratadas somente as restrições que afetam a capacidade e o atendimento ao cliente. No próximo item serão vistos com mais detalhes os três sistemas que compõem a administração da manufatura na empresa.

5.1.3.1 Sistema SAP R/3

A SAP nasceu em 1972 em Walldorf, na Alemanha, mas seus laboratórios de desenvolvimento funcionam em Palo Alto (EUA), Tóquio (Japão), Bangalore (Índia), Sophia Antipolis (França) e nas cidades alemãs de Karlsruhe e Saarbruecken, empregando atualmente cerca de 6,7 mil desenvolvedores e possuindo mais de 29 mil funcionários ao redor do mundo. A sigla SAP significa *Systemanalyse and Programmentwicklung* - Sistemas, Aplicações e Produtos para Processamento de Dados.

A empresa chegou ao Brasil em 1995 e hoje emprega cerca de 400 funcionários no país. Ela possui aproximadamente dez milhões de usuários e é a terceira maior empresa de software do mundo e a primeira em software de gestão empresarial.

O sistema SAP R/3 é classificado como um Sistema Integrado de Gestão Empresarial - ERP e tem capacidade de comprimir mais de 5.000 parâmetros diferentes. Para sua instalação cerca de 3.000 decisões de configurações devem ser tomadas. A figura 5.4 apresenta os diversos módulos que compõem o sistema R/3.

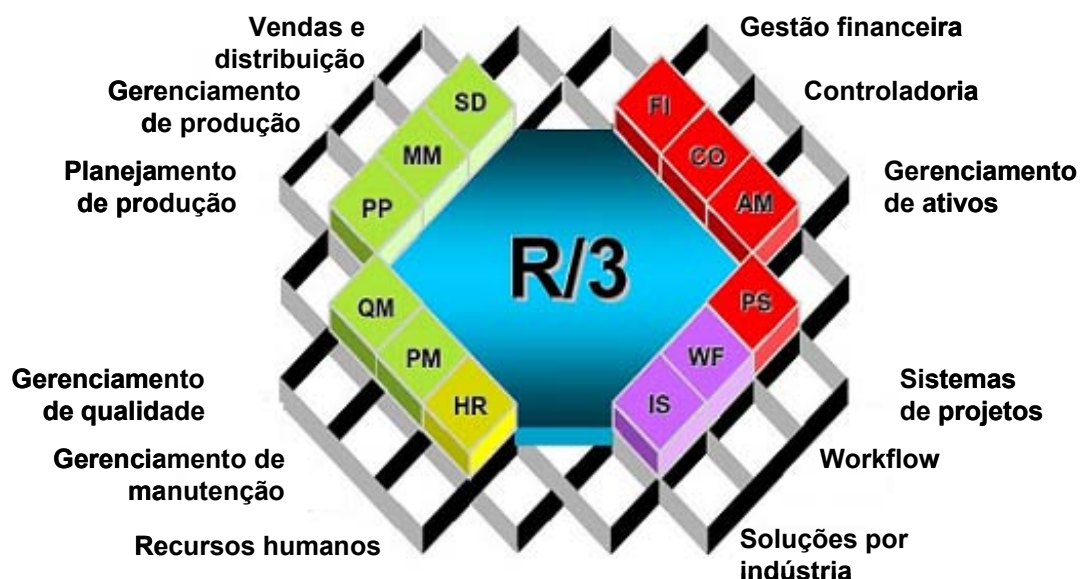


Figura 5.4 – Módulos do sistema SAP R/3 (SAP Brasil, 2000)

Este sistema também requer uma arquitetura cliente/servidor e possui linguagem própria de programação, o ABAP/4. A figura 5.5 apresenta algumas características de seu sistema base.

Hardware	Sistemas UNIX Bull Digital HP IBM SNI SUN	AT&T Bull/Zenith Compaq Data General HP(Intel) IBM(Intel) Sequent SNI	IBM AS/400
Sistemas operacionais	AIX Digital UNIX HP-UX SINIX SOLARS	Windows NT	OS/400
Bancos de dados	ADABAS D AIX DB2 para INFORMIX Online 7 ORACLE 7.1	ADABAS D MS SQL Server 6.0 ORACLE 7.1	DB2/400
Diálogo SAP-GUI	Windows 3.11, Windows 95, Windows NT, OSF/Motif, OS/2 – Warp, Macintosh		Windows 3.11, Windows 95, Windows NT, OS/2 – Warp
Linguagens	ABAP/4, C, C++		

Figura 5.5 – Características do sistema base (SAP Brasil, 2000)

O SAP ainda apresenta um elevado grau de integração com outras aplicações, pelo menos teoricamente falando, uma vez que na prática, aparentemente, pequenos desenvolvedores possuem uma certa dificuldade na importação e exportação de dados.

De um modo geral a empresa A possui uma estrutura que se encaixa com a metodologia do sistema SAP R/3, pois é uma organização altamente centralizada, com todas as unidades de negócio, funções e geografias subservientes a um conjunto central de estratégias e de fatores operacionais. Existem poucas diferenças em como o trabalho é feito e como a informação é usada através da organização.

5.1.3.2 Scheduler

A SEED Consultoria e Tecnologia Ltda está situada em Joinville, SC, desde 1994. Ela é uma empresa privada cujo propósito é fornecer serviços na área de tomada de decisão. Ela desenvolve sistemas para planejamento de recursos em duas áreas específicas: recursos humanos e cadeia de suprimentos.

O Scheduler é classificado como Sistema de Planejamento e Programação Avançados - APS que permite através de seus módulos tanto a geração do plano mestre quanto a programação da produção. Ele ainda possibilita a integração com sistemas de coleta de dados e de ERP. A tabela 5.1 apresenta as principais características técnicas do software Scheduler.

Tabela 5.1 – Características técnicas - Scheduler

<i>Características</i>	
<i>Servidor:</i>	
Windows 2K/XP ou 2003	
Pentium III 700/superior/128MB RAM	
Web Services: <SOAP><XML>	
<i>Banco de Dados:</i>	
MSDE, Microsoft SQL Server 7.0+, Oracle 7.3+	
<i>Cliente:</i>	
Windows 98/ME/2K/XP	
Microsoft Framework.net	
Pentium II 400/128MB RAM	
<i>Gerais:</i>	
Modelagem em VBScript. Não requer linguagem proprietária. As regras específicas de cada empresa são criadas em scripts.	
Integração com coletores de dados	
<i>Relatórios:</i>	
Crystal Reports	

A solução matemática adotada pelo Scheduler é baseada no conceito de simulação, também chamado de *event-based* e restrição da produção através da utilização de regras.

A figura 5.6 apresenta uma representação esquemática de como as filas são tratadas pelo algoritmo, onde t é o tempo de simulação, F são as filas de trabalhos e R os recursos produtivos.

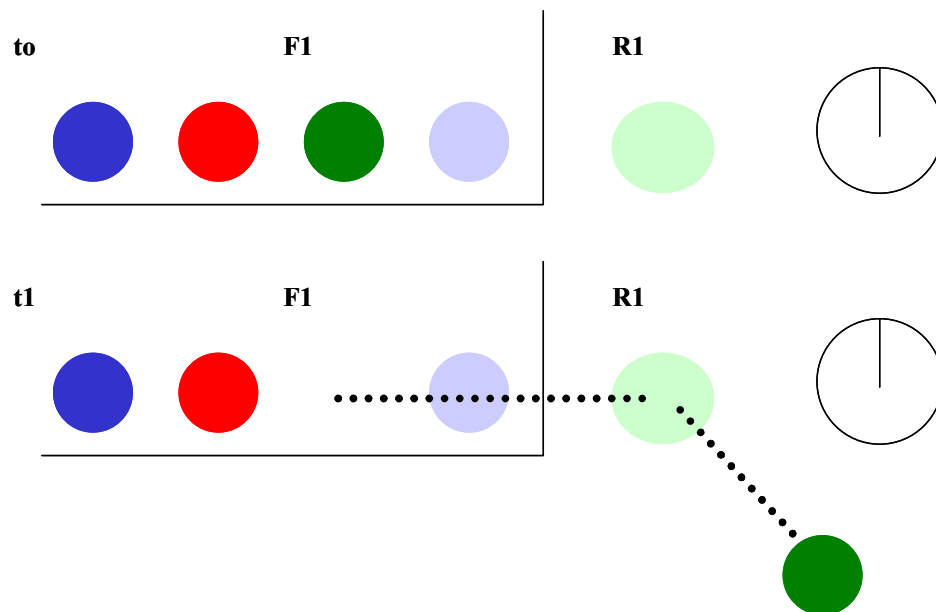


Figura 5.6 – Algoritmo de simulação de filas do Scheduler

Como a figura 5.6 mostra, um trabalho pode ser retirado da fila de espera, apesar de não ser o próximo na fila de execução. Esta escolha do trabalho a ser seqüenciado é feita através de uma série de regras entre as quais podem ser citadas (Seed, 2004, www.seed.com.br):

- ✎ Menor tempo de processo;
- ✎ Primeiro a entrar primeiro a sair;
- ✎ Minimizar setup;
- ✎ Menor folga;
- ✎ Data mais cedo para entrega;
- ✎ Prioridade de cliente ou pedido; e
- ✎ Data de embarque.

O desempate das ordens e conseqüente seqüenciamento obedece ao cálculo:

<p>Regra = peso*função Indicador = Σregras Ordem escolhida = MAX (Indicador)</p>

Na primeira equação acima, as funções correspondem a atributos como: clientes externos ou internos, clientes grandes ou pequenos e tamanhos de lote; são atribuídos pesos que representam sua maior ou menor prioridade de acordo com a política da empresa.

Como vários atributos podem ser relacionados a um mesmo pedido, é criada uma variável “indicador”, que faz a soma de todas as regras disparadas pelo mesmo. Ao final, as ordens serão priorizadas para planejamento em ordem direta de grandeza dos indicadores.

O sistema ainda é capaz de procurar pela melhor alternativa (chamada pelo fabricante de otimização). Para isto utiliza-se de algoritmos híbridos que são baseados em algoritmos genéticos¹³.

O Scheduler tem um papel importante na confecção do plano mestre de produção da empresa A. Ao receber as ordens de vendas e previsões do SAP R/3 o sistema faz uma leitura da ordem e um primeiro agrupamento por modelo de compressor, gerando, desta forma, um PMP baseado nas restrições produtivas para cada modelo final e data de entrega, entre outros critérios já apresentados no item 5.1.2. A figura 5.7 apresenta os grupos de recursos disponíveis por produto (unidade 1), enquanto a figura 5.8 apresenta o módulo de calendários ou módulo de turnos de trabalho por produto.

¹³ Nos clientes que possuem atualmente o Scheduler a opção de otimização através de algoritmos genéticos está disponível, mas não está sendo utilizada.

The screenshot shows the 'SEED Scheduler 1.2 - Sistema de Planejamento - [Resource Groups]' window. It features a menu bar with 'Arquivos', 'Editar', 'Visualizar', 'Scripts', 'Relatórios', 'Janelas', and 'Ajudar'. Below the menu is a toolbar with icons for file operations and a 'SQL' button. There are input fields for 'Filtro:' and 'Ordenar:'. The main area contains a table with the following data:

	ResourceGrc	ResourceGrc	DateTime	UserID
	1	EM1	01/09/01	dbo
	2	EM12	01/09/01	dbo
	3	EM123	01/09/01	dbo
	4	EM13	01/09/01	dbo
	5	EM2	01/09/01	dbo
	6	EM23	01/09/01	dbo
	7	EM3	01/09/01	dbo
	8	PW1	01/09/01	dbo
	9	FF1	01/09/01	dbo
	10	FF2	01/09/01	dbo
	11	FF12	01/09/01	dbo
	12	EG1	01/09/01	dbo
	13	RL1	01/09/01	dbo
	14	TP1	01/09/01	dbo
	15	EG2	01/09/01	dbo
	16	EG12	01/09/01	dbo
	17	UC1	01/09/01	dbo

Figura 5.7 – Grupos de recursos (unidade 1)

The screenshot shows the 'Calendars' module in SEED Scheduler 1.2. It has a menu bar with 'Calendars' and a toolbar with a 'SQL' button. There are input fields for 'Filtro:' and 'Ordenar:'. The main area contains a table with the following data:

	CalendarID	Calendar	DateTime	UserID
	1	Padrão	16/01/03 14	dbo
	2	EM1	16/01/03 14	dbo
	3	EM2	16/01/03 14	dbo
	4	EM3	16/01/03 14	dbo
	5	Pw1	16/01/03 14	dbo
	6	FF1	16/01/03 14	dbo
	7	FF2	16/01/03 14	dbo
	8	EG1	16/01/03 14	dbo
	9	RL1	16/01/03 14	dbo
	10	TP1	16/01/03 14	dbo
	11	UC1	16/01/03 14	dbo
	12	CXLIGPWFF	16/01/03 14	dbo
	13	ESP L.A.	16/01/03 14	dbo
	14	ESPFGT/CA	16/01/03 14	dbo
	15	FF-FGS/W	16/01/03 14	dbo
	16	LAMINA C	16/01/03 14	dbo

Figura 5.8 – Módulo de calendários do Scheduler

Já a figura 5.9 apresenta a tela do gráfico de Gantt (unidade 1), onde são enumeradas as ordens por componentes, o código do material a ser utilizado, as quantidades, as datas de início e término previstas, a data real de término da ordem e o status atual (liberada, programada ou não programada).

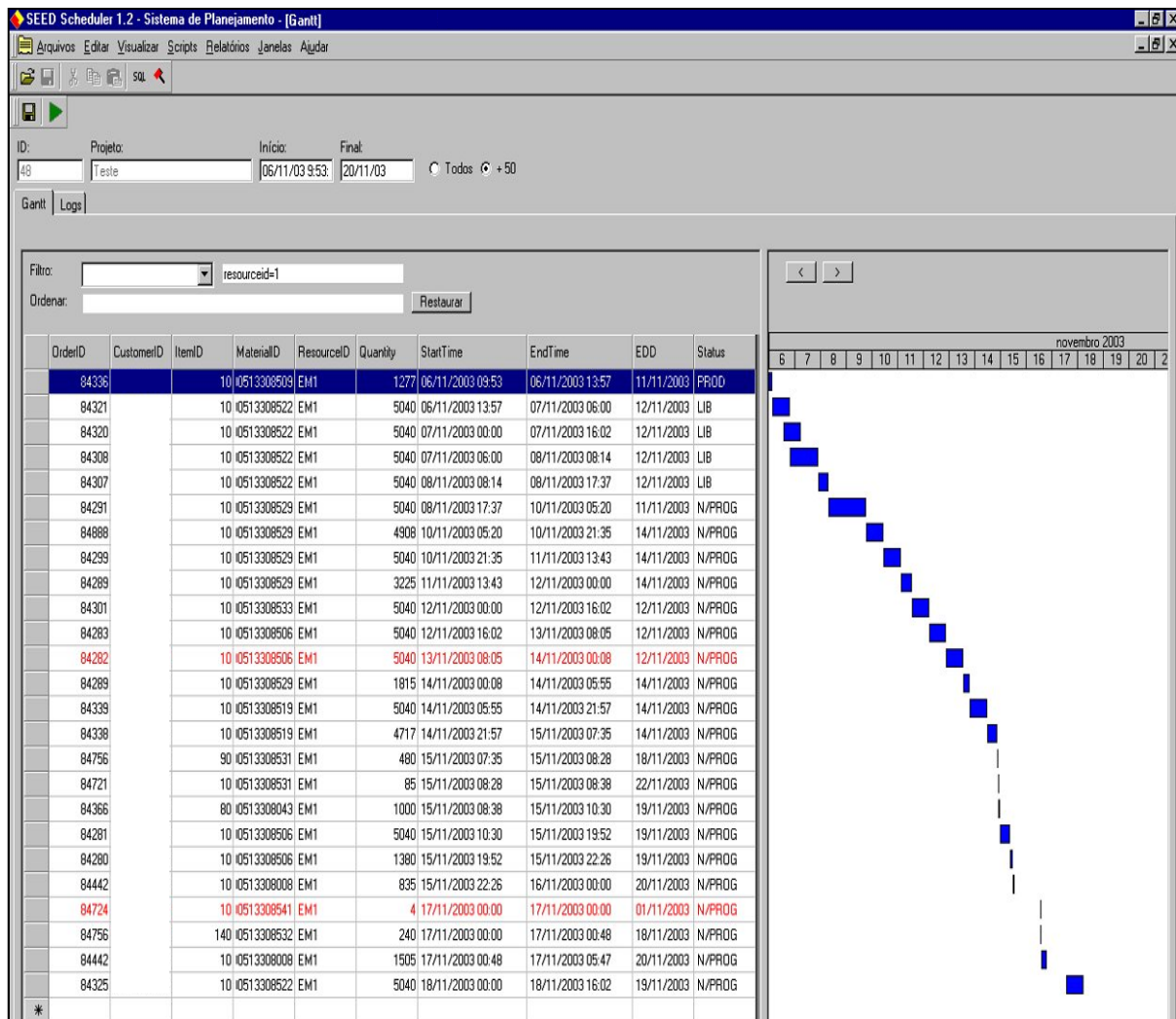


Figura 5.9 – Ordens x gráfico de Gantt

Depois de confeccionado, este PMP será enviado para o módulo PP – Planejamento de Produção do SAP R/3 do qual faz parte o MRP integrado da empresa.

5.1.3.3 MRP

Como dito anteriormente, o MRP faz parte da solução integrada do SAP R/3 pertencendo ao módulo PP – Planejamento de produção. A figura 5.10 apresenta os módulos que compõem a logística integrada do SAP R/3 e assinala as funções não utilizadas pela empresa A.

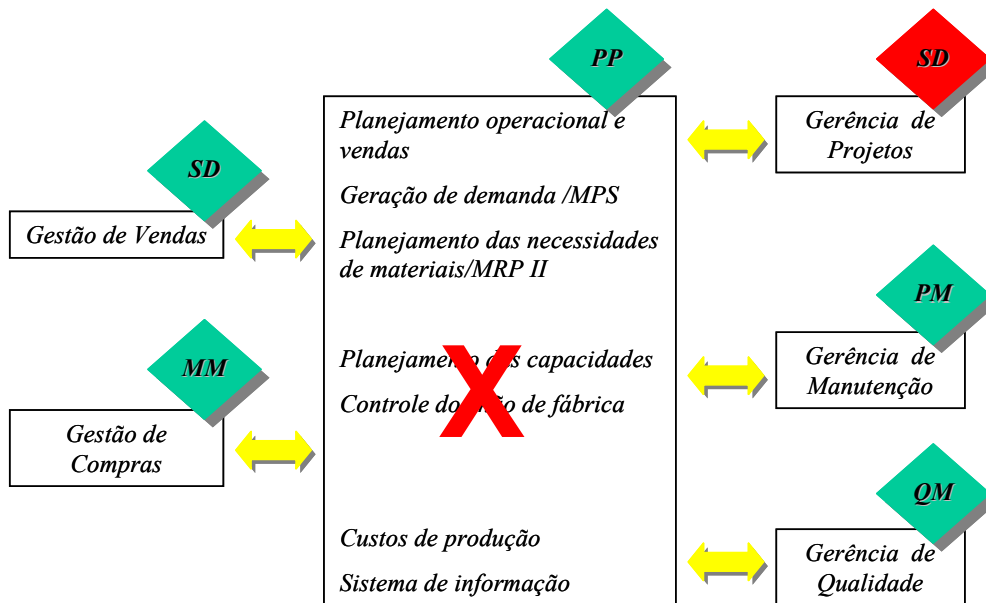


Figura 5.10 – Logística integrada SAP R/3 (SAP Brasil, 2000)

O MRP tem como principais funções:

- ✎ Gerar a explosão discreta da lista de materiais;
- ✎ Atrelar os custos às ordens através da análise dos fornecedores, vindas da lista de materiais e fornecedores; e
- ✎ Gerar as ordens de compra e necessidade de matéria-prima.

Cada um dos programadores de material utiliza esta análise feita pelo MRP para evitar que flutuações de demanda em determinados componentes críticos possam vir a tornar-se um problema futuro para a empresa. Isto é evitado através do desenvolvimento e acompanhamento contínuo de fornecedores.

Tendo sido vistos os sistemas que compõem o nível tático da função produção na empresa e caracterizados seu sistema produtivo e os passos que compõem seu PMP, pode ser feita agora uma análise dos pontos fracos e fortes do mesmo.

5.1.4 Análise do planejamento tático da manufatura na empresa A

A forma como a empresa A executa seu plano mestre da produção apresenta algumas características que podem ser analisadas como descrito a seguir.

Como pontos fortes podem ser considerados:

- a) A troca de um sistema MRP II na análise da capacidade produtiva por um sistema baseado em capacidade finita promove uma maior acuracidade no PMP,

- o que resulta em melhor controle na compra e em menores estoques de matéria-prima e componentes;
- b) Restrições atreladas aos componentes (em cascata) fazem com que o cálculo da capacidade produtiva reflita as necessidades dos produtos finais, sem ignorar as restrições da fábrica e ainda permite que estas restrições sejam tratadas dinamicamente, uma vez que para cada componente pode haver diferentes recursos restritivos. Isto resulta em um maior controle de prazos de entrega e evita que o sistema se sobrecarregue com pedidos que não poderão ser manufaturados, aumentando a velocidade de processamento do PMP;
 - c) A base do banco de dados utilizado pelo Scheduler está inserida no sistema SAP R/3 da empresa, o que agiliza a velocidade de processamento (atualmente um PMP é gerado em torno de 5 minutos); e
 - d) A não reprogramação de atrasos, decorrente do respeito aos 10 dias firmes previstos no PMP, evita que a programação da produção fique mudando constantemente, fazendo com que a produção tenha poucas intervenções externas (como pressões de vendas, clientes, etc...).

Já como pontos fracos, podem ser feitas as seguintes considerações:

- a) O PMP não leva em conta a capacidade atual da expedição, podendo gerar problemas, pois modelos diferenciados ou com exigências específicas por parte dos clientes¹⁴ podem demorar mais para serem embalados e expedidos, resultando num aumento na média de dias prevista, podendo gerar estoques de produtos acabados;
- b) Apesar de respeitar o PMP, a fábrica de relés unidade 3 não está sendo programada com restrições de capacidade reais, o que muitas vezes resulta em problemas para atender a demanda requerida, exigindo horas extras e gastos adicionais;
- c) A liberação de crédito do cliente pode ser alterada no período de 10 dias (período firme do PMP) e a produção pode estar manufaturando algo que não será entregue até que a questão seja regularizada, além de poder gerar estoques de produtos finais, o que hoje é evitado através de uma nova verificação do crédito antes do seqüenciamento no chão de fábrica, ou seja, está ocorrendo uma duplicidade de trabalho ao verificar-se duas vezes o mesmo dado; e

¹⁴ Exigências como a inclusão de amortecedores de borracha já montados, relés montados ou não, compressor com óleo ou seco.

5.1.5 Planejamento operacional da produção – Programação da produção

A estrutura de programação controle da manufatura da empresa A será exemplificada a partir de uma de suas unidades fabris. Isto é necessário, pois nem todas as unidades possuem a mesma configuração de sistemas. A unidade 1 está situada em SC, e é encarregada da fabricação de 2 famílias de compressores.

Ela foi totalmente projetada para atender ao produto, possui um arranjo físico misto composto por células e linhas. Davis, Aquilano e Chase (2001, p.265) definem que parte deste modelo se justifica, pois:

Um leiaute por produto (também chamado de leiaute de fluxo) é aquele no qual processos de trabalho ou de equipamento estão dispostos de acordo com etapas progressivas pelas quais o produto é feito. [...] Isso é geralmente chamado de linha de produção ou linha de montagem.

A unidade 1 possui uma capacidade produtiva de 6,8 milhões de compressores por ano e seu principal produto possui em torno de 180 variações possíveis dependendo de sua aplicação. A figura 5.11 mostra as principais dimensões de uma das famílias de produtos da unidade 1.

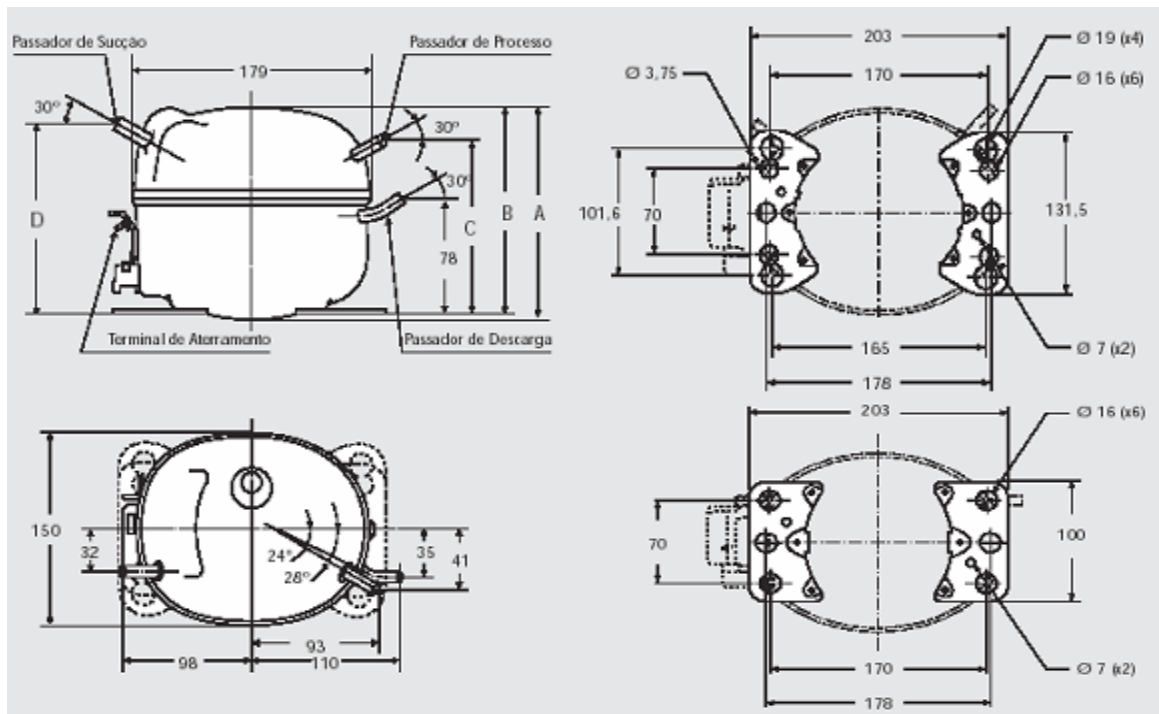


Figura 5.11 – Principais dimensões de uma família de produtos da unidade 1

5.1.5.1 Estrutura da produção – Unidade 1

Como citado no item 5.1.2, a empresa A não trabalha com lotes mínimos no PMP, preocupando-se até este ponto somente com um primeiro agrupamento dos pedidos, para então, na programação de produção na unidade 1, ser feito um novo agrupamento que deve respeitar o nível de automatização das linhas¹⁵. Conforme aumenta o nível de automatização da linha menor é a sua flexibilidade. Uma linha automatizada apresenta problemas de troca de modelos, o que somente pode ser efetuado após a saída do último compressor na última estação que compõe a linha. O tamanho do agrupamento ou lote mínimo é igual ao número de compressores que podem estar dentro da linha ao mesmo tempo, contando da primeira à última estação que a compõem sem troca de produto. Já em uma linha intercalada por estações não automatizadas, compostas por mão de obra humana, a troca de modelos se dá de forma natural, podendo haver mais de um modelo na linha ao mesmo tempo. Desta forma as 4 linhas de montagem que compõem a unidade 1 têm lotes mínimos de tamanho variável conforme o tamanho da fila necessária para a troca de produtos.

Além da questão do lote mínimo, o maior recurso restritivo da fábrica está na célula de usinagem, que necessita de um turno a mais por semana a fim de criar um pequeno estoque intermediário para atender a demanda das linhas de montagem.

O PMP, como visto anteriormente, possui 10 dias firmes, porém este prazo não reflete as possíveis alterações da realidade no chão de fábrica. Em função disto, o planejador possui 2 dias móveis na programação da produção (já com matéria-prima disponível) para administrar eventuais distúrbios de última hora. Problemas como a falta de visibilidade da capacidade de embalagem e expedição, além de eventuais alterações no crédito do cliente são tratados na programação final das linhas de montagem.

A programação da produção na unidade 1 tem como restrição também o tempo de *setup* das linhas, além de incluir os períodos de manutenção preventiva e preditiva. Então como principais entradas para esta programação são necessários:

- a) Plano mestre de produção;
- b) Variações do chão de fábrica (quebra de máquinas, falta de matéria-prima);
- c) Capacidade de expedição (exigências especiais do cliente);
- d) Análise de crédito (nova verificação antes da abertura da ordem para a manufatura do pedido);
- e) Tempos de *setup*; e
- f) Restrições dos recursos produtivos.

¹⁵ A unidade 1 é composta por 3 linhas de montagem automatizadas e uma linha semi-automatizada.

A figura 5.12 apresenta as entradas esperadas para a programação da produção.

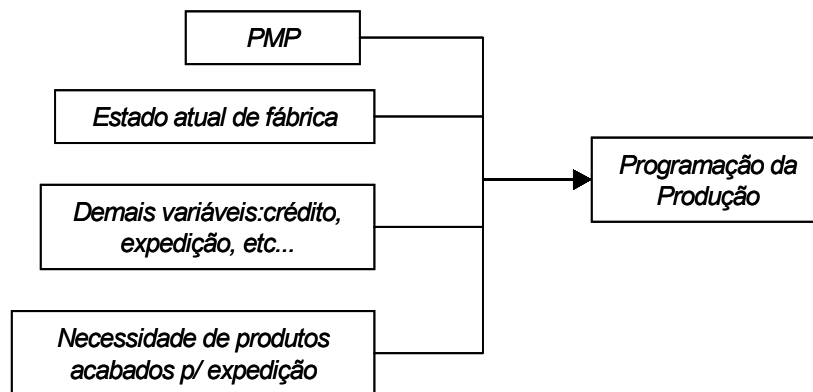


Figura 5.12 – Entradas esperadas para a programação da produção

Para compor a estrutura de sistemas de administração do nível operacional, a empresa A optou novamente por um sistema híbrido composto pela configuração MES+APS, que será visto a seguir.

5.1.6 Estrutura dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional

A estrutura dos sistemas de administração da unidade 1 é composta por três softwares. Um deles é o sistema de execução e controle de fábrica – MES (S3 da Harbor), responsável pela importação das ordens de produção vindas do PMP, captura de apontamentos das linhas, abertura e fechamento de ordens, contagem de peças de uma ordem, monitoramento de status dos recursos e geração de relatórios de produtividade; outro sistema é o FCS (FI-2 da iDS Scheer), que age como interface entre o sistema S3 e o seqüenciador, contendo os calendários de trabalhos e exceções e trata cada uma das linhas de produção como recurso.

Devido ao número de variáveis a serem controladas no chão de fábrica antes e durante a execução do programa de produção, a empresa, que já possuía um sistema que auxiliava na abertura e fechamento de ordens (FI-2), implantou em 2001, em caráter experimental, este novo módulo do Scheduler que tem como objetivo a programação da produção das linhas de montagem levando em consideração todas as variáveis já citadas através de regras, utilizando basicamente a mesma solução matemática do Scheduler da administração da manufatura.

Inicialmente a implantação cobria somente uma família de produtos, porém, com o sucesso desta implantação, o sistema foi estendido às demais famílias de produtos, liberando desta forma o tempo dos planejadores para busca de novas soluções de planejamento e programação, automatizando um serviço lento, cansativo e com grandes possibilidades de falha humana.

A figura 5.13 apresenta o esquema básico dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional. Nesta figura as setas indicam o caminho percorrido pelas informações (dados) entre os sistemas. A troca pode ser unilateral ou em ambos os sentidos, já a seta com uma interrupção (em vermelho) indica a falta de interface para troca de informações entre os sistemas envolvidos.

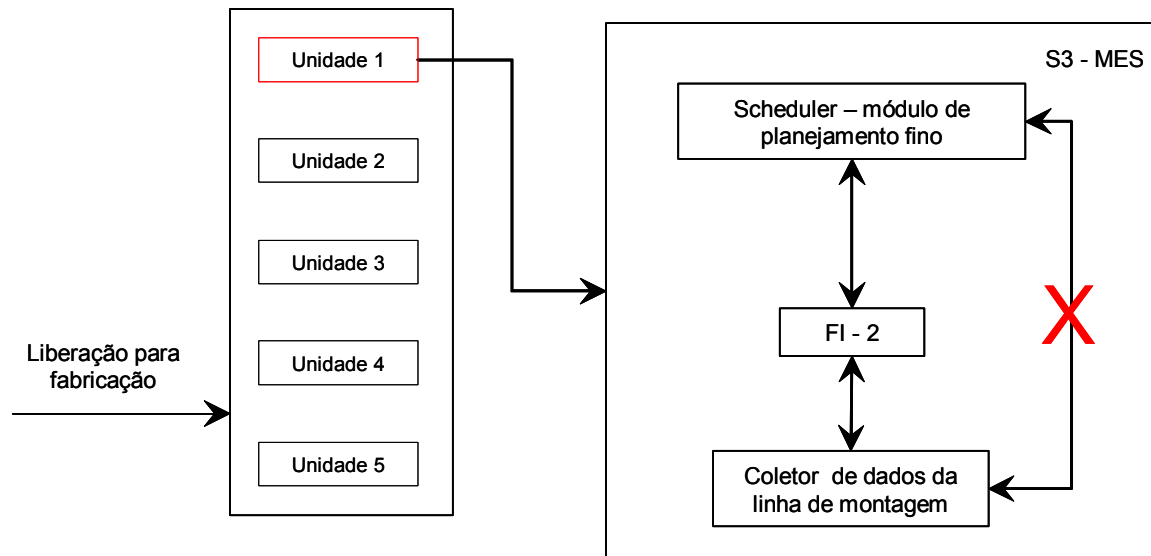


Figura 5.13 – Esquema geral dos sistemas de programação da manufatura – Unidade 1

A seguir serão vistos com mais detalhes cada um dos sistemas que compõem o nível operacional da unidade 1.

5.1.6.1 Sistema de Informação Industrial S3¹⁶

O S3 - Sistema de Informação Industrial é uma evolução do SII desenvolvido pela própria empresa A. Com a entrada do SAP R/3 em 1998, a evolução do hardware e surgimento de novas necessidades, a empresa HARBOR Informática Industrial assumiu a responsabilidade pela ampliação e suporte do SII, que ao agregar novas funções passou a se chamar S3. Este sistema continua sendo de uso e desenvolvimento exclusivos da empresa A e é classificado como um MES – sistema de execução da manufatura.

O sistema tem como principais funções:

- a) Controle de ordens de produção e recursos produtivos;
- b) Coleta de dados de produção, manutenção e qualidade; e
- c) Análises gerenciais de desempenho.

¹⁶ Todos os dados relativos ao sistema S3 foram cedidos pela empresa A e pela empresa HARBOR Sistemas Industriais, baseados em seu sistema comercial MESi.

O sistema é composto pelos seguintes módulos:

- a) Alocação de Recursos - o usuário no chão-de-fábrica recebe um programa de produção específico para cada recurso produtivo. Além de informações relevantes para a execução de cada ordem de produção também são disponibilizados outros dados tais como: quantidade, hora de início, duração planejada e instruções da operação. Através da janela de programa de produção são feitos apontamentos manuais de início e interrupção de preparação do centro de trabalho, quantidades produzidas e retrabalhos, entre outras;
- b) Coleta automática de dados - informa constantemente a quantidade faltante para a conclusão da ordem de produção em cada centro de trabalho; e
- c) Análise de desempenho – disponibiliza ao usuário relatórios com índices de produtividade, estoques, paradas, etc.

O sistema trabalha com Windows 98, NT, ME ou 2000, usa banco de dados Oracle 8 ou Microsoft SQL Server, rodando na plataforma padrão da empresa. A figura 5.14 apresenta uma visão geral do software.

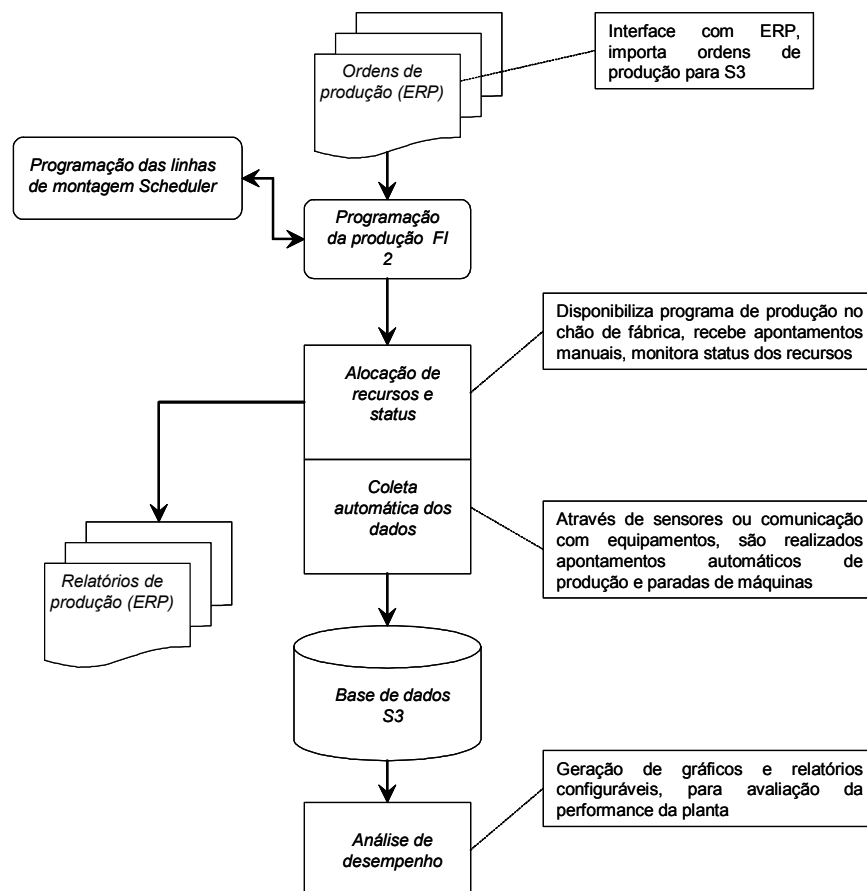


Figura 5.14 - Esquema geral dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional da unidade 1 (adaptado de Harbor)

5.1.6.2 Leitstand FI -2

A empresa IDS Scheer, desenvolvedora original do sistema FI-2 Leitstand, foi fundada no ano de 1984 como uma empresa subsidiária da Universidade de Saarbrücken, pelo professor August-Wilhelm Scheer. Em 1999 tornou-se uma companhia de capital aberto e desenvolveu uma rede de subsidiárias presentes em mais de 50 países.

O sistema pode ser usado *stand-alone* ou integrado como um componente de um sistema de planejamento e controle da produção. É composto pelos seguintes módulos:

- a) Interfaces para o sistema de planejamento da empresa e/ou de coleta de dados;
- b) Seqüenciamento automático e carregamento de máquinas;
- c) Seqüenciamento manual;
- d) Gráficos;
- e) Estatística; e
- f) Liberação de ordens.

A tabela 5.2 apresenta as principais características técnicas do sistema FI-2 da iDS Scheer.

Tabela 5.2 - Características técnicas do sistema FI-2

<i>Características</i>
Plataforma UNIX
Linguagem de programação C
Banco de dados Microsoft SQL Server
Windows

Na empresa A, mais especificamente na unidade 1, a utilização do FI-2 se restringe aos calendários de trabalho. Além disto, o sistema serve de interface entre o Scheduler e o S3, como será apresentado no item 5.1.6.3.

5.1.6.3 Scheduler – módulo de planejamento fino

O módulo de planejamento fino do software Scheduler tem como objetivo o seqüenciamento das ordens planejadas levando em consideração os dados reais e mais atualizados possíveis dentro do seu limite de atuação de 2 dias. Como visto no item 5.1.5, a execução da programação da fábrica depende do controle simultâneo de vários fatores, o que pode vir a gerar erros humanos a partir do momento em que um destes itens seja desconsiderado ou considerado erroneamente. Até 2001 este processo era auxiliado exclusivamente pelo sistema FI-2 da iDS Scheer, porém, ao se tentar incluir novas funcionalidades o sistema

apresentou alto grau de dificuldade de programação, além do fato de ser um sistema descontinuado já que hoje o FI-2 integra o SAP R/3 como módulo APO (*Advanced Planner and Optimizer*). Como o Scheduler já vinha sendo utilizado com sucesso para a execução do PMP, optou-se por uma solução integrada. Apesar do software apresentar boa aceitação e resolução, por uma decisão de política interna o FI-2 ainda faz parte da solução integrada da gestão da manufatura na empresa A. Para uma melhor compreensão, a figura 5.15 apresenta as entradas e saídas entre os diversos sistemas integrados que compõem a solução para a administração da manufatura na fábrica estudada.

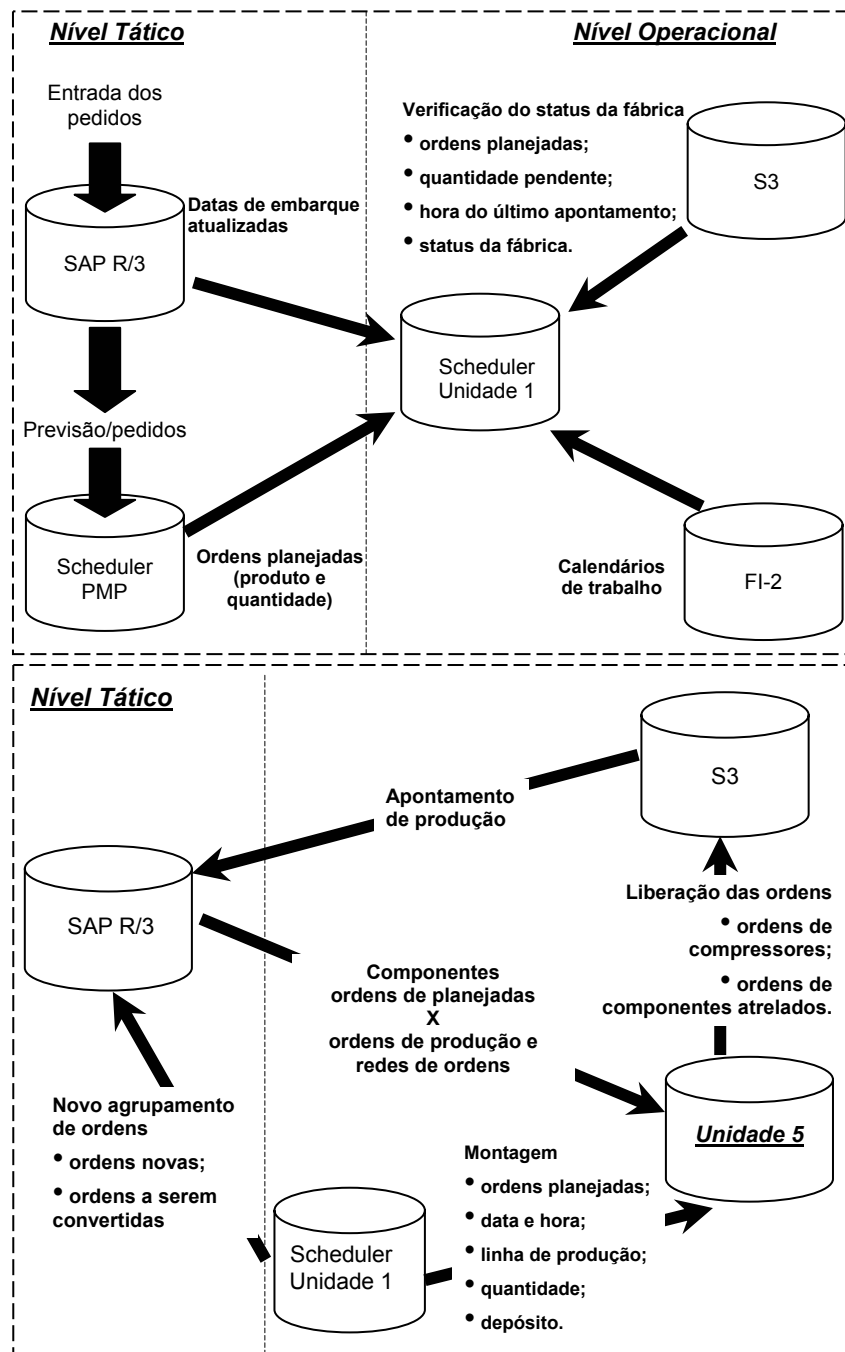


Figura 5.15 – Entradas e saídas esperadas na programação do chão de fábrica (adaptado de empresa A)

A integração dos sistemas para gerar a programação da produção tem como finalidade principal gerar um planejamento mais realista, considerando dados reais de produção, tanto em quantidade como em tempo. Para que isto ocorra o módulo de planejamento fino do Scheduler receberá informações atualizadas através de um visualizador (view) do S3, que considera a data/hora do último apontamento realizado. Também recebe do FI-2 os calendários de tempos planejados, informações de prioridades de embarque do SAP R/3 e as ordens planejadas¹⁷ do Scheduler. Com base nestas informações e nas restrições de fábrica o sistema buscará a otimização da seqüência de produção para um período de 10 dias à frente, lembrando que dos 10 dias otimizados, a unidade 1 só tem liberdade de alteração de 2 dias (como explicado no item 5.1.5.1.).

Observa-se ainda, na figura 5.17, que o módulo de planejamento fino do Scheduler não está integrado ao S3 para o retorno das informações, o que é feito via FI-2. Após a liberação no FI-2 as ordens ficam disponíveis no S3, quando um operador inicia uma destas ordens, o S3 inicia a contagem de peças e aponta a produção em tempo real para o SAP R/3. Isto ocorre devido a um problema de interface entre os softwares S3 e Scheduler, o que não foi alterado por decisão estratégica da empresa.

A seguir será feita uma análise crítica do uso dos sistemas de gestão da manufatura na unidade 1.

5.1.7 Análise do planejamento operacional da manufatura – Unidade 1

A seguir serão apresentados alguns dos pontos fortes e fracos do planejamento operacional da manufatura da empresa A, especificamente na unidade 1.

Pontos fortes:

- a) Controle sobre a capacidade de embalagem e expedição evitando estoques de produtos finais;
- b) Controle sobre a análise de crédito do cliente, evitando que sejam manufaturados produtos que não serão entregues na data prevista. O tempo ganho neste caso faz com que outros pedidos possam ser adiantados ou encaixados na programação, além de evitar estoques de produtos finais;
- c) Restrições tratadas dinamicamente em cascata (conforme visto no PMP) evita estoques intermediários de componentes;

¹⁷ Para uma melhor compreensão do modelo da empresa A, é importante citar algumas definições dadas pela empresa. Ordem planejada – é uma ordem que contém quantidade, data e modelo de compressor a produzir. As ordens planejadas são custeadas e gera-se então a rede de ordens, que é a explosão dos componentes necessários para a fabricação de um compressor. Rede de ordens – é composta por ordens de componentes atreladas a uma ordem de compressor.

- d) Controle sobre o nível de estoque de segurança necessário (criado pela célula de usinagem para atender a demanda de montagem). Isto é feito através da programação de um pequeno estoque intermediário de componentes padrões usinados;
- e) Análise dos melhores dias para manutenção preventiva e preditiva e criação de estoques intermediários para atender as linhas de montagem durante estas paradas; e
- f) Consideração dos tempos de setup.

Pontos fracos:

- a) Em sua maioria estão relacionados a problemas de interface entre os sistemas e serão abordados no item 5.1.9.

5.1.8 Histórico de implantação de sistemas de administração da manufatura na empresa A

No início da década de 1990 sentiu-se a necessidade de começar a programar a produção de modo que esta fosse focada no cliente, conforme reestruturação política da empresa. Isto exigia que a programação da produção e a área de vendas trabalhassem em conjunto para conciliar demanda, datas de entrega e capacidade produtiva.

O escopo original da idéia buscava agilizar a programação da produção, diminuindo o *lead time* de planejamento para um período entre 7-15 dias. Na busca desta meta foram levadas em consideração algumas tentativas de controle da produção em empresas como a Gessy-Lever, Gerdau, Piratini, entre outras. Porém, como na época estas empresas trabalhavam com cartões perfurados, o que não era exatamente o que a empresa A desejava como solução, estas experiências não foram adiante.

Estava claro para a equipe encarregada da implantação que, como o departamento de ferramentaria já utilizava uma programação que respeitava a capacidade produtiva, esta restrição da empresa não poderia ser ignorada na programação da produção como um todo, ou seja, quando estendidos aos demais setores da fábrica através do planejamento mestre da produção. A seguir é apresentado um breve histórico da evolução dos sistemas na empresa.

1990 – iniciam as buscas por um sistema de planejamento e programação da produção;

1993 – iniciou-se a implantação de um sistema de programação da produção com capacidade finita, SPP – Sistema de Planejamento da Produção, a ser utilizado na confecção do

PMP. O sistema foi desenvolvido em parceria com a UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina;

1995 – implantação do FI-2 com a finalidade de auxiliar no planejamento fino da produção;

1997 – o sistema SPP não atendia mais as necessidades da empresa A que agora desejava um sistema de confecção do PMP com o objetivo de processar restrições e prioridades para definir o mix de produção minimizando o impacto no cumprimento de prazos para clientes e maximizando os recursos de produção.

Vários pontos fracos levaram à descontinuidade do SPP: ele era monousuário, sua base ainda era o DOS e como principal limitação havia um limite no número de códigos (isto é, número de dígitos utilizados para a identificação das diversas famílias de produtos), que poderiam ser inseridos. Foi iniciada uma nova fase de desenvolvimento com a decisão de substituição do SPP pelo Scheduler;

1998 – implantação do SAP R/3 e troca do MRP produzido pela IBM pelo módulo MRP integrado à solução SAP. Com a entrada do SAP R/3, evolução do hardware e surgimento de novas necessidades houve a ampliação SII – Sistema de Informação Industrial, um sistema MES, que ao agregar novas funções passou a se chamar S3;

2001 – é implantado como projeto piloto na unidade 1 um novo módulo do Scheduler, responsável pelo planejamento fino da produção nas linhas de montagem;

2003 – o Scheduler é ampliado para as demais famílias de compressores produzidas pela unidade 1.

5.1.9 Análise crítica

Apesar da empresa A estar muito à frente de suas concorrentes e de outras empresas que utilizam sistemas para administração da manufatura, certos pontos devem ser citados não como críticas, mas sim como itens a serem melhorados para um melhor desempenho. Alguns dos pontos aqui levantados são resultados do simples fato da empresa A ser uma pioneira na utilização do conceito de capacidade finita para a execução do PMP.

- a) Na programação da produção a necessidade de dois seqüenciadores diferentes (FI-2 e Scheduler) é resultado de problemas de interface entre os softwares Scheduler – módulo de planejamento fino e S3. Caso os dois softwares fossem integrados, o software FI-2 poderia ser descontinuado, pois seu uso está simplesmente vinculado ao problema de interface entre os demais sistemas. Além disto, como qualquer sistema que exija várias trocas de dados, podem vir

a ocorrer perdas no meio do caminho, gerar atrasos e dificultar a análise se a solução encontrada para o seqüenciamento é de fato a melhor possível, prejudicando a visibilidade do sistema;

- b) O sistema Scheduler, apesar de atender de forma eficiente as exigências requeridas, é fornecido por uma pequena empresa, com suporte local, o que pode gerar problemas futuros tendo em vista que a empresa A é globalizada, buscando a integração de todas as suas plantas;
- c) O fato da unidade 3 não possuir um PMP que respeite suas restrições irá cada vez mais ser agravado com o aumento da demanda futura (planos de expansão da empresa).

5.1.10 Sugestões

- a) Apesar de problemas de interface entre diversos sistemas serem razoavelmente comuns, na empresa A observa-se o problema de comunicação entre os sistemas Scheduler e S3, faz com que o sistema FI-2 da iDS continue sendo necessário. Como este sistema já saiu de linha, isto dificulta o seu suporte (hoje atrelado a uma única empresa), além da sua falta de flexibilidade de programação que poderá acarretar problemas futuros. A empresa deveria considerar a migração para um módulo SAP equivalente (APO)¹⁸;
- b) A imigração para o módulo APO da SAP, que já é o sistema ERP da empresa, facilitaria também a implantação de um PMP com restrições na unidade 3. Este PMP poderia continuar sendo gerado pela matriz, mas agora atendendo às limitações específicas daquela unidade.
- c) A falta de visibilidade sobre a flutuação da capacidade da expedição no PMP poderia ser contornada e integrada a um dos sistemas da empresa como o ERP ou um sistema específico da expedição.

¹⁸ O módulo APO (Advanced Planner and Optimizer) é na realidade baseado no sistema FI-2. A mudança de nome ocorreu após sua integração na solução SAP/R3 em 1998.

5.2 Empresa B

A empresa B ocupa atualmente em SC, uma área de 319 mil m² onde 49 mil m² são de área construída e emprega em torno de 1200 funcionários.

Além de manter a sua liderança no segmento de compressores de ar alternativos de pistão e de diafragma, ela investiu na linha de compressores a parafuso e no segmento de componentes fundidos e usinados para o setor automotivo.

A figura 5.18 mostra um organograma simplificado da empresa B e suas respectivas divisões.

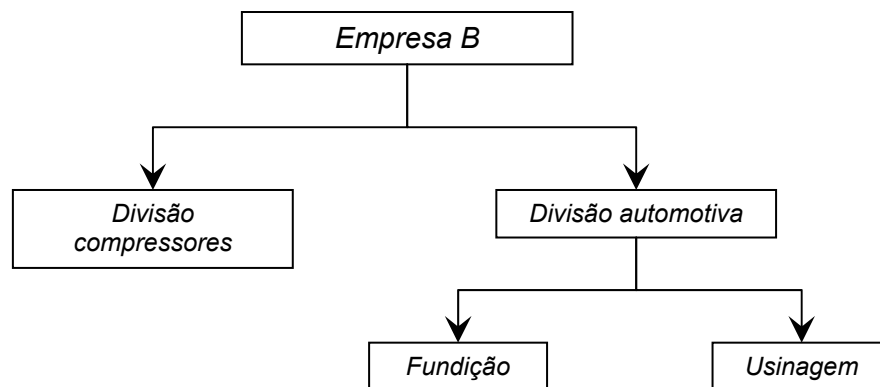


Figura 5.18 – Organograma simplificado da empresa B

Para este estudo de caso será dada especial ênfase à divisão compressores, onde já se encontra instalado e operacional todo o sistema de administração da manufatura.

5.2.1 Empresa B divisão compressores – estrutura da produção

A unidade de compressores da empresa B é responsável pela fabricação de 21000 unidades/mês com uma média de 800 itens de produtos finais. Ela possui um sistema produtivo discreto, repetitivo em lotes e com *layout* misto. Sua linha de produtos comporta compressores de ar, produzindo compressores alternativos de pistão, de diafragma e rotativos de parafuso. Ela trabalha basicamente no regime *make to stock* (aproximadamente 90% da produção), embora na linha de pistões rotativos exista uma grande procura por produtos especiais, que pode chegar a 20% da produção.

Além de compressores de ar a empresa B ainda possui uma linha de equipamentos e ferramentas de furação e aperto, como furadeiras de bancada e coluna e tornos de bancada e outra linha de acessórios que complementam sua linha principal de produtos. A tabela 5.5 apresenta os demais produtos da empresa.

Tabela 5.5 – Outras linhas de produtos da empresa B, divisão compressores

<i>Outros produtos</i>
Gabinete Acústico
Separador de Condensados
Torno de bancada (morsas)
Cabeçotes 1 Estágio
Cabeçotes 2 Estágios
Furadeira

Sua lista de materiais é composta por 3 níveis e um compressor pode chegar a 300 componentes. A figura 5.19 apresenta os níveis da lista de materiais.

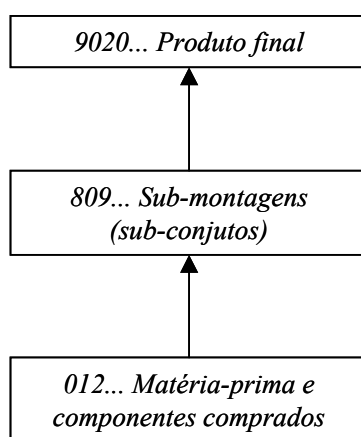


Figura 5.19 – Níveis da lista de materiais da empresa B divisão compressores

Seu *layout* interno, como citado anteriormente, é misto e dividido em mini-fábricas, que a empresa chama de malhas¹⁹. Esta divisão ocorreu para facilitar a identificação de restrições durante a implantação da Teoria das Restrições – TOC²⁰ na empresa B.

Algumas mini-fábricas trabalham com *layouts* específicos, é o caso de:

- Linha de compressores de ar - os componentes são comprados e dispostos ao lado da linha de montagem;
- Compressores rotativos, alternativos e de diafragma - as operações de corte, conformação, calandra e solda, são feitas internamente em outra malha e em seguida retornam à malha original para as operações de montagem, pintura, embalagem e expedição;
- Morsas (onde são feitos equipamentos e ferramentas de furação e aperto) - existe um *layout* celular, composto de células de usinagem, acabamento,

¹⁹ Define-se por malha um conjunto de operadores ou máquinas independentes das demais.

²⁰ A TOC foi empregada em todas as divisões da empresa B na década de 90 para sua reestruturação interna, daí provém o uso de alguns termos associados especificamente a esta teoria.

pintura, embalagem e expedição. A operação de montagem é composta por uma célula e uma linha; e

- d) Compressores alternativos de pistão, onde existem 4 linhas de montagem independentes.

A figura 5.20 apresenta uma malha de compressores, que corresponde à montagem de compressores de pistão.

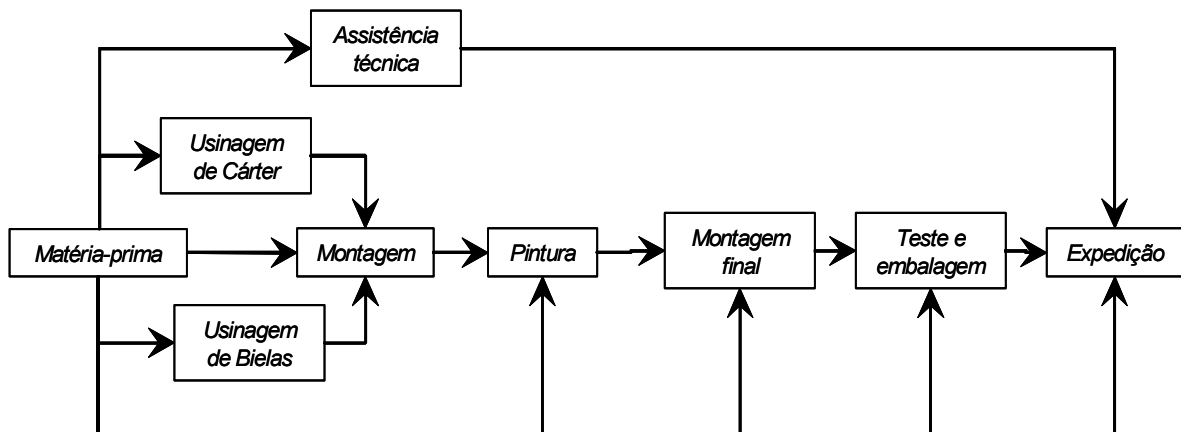


Figura 5.20 – Malha de montagem de compressores de pistão

Após esta breve introdução sobre a organização geral da empresa B, apresenta-se a seguir a estrutura do planejamento tático da produção.

5.2.1.1 Planejamento tático da produção e o plano-mestre de produção

O planejamento mestre da produção da divisão compressores é de responsabilidade do departamento de PCPM – Planejamento e Controle da Produção e Materiais, e tem como base a previsão de demanda, já que a empresa trabalha basicamente em um ambiente *make to stock* visando atender as suas vendas. Possui um período firme de 15 dias e um horizonte de planejamento que pode variar entre 45 e 60 dias. Tem como principais características:

- a) Agrupamento de ordens por data de pedido;
- b) Lotes econômicos por família de compressores (baseados na média de consumo); e
- c) Os fornecedores são tratados como restrições através de seu *lead time* de fornecimento.

A divisão de compressores trabalha com um *lead time* de entrega de 3 dias e com um *lead time* de fornecedores que pode variar de 3 a 45 dias²¹ nos fornecedores nacionais e de 90 a 120 dias nos internacionais.

5.2.1.2 Estrutura dos sistemas administração da manufatura no nível tático

A estrutura dos sistemas de administração da manufatura no nível tático na empresa B - divisão compressores é composta basicamente por um sistema ERP (software Magnus da Datasul), responsável pela integração de toda a planta e pela execução do planejamento mestre da produção. O PMP, como explicado anteriormente, tem como entrada a previsão de demanda realizada por vendas mais a carteira de pedidos e como saída uma análise de capacidade infinita (decorrente da forma de trabalho do ERP).

A figura 5.21 apresenta a estrutura dos sistemas de administração da manufatura no nível tático na empresa B.

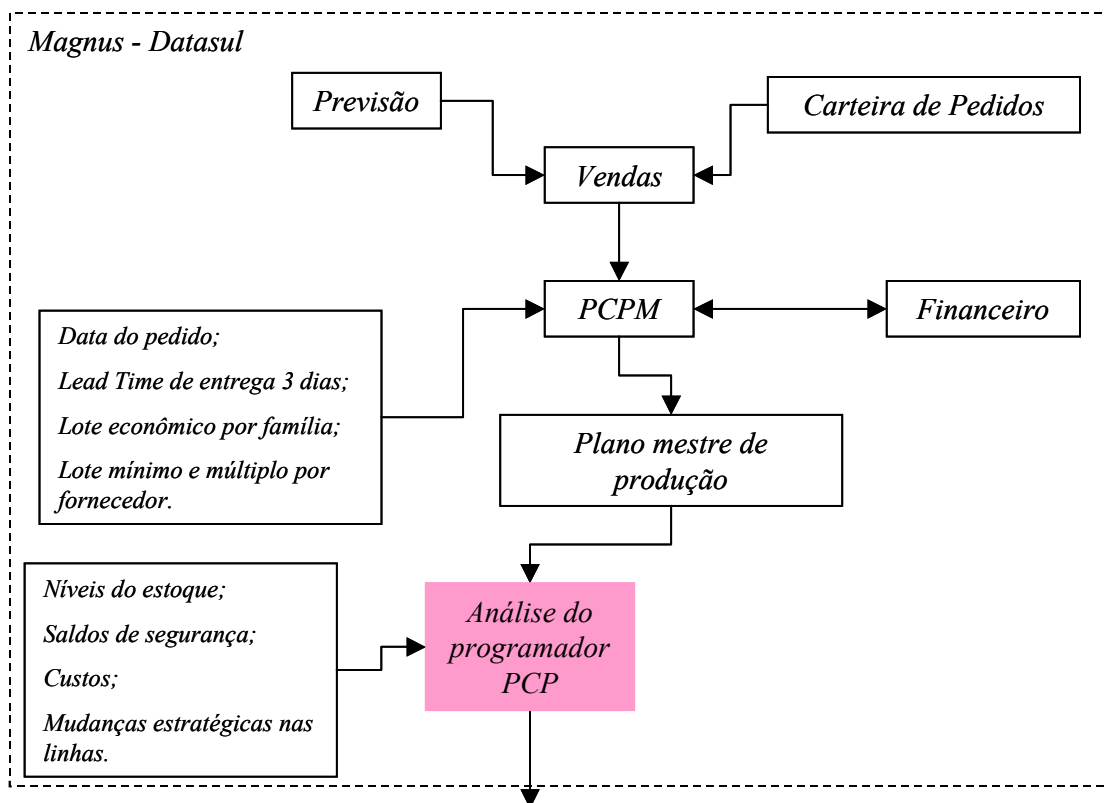


Figura 5.21 – Esquema geral dos sistemas de administração da manufatura (no nível tático) da empresa B divisão compressores

Após a geração do PMP é feita uma nova análise do mesmo pelos planejadores de programação da empresa. Isto se faz necessário porque até este momento vários fatores ainda

²¹ Entre os maiores prazos de fornecimento podem ser citadas as chapas, anéis de segmentos e rolamentos especiais.

não foram levados em consideração, tais como saldo dos estoques, estoques de segurança, prazos de segurança e quaisquer alterações estratégicas na linha de produção, que devem entrar na análise de viabilidade do PMP. Somente após este ajuste é que se dará o processamento pelo sistema de gestão da manufatura.

5.2.1.3 Análise do planejamento tático da manufatura – empresa B divisão compressores

A forma como a empresa B executa seu planejamento mestre da produção traz algumas desvantagens, entre as quais pode-se citar:

- ✎ O PMP é executado a partir do sistema ERP, o que resulta em um plano baseado em capacidade infinita. Não há acuracidade no controle de estoques, restrições e compras;
- ✎ A análise do PMP feita pelos planejadores da produção pode gerar diversos tipos de erros, sendo os mais freqüentes os erros humanos de transferência e verificação de dados; e
- ✎ A análise do PMP feita pelos planejadores da produção é morosa e tediosa, levando cerca de 1 dia para ser realizada.

5.2.2 Planejamento operacional da produção e a programação da produção

Devido à sua vocação cada vez maior de montadora e com os futuros investimentos neste sentido, a programação da produção tem como objetivo principal o controle de estoques. Sua rede de suprimentos é formada por aproximadamente 120 fornecedores, movimentando mais de 5000 itens e equivalendo aproximadamente a 40% do custo operacional total da empresa. Existe uma grande necessidade de precisão nos dados para efetuar as ordens de compra a fim de se evitar a criação de estoques intermediários ou de produtos finais. Ao mesmo tempo é preciso criar estoques de segurança para evitar que a falta de componentes comprometa a montagem e conseqüentemente a entrega de produtos finais.

A programação da produção é feita com um horizonte firme de 3 dias e tem como principais características:

- ✎ Respeitar a capacidade de fábrica, por restrição;
- ✎ Respeitar a matéria-prima em estoque a partir dos parâmetros decididos pelos planejadores na análise anterior; e
- ✎ Respeitar os *lead-times* de fornecedores.

Com estas principais entradas é feito o nivelamento da produção e são geradas as ordens de compra e produção a serem seguidas.

5.2.3 Estrutura dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional

A estrutura dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional da divisão de compressores é formada basicamente por um sistema APS (Drummer), que tem como principal função a liberação ou não do PMP gerado através da confrontação da demanda com a capacidade produtiva.

Além disto, o sistema efetua a criação das ordens de compras e o subsequente envio destas ao ERP e fornecedores, e as ordens de programação da produção que são enviadas para o chão de fábrica. A figura 5.22 apresenta o esquema básico dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional na empresa B - divisão de compressores.

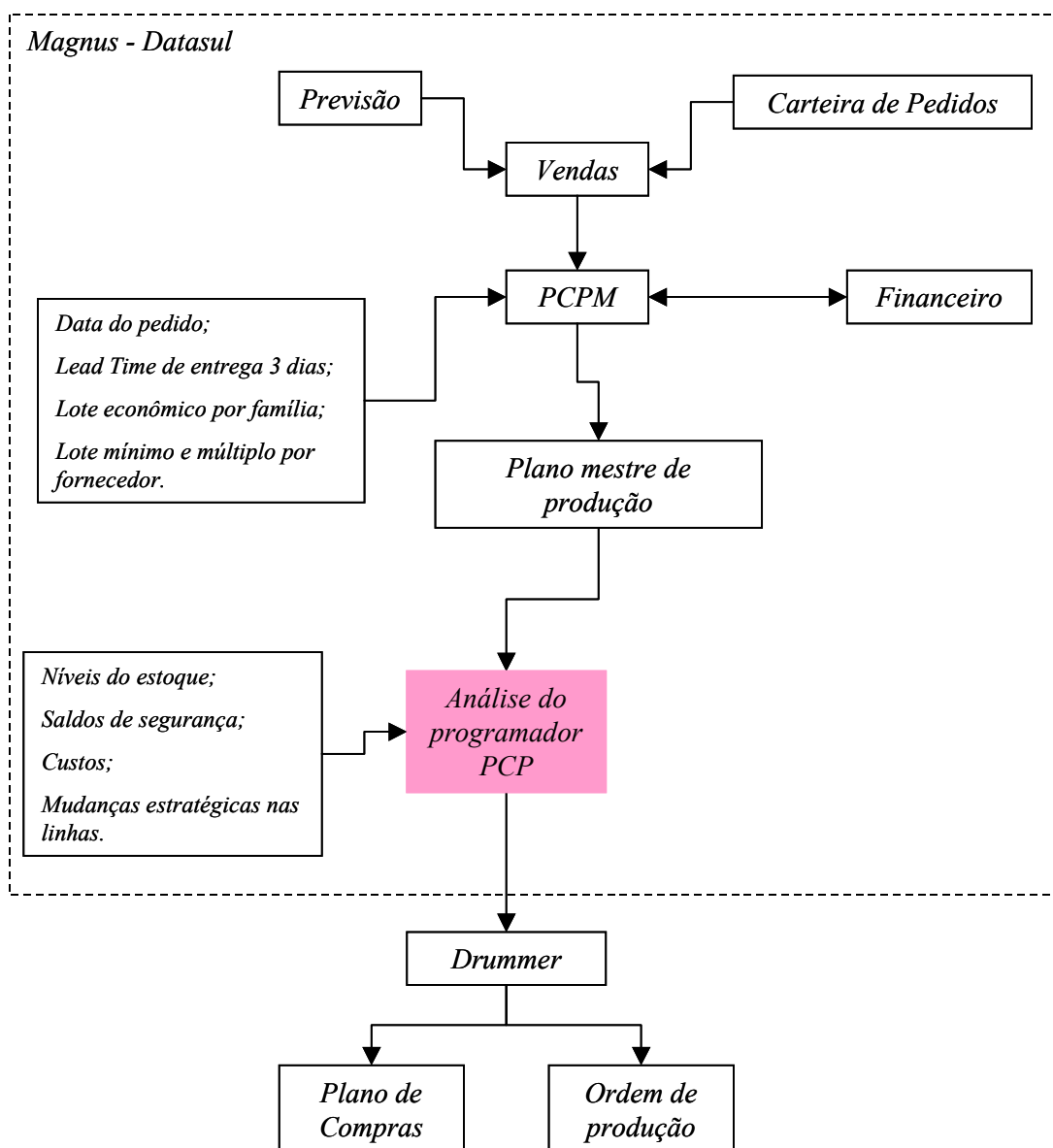


Figura 5.22 – Esquema geral dos sistemas dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional da empresa B divisão compressores

Para gerar uma ordem de compra que é composta basicamente pelos componentes e suas quantidades, o Drummer explode a estrutura do produto e considera os seguintes parâmetros dos fornecedores tabelados: lote mínimo e *lead time* de fornecimento.

Para a confecção das ordens de produção é gerado o volume de produtos (que é composto pela previsão de vendas + estoque de segurança da fábrica), que devem ser montados e a ocupação da fábrica²².

5.2.3.1 Drummer APS

Cornercializado pela Linter Sistemas Ltda (www.linter.com.br), este software baseia-se na abordagem *job-based*, trabalhando com o algoritmo Simplex estendido e com regras de prioridades, além de seguir as heurísticas da Teoria das Restrições, o que era uma exigência inicial da empresa. O sistema Drummer APS é composto por cinco módulos:

✎ Módulo Básico – responsável pela criação e manutenção da base de dados. Esta base pode ou não estar em um sistema ERP.

✎ Módulo de Gestão de Demanda - trata as diversas fontes de necessidades (carteira de pedidos, previsões de vendas, reabastecimento de estoques, necessidades inter-fábricas, entre outras), aplicando modificadores de quantidades que possuem efeito tanto de agregação quanto desagregação de quantidades (por exemplo lotes por item), dependendo das políticas usadas. Seus dados serão uma das entradas básicas para o módulo de programação, uma vez que determina o quanto a fábrica deverá produzir para satisfazer as demandas de mercado.

✎ Módulo de Programação - efetua a leitura dos dados relevantes ao processo e cria, em memória, o que é chamado de “a Rede”. Esta entidade é composta por todos os relacionamentos produtos x processos, com os respectivos saldos em estoque, para todos os produtos que compõem o mix de vendas (pedidos em carteira e previsões de vendas). Os dados associados aos centros de trabalho como capacidades, turnos e números de recursos também são carregados.

✎ Módulo de Controle – faz o gerenciamento dos “pulmões” em três pontos distintos: nas restrições, montagem e expedição.

✎ Bússola²³ – é o módulo de apoio à tomada de decisões. Utiliza, para o processo de decisões, regras extremamente simples e objetivas baseadas no conceito de ganho por unidade do gargalo.

²² A taxa de ocupação da fábrica não é feita por recurso. É somente a taxa de ocupação total (capacidade x demanda). A taxa de ocupação média da fábrica é de aproximadamente 80%.

²³ A empresa B não trabalha até o momento com o módulo Bússola.

✎ É um ambiente de simulação que permite analisar, em forma de cenários, o impacto de ações táticas e estratégicas no resultado global da empresa.

A 5.23 apresenta a tela do Gantt de operações. A janela desta consulta está organizada em quatro campos definidos.

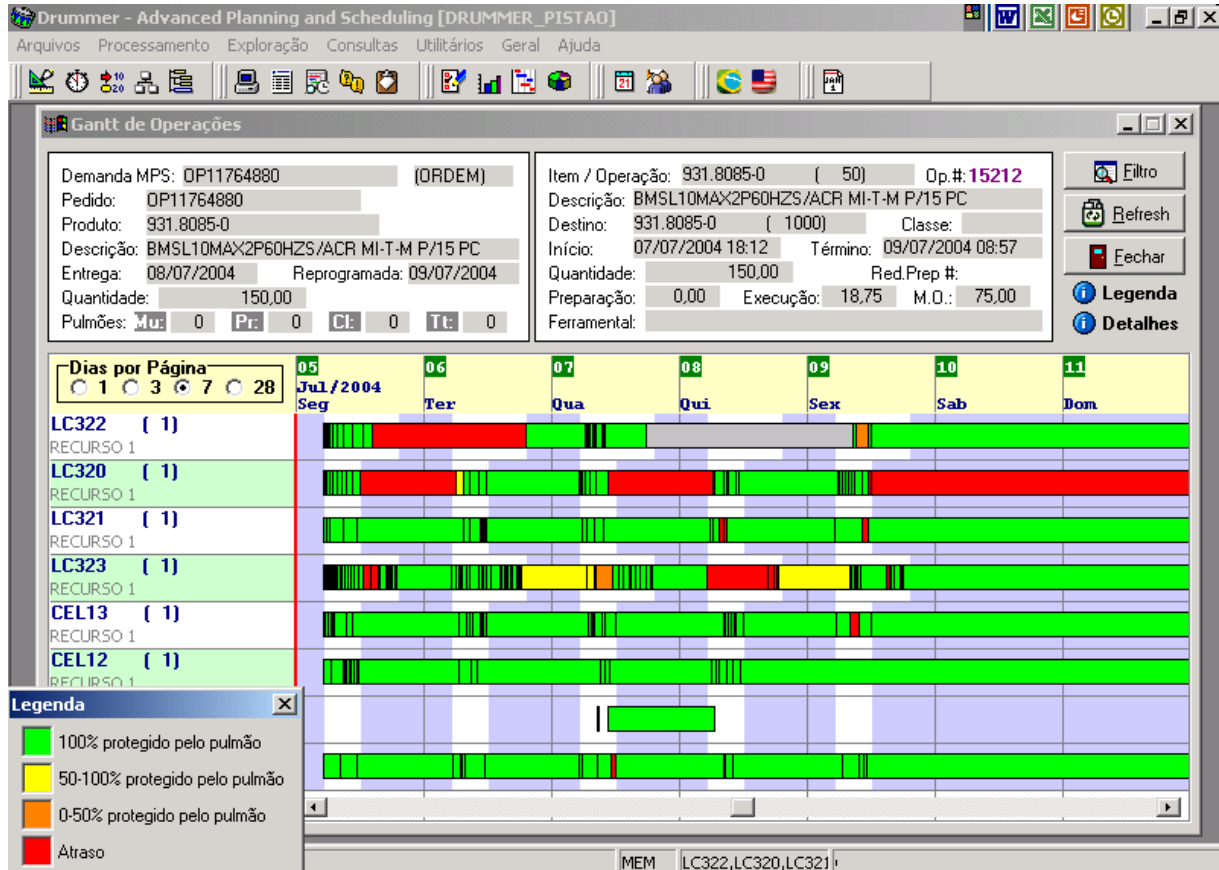


Figura 5.24 – Ordens x estoques de segurança

No canto superior esquerdo da figura 5.24 aparece a janela relacionada ao pedido que originou o lote de produção.


✎ Demanda MPS: Número da ordem de produção que será atendida pelo lote de produção. Ao lado existe um campo para consulta que identifica se a demanda MPS é um pedido, previsão, ordem de produção ou simulação.


✎ Pedido: número de identificação do pedido vinculado à ordem de produção.

✎ Produto: código e descrição do produto.

✎ Entrega: data original solicitada pelo cliente.

✎ Reprogramada: data reprogramada pelo Drummer como viável para a entrega do item (este campo só é utilizado nos casos em que o relacionamento com o fornecedor permite a reprogramação de pedidos já colocados e antes de se fornecer a data de entrega final ao cliente).

 Quantidade: quantidade da demanda.

 Pulmão: as horas do pulmão entre o RRC – recurso com restrição de capacidade, e a expedição final ao cliente, exibido em valor total e nas seguintes parcelas:

- Murphy – parcela utilizada para proteção contra flutuações estatísticas na produção;
- Processo – tempo necessário para processamento de um lote de transferência (deve ocorrer obrigatoriamente);
- Cliente – horas para antecipação da produção, no nivelamento *backward* (nome dado pela Linter para a operação de verificação das sobras de capacidade existentes da data da operação para trás e realocação das tarefas excedentes).

No canto superior direito da tela aparece a janela com informações detalhadas do lote de produção. Abaixo à esquerda, são listados os recursos (há uma linha para cada recurso) para o centro de trabalho identificado como RRC. Ocupando a maior parte do gráfico está a distribuição dos lotes de produção pelos recursos do RRC. No alto deste campo está apresentado um calendário, e o número de dias visualizados em tela depende da opção selecionada na janela dias por página.

A figura 5.25 apresenta uma visão geral do quadro de estatísticas de ganhos disponível no Drummer APS.

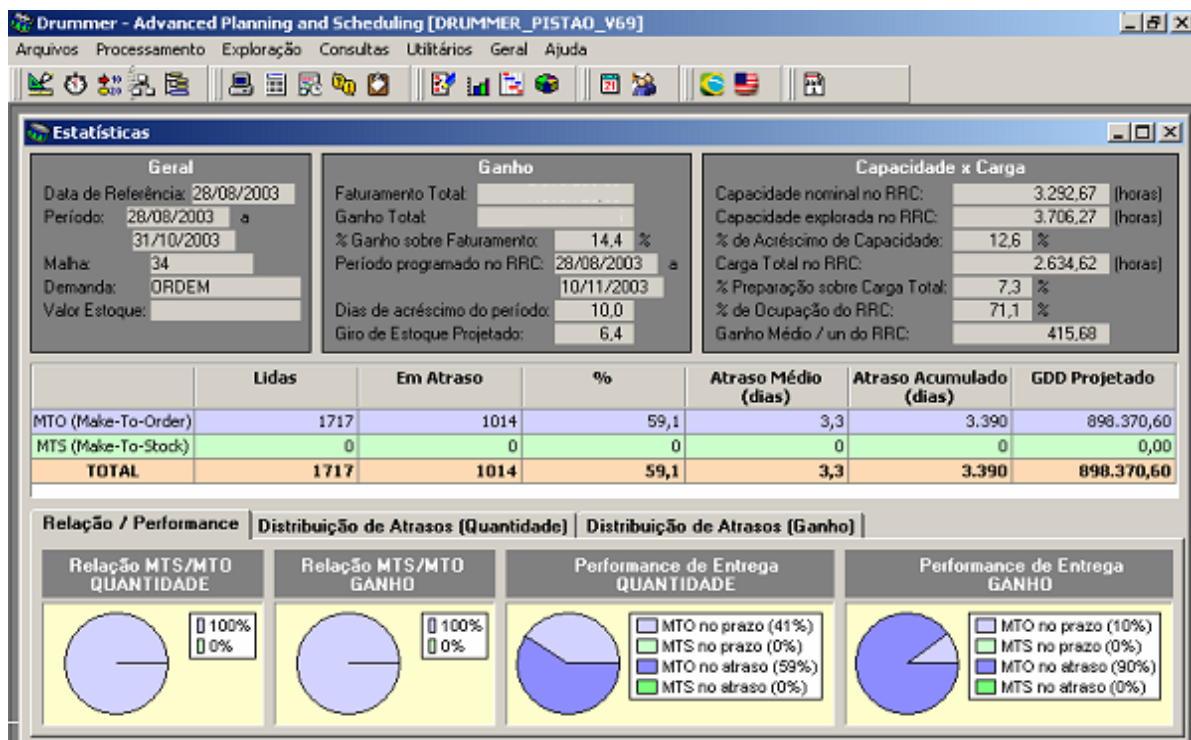


Figura 5.25 – Quadro de estatísticas de ganhos

Neste quadro todo item fabricado é classificado como MTO ou como MTS e os resultados são apresentados separadamente.

A situação das demandas (ordens de produção/pedidos programadas) é resumida em uma matriz composta pelas seguintes colunas:

- ✎ Lidas: número total das demandas (ordens de produção/pedidos), lida em memória;
- ✎ Em atraso: número das demandas cuja data de entrega original difere da data reprogramada;
- ✎ %: relação percentual entre o total lido em memória e os registros em atraso;
- ✎ Atraso médio (dias): atraso médio em dias. É calculado como igual à soma das diferenças entre a data original e a data reprogramada, dividido pelo número de demandas em atraso;

✎ Atraso acumulado (dias): soma total das diferenças entre a data original e a data reprogramada de cada demanda; e

✎ GDD projetado: projeção do ganho-dinheiro-dia dessa programação. É calculado como igual ao ganho unitário do item, multiplicado pela quantidade da demanda em atraso, e multiplicado novamente pelo número de dias em atraso. O valor apresentado é o somatório total para todos os atrasos, de todos os itens, e só é válido para itens MTO.

Além da matriz de ganhos também é apresentada na figura 5.26 a guia de relação/performance onde aparecem os gráficos da distribuição de resultados entre as demandas como a:

✎ Relação MTS/MTO (Quantidade): que indica a participação percentual de ordens MTO e MTS, em termos de número de registros total;

✎ Relação MTS/MTO (Ganho): é a mesma relação anterior, desta vez ponderada pelo ganho total gerado pelas ordens MTO e MTS; Performance de Entrega (Quantidade): representa a participação percentual das ordens MTS e MTO em atraso e entregues no prazo, no total de demandas; e

✎ Performance de Entrega (Ganho): mesma participação percentual acima, mas ponderada pelo ganho total gerado pelas ordens.

5.2.4 Histórico de implantação de sistemas de administração da manufatura na empresa B

Em meados da década de 90 a empresa B começa a sentir necessidade de uma reestruturação para continuar sendo competitiva e já se preparando para a sua entrada em novos mercados, como a fundição e usinagem de produtos automotivos. Baseados no livro “A

síndrome do palheiro: garimpando informação num oceano de dados” de Eliyahu M. Goldratt (1991), iniciam um processo que se estende até os dias de hoje:

1994 – começam a estudar e implantar a TOC.

1997 – implantam o sistema ERP – Magnus, seguido pela implantação do sistema SWS (sistema APS desenvolvido pela empresa *Telly Advanced Systems* com sede em Israel).


2000 – a empresa decide descontinuar o uso do sistema SWS que foi considerado pouco customizável. Esta falta de flexibilidade fez com que a empresa não considerasse o sistema adequado para suas necessidades futuras, isto é, implantação em um industria de processos, iniciou-se uma nova busca por um sistema APS. Deve-se mencionar que na realidade o suporte do SWS era feito pela empresa de Israel através da Datasul, o que tornava a manutenção do sistema onerosa demais. Este fator também foi determinante na troca por outro sistema APS.

2001 - a empresa B troca o SWS pelo Drummer na área de compressores.


2002 – o sistema MRP II (módulo integrado na solução Magnus da Datasul) tem seu uso descontinuado. A empresa decide iniciar a implantação do Drummer na área automotiva, iniciando pela divisão de fundição.


5.2.5 Empresa B divisão compressores – análise crítica


Até o ano de 2002 a empresa B divisão compressores utilizava um sistema de MRP/MRP II (parte integrante da solução Magnus) para auxiliar na administração da manufatura. Isto gerava os seguintes problemas:

 Como parte da lógica de um sistema MRP, os *lead times* de produção eram considerados como fixos e a prioridade das ordens era dada exclusivamente pela data de entrega, o que acabava gerando tempos de execução errados e datas de entrega que não eram respeitadas;

 Os recursos eram considerados como infinitos;

 O seqüenciamento na linha de produção era feito de forma manual pelos planejadores, baseados no seu conhecimento adquirido do processo;

 O tempo de execução do sistema MRP II para gerar a programação da produção girava em torno de 12 horas, o que inviabilizava simulações e oferecia grande resistência a mudanças de mix de produção, além de dificultar respostas rápidas a questionamentos por parte dos clientes em relação a possíveis novos pedidos e suas datas de entrega;

 Os estoques intermediários e de produtos prontos eram elevados. Isto ocorria em função da empresa aumentar os tamanhos de lotes para diminuir o tempo de *setup* de troca de ferramentais. Antes da instalação do Drummer APS os objetivos consistiam em atingir os

indicadores e metas de produtividade. Isto era feito através do menor número possível de trocas de ferramental o que ocasionava a produção de grandes lotes e conseqüentemente altos estoques.

✎ A prática do uso de margem de segurança aumentava ainda mais os inventários de produtos, inclusive para os quais poderia não haver demanda. Isto era ocasionado pela falta de confiança que os programadores da produção tinham no sistema MRP da empresa. Não haviam critérios definidos para os estoques de produtos finais e intermediários.

Com a implantação do Drummer alguns critérios de estoques de segurança foram estabelecidos para compressores, que inicialmente foram os seguintes:

1. Pulmão de proteção do gargalo (montagem) de 1 dia;
2. Pulmão de matérias-primas de 9 dias;
3. Pulmão de expedição de 1 dia.

Após a realização de um trabalho conjunto entre a empresa B e fornecedores, a empresa posteriormente modificou alguns parâmetros e atualmente trabalha com os seguintes critérios de estoque de segurança:

1. Pulmão de proteção do gargalo (montagem) de 3 dias;
2. Pulmão de matérias-primas de 3 dias;
3. Pulmão de expedição de 1 dia.

Aqui observa-se que o pulmão de proteção do gargalo (montagem), estava subdimensionado, o que costumava gerar problemas como atrasos e falta de peças. O aumento deste pulmão foi resultado de alguns fatores como: análise da empresa em cima do número de atrasos ocorridos, comprometimento da empresa na implantação da TOC e posteriormente do Drummer APS e novos acordos de prazos e volume de compra entre a empresa e os fornecedores.

Com a implantação do software Drummer APS, vários resultados foram percebidos. A comparação abaixo foi realizada entre os anos de 2001 e 2002²⁴:

- ✎ Aumento no giro de estoques de matéria-prima (ano) de 33,52%;
- ✎ Aumento no giro de estoques de produtos acabados (ano) de 23,37%;
- ✎ Diminuição do inventário em processo (dias) de 46,59%;
- ✎ Diminuição do inventário total (dias) de 17,05%;
- ✎ Diminuição do *lead time* (dias) de 15,13%; e

²⁴ Valores fornecidos pela empresa B

✎ Diminuição de 3,94% no número de atrasos, chegando ao total de 91,90% de pedidos entregues em dia.

5.2.6 Sugestões

Após ter sido vista a estrutura de produção da empresa e a forma como seu planejamento e programação da produção são elaborados, algumas sugestões podem ser propostas visando a melhoria do processo.

Aproveitando a suspensão momentânea das implantações na divisão automotiva, poderia ser dada ênfase a um planejamento da produção já baseado em capacidade finita. Isto poderia ser feito através da utilização do software já utilizado pela empresa, não exigindo novos investimentos nesta área. Caso houvesse a necessidade de uma programação mais fina da produção, o módulo de seqüenciamento da programação poderia ser utilizado antes da emissão das ordens de produção, na execução do PMP. A figura 5.26 apresenta uma sugestão de configuração utilizando o software em dois níveis diferentes de planejamento da manufatura.

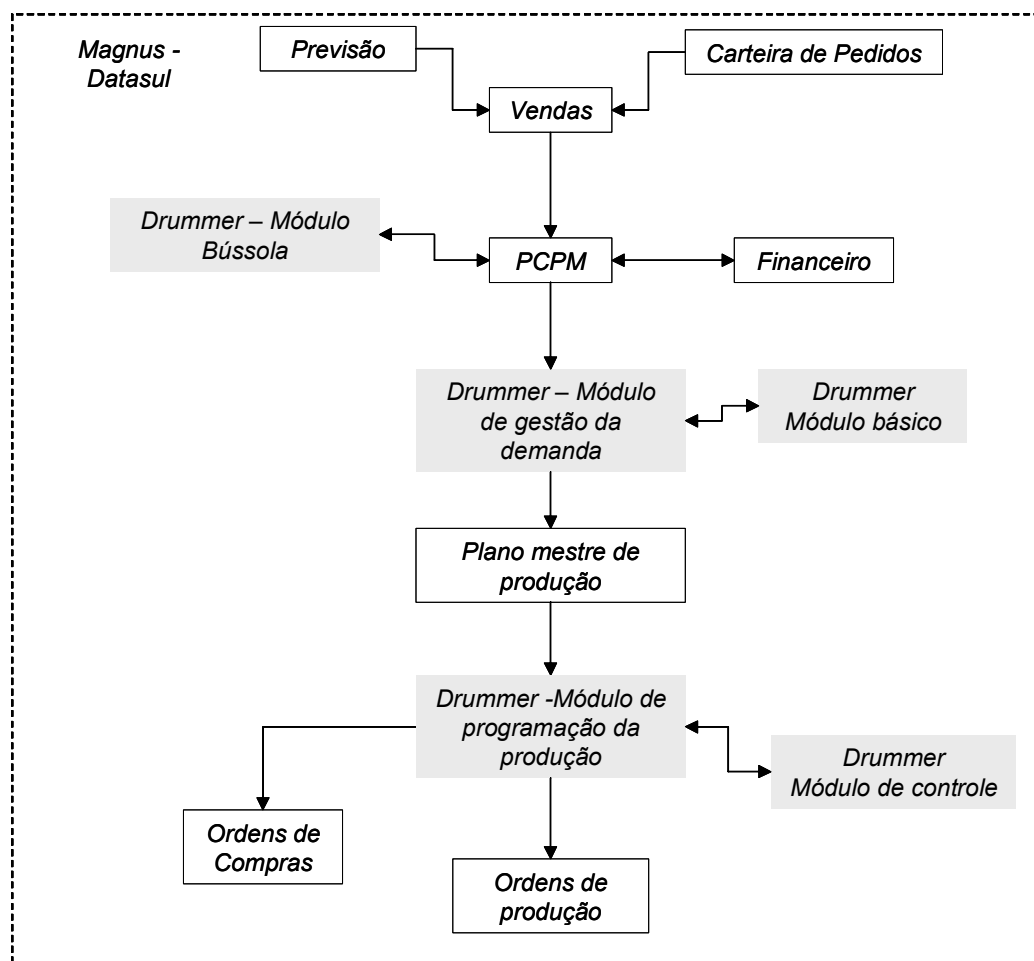


Figura 5.26 – Sugestão de configuração utilizando o Drummer em dois níveis de planejamento

Esta forma de planejamento traria inúmeras vantagens, tais como:

- ✎ PMP já baseado nas restrições da fábrica, prazos, matéria-prima e outras que se apresentassem;
- ✎ Considerável diminuição ou eliminação do tempo de análise do planejador de produção; e
- ✎ Maior acuracidade no plano com a eliminação de possíveis erros humanos na verificação dos dados.

Acredita-se que o uso de um sistema com capacidade finita antes da execução do PMP possa trazer, além dos benefícios já citados anteriormente, como: acuracidade dos dados, redução de estoques, diminuição do tempo de planejamento, também proporcionaria um ser maior tempo liberado dos planejadores. Com isto, estes poderiam se dedicar à simulações e outras atividades que visem a melhoria da manufatura como um todo.

5.3 Empresa C

A empresa C esta situada em SC. Sua produção gira em torno de 38 milhões de metros quadrados/ano e é efetuada em 11 fábricas distribuídas pelo país. Emprega atualmente mais de 2.400 profissionais. A empresa possui fábricas em seis estados brasileiros, e possui hoje uma participação global de 18% nos mercados interno e externo na sua área.

Sua linha de produtos é composta de azulejos, pavimentos, revestimentos de fachadas e piscinas, antiderrapantes, séries temáticas, artesanais e outras inspiradas em elementos da natureza. Além de um grande número de peças e complementos especiais como filetes, *listellos*, faixas, *inserts*, *tozzetos*, rodapés e decorados.

São mais de 200 séries que geram em torno de 1.656 itens (1408 produzidos internamente e 248 fabricados por terceiros) e que pode ser fornecida em diferentes bitolas (tamanhos) sendo que 78 bitolas são produzidas pela própria empresa C e outras 38 por terceiros. A figura 5.27 apresenta um exemplo de produto com algumas de suas características técnicas.

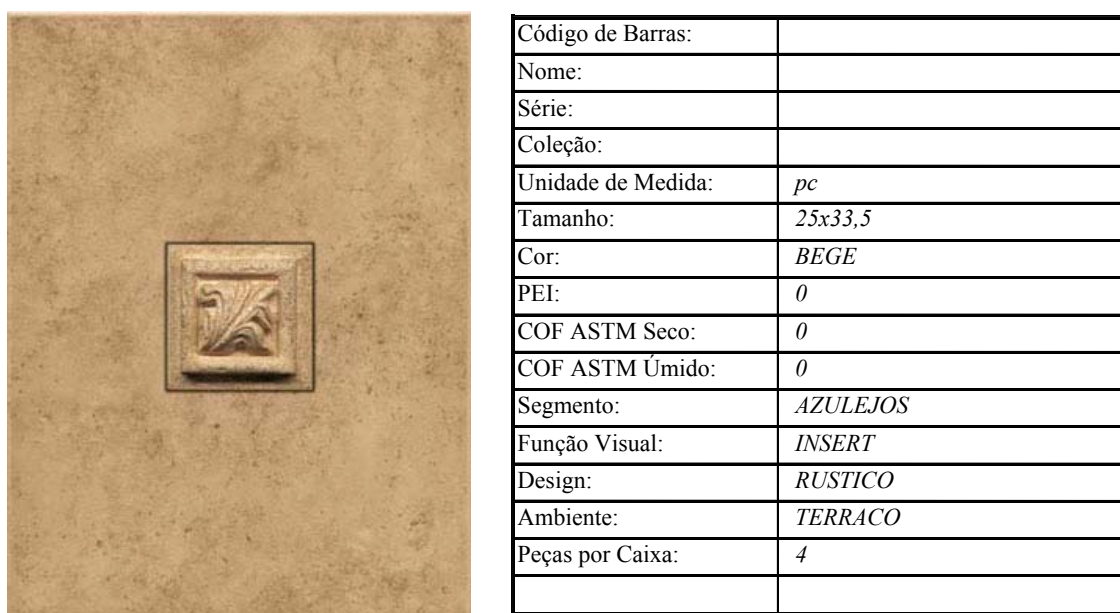


Figura 5.27 – Exemplo de produto da empresa C (revestimentos cerâmicos)

Além destes produtos a empresa C produz e comercializa no Brasil produtos especiais para o assentamento e rejuntamento dos revestimentos cerâmicos. Possui ainda linhas complementares de aditivos especiais de látex e epóxi, além de itens para limpeza, selantes e hidrorrepelentes.

5.3.1 Processo de fabricação da cerâmica


A cerâmica é produzida de matérias-primas argilosas que são estocadas e previamente analisadas. Após a sua liberação seguem para a moagem onde o produto passa por moinhos onde giram de 6 a 8 horas, obtendo-se um produto líquido chamado “barbotina”.


A seguir a barbotina é estocada em tanques com agitadores e conduzida por meio de bombas até o atomizador. Lá, é lançada em forma de *spray*, que ao se encontrar com o ar quente gerado pelo atomizador, tem em torno de 93,5% de seu conteúdo líquido evaporado para o exterior. A parte sólida resultante dessa evaporação se chama pó atomizado (com umidade em torno de 6,5%), que é armazenado em silos para homogeneização.

O pó atomizado é lançado em cavidades de prensas hidráulicas, submetidos à alta pressão, gerando assim a “bolacha”, ou seja, a base da cerâmica. A “bolacha” é caracterizada por baixíssima resistência mecânica e presença de umidade, podendo ser quebrada manualmente sem muito esforço.

Então, ela passa pelo processo de secagem, visando retirar a umidade e aumentar a resistência mecânica, agregando temperatura à peça para posterior trabalho de esmaltação saindo a uma temperatura entre 90 a 120°C. Porém, se o processo resultante for biqueima, a cerâmica irá direto ao forno para a primeira queima e só depois receberá a esmaltação. Caso seja um produto monoporoso ou resultante da monoqueima, passará pelo processo de esmaltação antes de ir ao forno.

A seguir será dada uma breve explicação dos três principais processos de queima da cerâmica, do processo de esmaltação e do processo específico da linha de produtos A da empresa:

 Monoqueima – consiste na queima da “bolacha” e do esmalte simultaneamente, com temperaturas acima de 1000°C. Assim obtém-se maior ligação entre o esmalte e a base, resultando em uma melhor resistência à abrasão superficial, resistência mecânica e química e baixa absorção d’água.

 Biqueima – este processo é obtido através de duas queimas sucessivas, atendendo somente peças cerâmicas esmaltadas. A primeira queima visa atender somente a base e a segunda, a superfície esmaltada. Após a primeira queima, o produto é encaminhado à esmaltação e decorado conforme o design de cada produto. Em seguida, o produto passa pela segunda queima, que é executada em fornos a rolo. Estes produtos possuem absorção d’água maior que 10% (cerâmicas recomendadas para ambientes internos).

✎ Monoporosa – processo similar à monoqueima. Tanto a massa quanto o esmalte são queimados uma única vez. Este produto tem em sua formulação quantidades diferentes de massa e esmaltes (matéria-prima), aumentando a sua qualidade dos produtos em relação à biqueima. Da mesma forma que a biqueima, estes produtos possuem absorção d'água maior que 10% (cerâmicas recomendadas para ambientes internos).

✎ A esmaltação consiste em um processo de acabamento superficial de acordo com as definições de cada produto. Neste processo, primeiramente é depositada uma camada de esmalte para vitrificação, em seguida passa pela decoração. Após a vitrificação o produto fica em estoques intermediários até o processo de queima, que é feito por fornos à alta temperatura.

✎ A linha de produtos A é produzida via processo de monoqueima. O que confere a diferenciação entre o produto A e os produtos de monoqueima normal, são as características definidas com a formulação do próprio produto (que não foram cedidas pelo fabricante). Os produtos geralmente não possuem esmalte e são de baixíssima absorção de água (geralmente inferior a 0,1 %).

5.3.2 Estrutura da produção

A empresa C trabalha com pedidos em carteira (em torno de 66%) em um ambiente MTO e previsão de demanda (em torno de 34%). Como dito anteriormente, sem contar com a fábrica de rejantes e argamassas, a empresa fornece mais de 200 séries apresentadas em pelo menos 65 tamanhos. Sua lista de materiais é composta de 3 níveis, os quais são ilustrados na figura 5. 28.

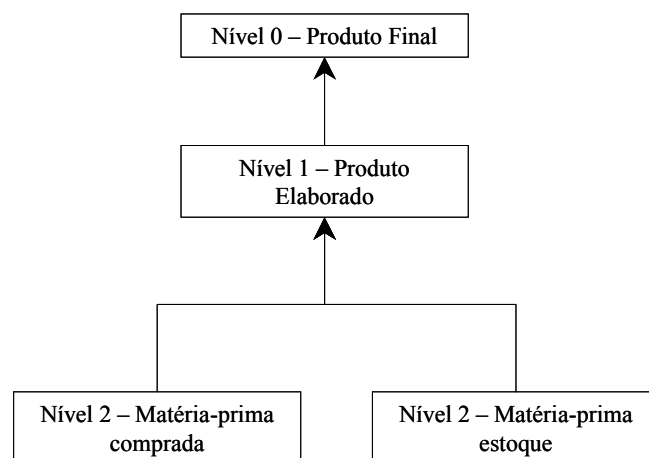


Figura 5.28 – Níveis da lista de materiais da empresa C (revestimentos cerâmicos)

A empresa tem como principal característica o emprego de diversos processos de queima diferenciados, além dos processos da fábrica de argamassas.

É importante destacar ainda que cada unidade da empresa C fabrica produtos específicos, embora alguns produtos possam ser fabricados em mais de uma unidade ou ainda por terceiros.

5.3.3 Planejamento tático da produção e plano-mestre de produção

O plano-mestre de produção é elaborado pelo PCP central, situado na matriz (em SC), e é distribuído para todas as 11 unidades que compõem o grupo. O horizonte de planejamento gira em torno de 45 dias. O período “firme” do PMP gira em torno de 15 dias, porém, podem ocorrer variações decorrentes de sazonalidades, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, inerentes ao setor de construção civil.

O PMP possui ainda as seguintes características:

- ✎ A empresa trabalha com lotes mínimos;
- ✎ O agrupamento das ordens de produção é feito de acordo com os lotes econômicos cadastrados por produto;
- ✎ O *lead time* de matéria-prima gira em torno de 5 dias para as nacionais, e até 70 dias para as importadas;
- ✎ As restrições de *setup* são consideradas; e
- ✎ Considera as restrições de bitola (Isto será detalhado no item 5.3.4).

Para auxiliar na confecção e execução do PMP, a empresa C optou por trabalhar com os sistemas de administração da produção em uma estrutura híbrida composta por um ERP+APS+MRP. Esta estrutura será detalhada a seguir.

5.3.4 Estrutura dos sistemas administração da manufatura no nível tático

A estrutura de administração da manufatura da empresa C é composta por:

- ✎ Um sistema ERP desenvolvido internamente, denominado SGIE, o qual utiliza a linguagem Progress com base Unix;
- ✎ Por um sistema APS (Preactor).

A matriz da empresa, recebe todos os pedidos e centraliza o processamento. Quando o sistema (ERP) indica que um pedido não pode ser atendido pelos estoques (reais e projetados) então uma nova ordem de produção é gerada. Como a empresa trabalha com lotes mínimos,

caso o lote pedido seja menor que o lote mínimo ou quando ocorre ociosidade, a programação é refeita incorporando itens com giro certo para estoque. Isto é descrito a seguir:

1. No ERP são agrupados os pedidos em ordens de produção de acordo com os lotes econômicos cadastrados por produto. Além do cadastro do tamanho de lote, tipo de produto e prazos de entrega, os produtos recebem mais dois códigos que se referem ao roteiro e a família de referências (uma forma de agrupamento para a operação de esmaltação). Um exemplo de aplicação de famílias de referências é o caso em produtos diferentes utilizam um mesmo tipo de esmalte. Estes produtos serão agrupados na mesma família de referências com o intuito de reduzir os tempos de troca na operação de esmaltação.

2. Baseado nestas informações o sistema APS elabora um PMP baseado nos pedidos. Este PMP é feito para as linhas de produção (esmaltação), pois da mesma maneira que outras empresas programam a produção considerando a montagem, a empresa C precisa programar a partir da disponibilidade de equipamentos, seqüência de operações, tempo de produção, tempo de setup e matéria-prima disponível em estoque (informação resgatada do MRP). Além das informações já citadas, o sistema APS leva em consideração o calendário de turnos de forma a incluir paradas planejadas. O sistema consegue resgatar o tempo de *lead time* de matéria-prima (nacionais em torno de 5 dias e importadas podendo chegar a 70 dias), e seqüenciar adequando a data de entrega a chegada dos materiais. Nesta fase a empresa trabalha com algumas restrições próprias relacionadas às paradas planejadas e calendários de serviços, sendo elas:

- ✎ Produtos que requerem acompanhamento técnico específico são programados preferencialmente em dias úteis;
- ✎ Paradas para troca de ferramentais são planejadas para o fim de semana; e
- ✎ Quantidade de dias reservados por bitola. Consideram a minimização de atrasos e *setups*, os momentos onde pode haver troca de bitola (ferramentais e disponibilidade da equipe de manutenção) e a reserva de espaço (na produção) por bitola.

Além destas restrições a empresa C trabalha atualmente com mais duas regras de programação conforme a sazonalidade. A primeira regra privilegia o cliente e é utilizada para momentos de alta demanda, já a segunda privilegia a taxa de ocupação produtiva e é utilizada para os momentos em que a demanda está mais baixa.

Outra funcionalidade adicionada foi a programação seletiva, que permite programar diferentes linhas com diferentes regras (em paralelo). A programação seletiva permite fazer o seqüenciamento de ordens realçadas pelo usuário. Por exemplo, para programar somente as

ordens do cliente “ABC”, basta pressionar o botão localizar, escolher o campo (neste caso cliente) e selecionar “ABC”. Neste momento, todas as ordens desse cliente serão realçadas e poderão ser desalocadas ou sequenciadas de acordo com o critério e o método selecionados.

Todas as regras e funcionalidades específicas foram adicionadas em função da sazonalidade de determinados produtos e são utilizadas em unidades da empresa onde existe mais de um tipo de processo de queima ou bitola.

3. Depois de elaborado, o plano mestre da produção é enviado para as 11 unidades da empresa. A figura 5.29 apresenta o esquema geral dos sistemas de administração da manufatura da empresa C.

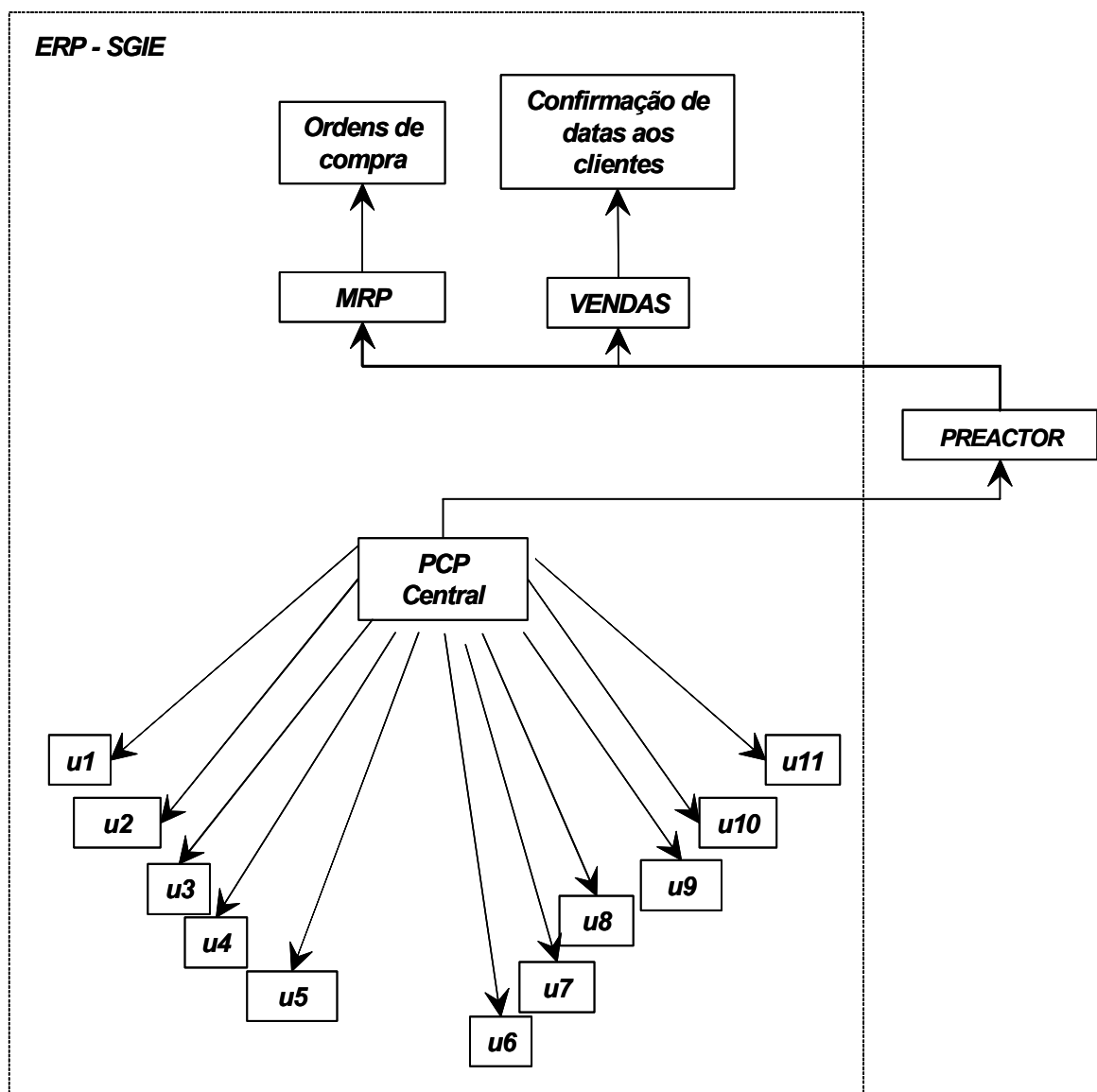


Figura 5.29 – Esquema geral dos sistemas de administração da manufatura no nível tático empresa C

Como o programador central define um horizonte de curto prazo (em torno de 45 dias) o PMP já pode ser considerado como a programação de produção das unidades fabris.

5.3.5 Estrutura dos sistemas de administração da manufatura no nível operacional

A estrutura de gestão da manufatura da empresa C é composta por um sistema MRP (módulo integrante do SGIE) que realiza os cálculos da necessidade de matérias-primas e demais insumos. As ordens de compra são feitas no ERP diretamente para os fornecedores via Internet de forma interativa.

Além do MRP, o sistema de gestão é composto por 14 licenças do Preactor Viewer (software de visualização) que disponibilizam a programação da produção em todas as unidades.

No sentido inverso ao PMP existe um *feedback* das unidades fabris para o PCP central. A figura 5.30 apresenta uma visão geral do sistema de gestão da manufatura da empresa C no nível operacional.

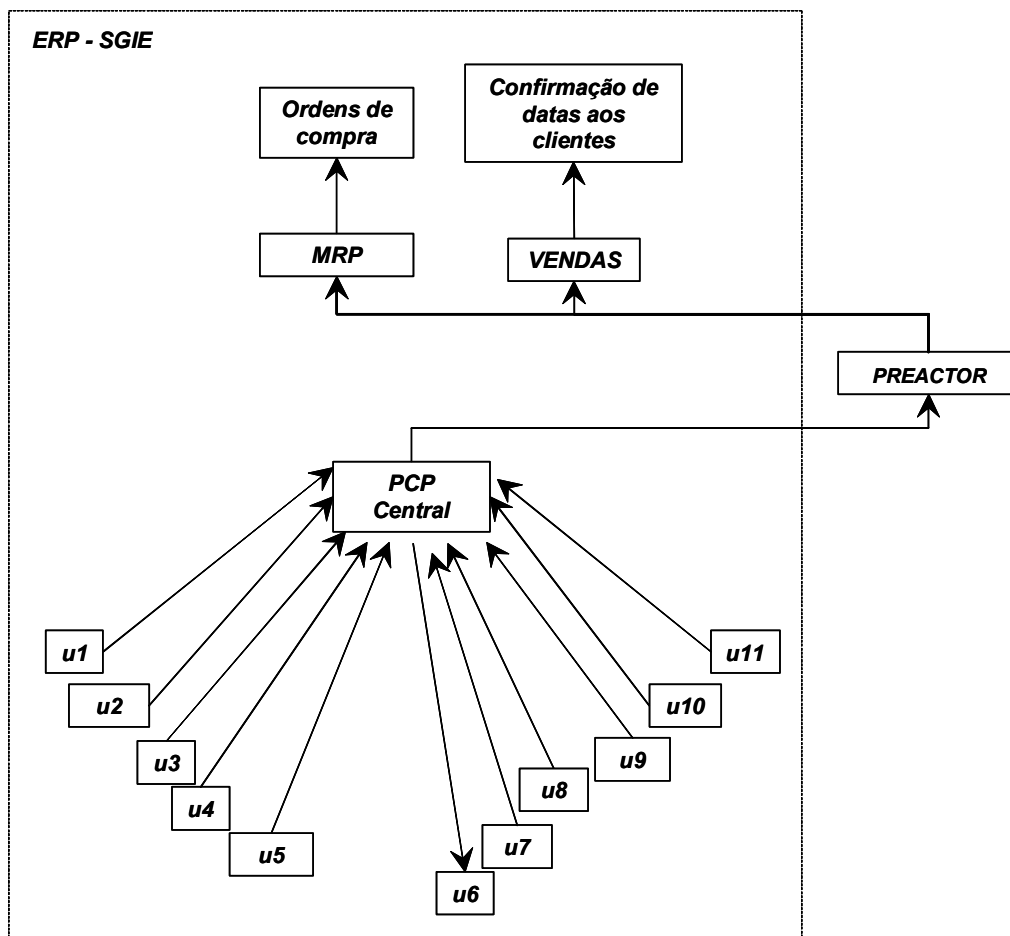


Figura 5.30 – Esquema geral dos sistemas de gestão da manufatura no nível operacional da empresa C


Todos os fatores dinâmicos das fábricas, como imprevistos, quebras de máquinas, manutenções preventivas e outros são informados ao PCP Central que faz uma reprogramação da produção quando necessário. As informações das unidades com solicitação de mudanças de programação são feitas com base em simulações através do Preactor Viewer em cada uma das unidades. Estas solicitações são repassadas ao PCP Central via e-mail ou em casos mais simples solucionadas por telefone. As unidades fabris não possuem autonomia de mudança de programação da produção.


Após a confirmação final do PMP o Preactor retorna as ordens programadas ao SGIE, que faz o cálculo das necessidades líquidas de matéria prima e insumos através do seu módulo MRP, emitindo as ordens de compra. Ou seja, somente após as ordens serem planejadas e seqüenciadas pelo APS elas retornam ao MRP (em sua nova seqüência) para que este faça a explosão da lista de materiais.


O sistema ERP, por sua vez, informa as datas de entrega aos clientes por e-mail e disponibiliza *on-line* a programação da produção para a equipe comercial, isto permite que a área comercial fique ciente das datas de entrega final e de qualquer alteração que esta possa sofrer no decorrer do período, tendo desta forma informações atualizadas para os clientes.

5.3.6 Família de soluções Preactor

Comercializado pela empresa Tecmaran Consultoria e Planejamento Ltda (www.tecmaran.com.br), com sede em Vitória, o software Preactor APS faz parte de uma família de produtos baseados no conceito de capacidade constituída dos seguintes sistemas:

 Preactor Viewer - versão de visualização. Utilizado como ponta de rede para estação de programação do Preactor 200 FCS ou superior. Permite entrada e/ou consulta de dados além de possibilitar simulação no quadro de programação;

 Preactor Lite+ - versão de FCS de prateleira (já configurada). Permite o gerenciamento de sistemas produtivos mais simples através de quadro eletrônico de programação, vinculação automática com MS-Excel, programação pra frente, pra trás e bidirecional e relatórios configuráveis;

 Preactor 200 FCS - versão FCS com restrição única. Para sistemas produtivos menos complexos. Tem as seguintes características:

- Considera os tempos de *setup* variáveis em função da programação;
- Visualização de utilização de recursos secundários (como mão-de-obra e energia);
- Gráficos de tempo de espera por recurso; e

- Banco de dados, menus e relatórios configuráveis.

✎ Preactor 300 FCS - versão FCS com múltiplas restrições. Além das funções do Preactor 200, trabalha com múltiplas restrições de recursos por operação, restrição para operação subsequente, rotas automáticas de operações alternativas, atualização via lotes intermediários, submontagens independentes, e padrões de turnos para recursos secundários;

✎ Preactor APS – possui todas as funcionalidades dos sistemas anteriores e como função adicional é capaz de fazer um seqüenciamento otimizado, baseado em simulação e controle de materiais. Tem como características a otimização da programação com base em simulação, tecnologia *Open Planning Board™* para personalizar o quadro de programação, regras padrões de otimização associadas a outras definidas pelo usuário. Todas as versões (com exceção do Preactor APS) trabalham com seqüenciamento algorítmico. Já a versão APS utiliza a abordagem *event-based*.

A família de soluções Preactor ainda possui vários módulos opcionais, são eles:

✎ Módulo *Preactor Supply Chain Server* (SCS) - Permite a criação de múltiplos planos de produção com um ou mais recursos comuns que atendam determinada cadeia de suprimentos. Este módulo permite ao Preactor APS ser consultado remotamente por outros sistemas, oferecendo ao sistema ERP ou ao Preactor Viewer a capacidade de interrogar o Preactor APS sobre a data real de atendimento (ATP – *Available to Promise* e CTP - *Capable to Promise*) de um determinado pedido, considerando toda a cadeia de suprimentos.

✎ Módulo *Dynamic Material Control* (DMC) - Oferece a possibilidade de realocação automática de materiais entre ordens durante o seqüenciamento das operações. Se mudanças ocorrerem após início da operação, o DMC otimiza o processo, realocando o material, baseado na regra de seqüenciamento específica. Indicado para indústrias com materiais perecíveis ou de alto valor agregado.

✎ Comunicação on-line via *Preactor Communication Object* (PCO) - Permite que o Preactor Viewer e outros sistemas de coleta de dados transfiram informações on-line e em tempo real à estação de programação principal. Este tipo de comunicação é utilizada pela empresa C para a troca de informação entre a estação principal do Preactor na matriz (*Master Scheduler*) e os visualizadores nas diversas unidades.

5.3.6.1 Preactor APS

Como dito anteriormente, o Preactor APS utiliza a abordagem *event-based* (ou baseada em simulação), além disto apresenta uma série de regras pré-definidas e permite ao usuário

selecionar qual delas é a mais adequada para o seu sistema. Pode-se citar algumas das principais regras disponíveis:

- ✎ Carregamento Paralelo;
- ✎ Seqüência Preferida;
- ✎ Seqüenciamento para frente;
- ✎ Seqüenciamento para trás;
- ✎ Minimizar estoque intermediário, WIP (*work in progress*) para frente;
- ✎ Minimizar WIP para trás;
- ✎ Gargalo dinâmico.

Dentre as regras disponíveis somente a regra do carregamento paralelo é eventualmente utilizada pela empresa C, sobretudo para comparar a programação gerada por esta regra com a regra personalizada (já citada no item 5.3.4). A regra de carregamento paralelo privilegia somente a máxima utilização dos recursos.

Existe ainda a possibilidade de se trabalhar com regras de despacho²⁵ definidas e customizadas. O usuário pode criar suas próprias regras de seqüenciamento através da tecnologia OPB – *Open Planning Board*, que é uma tecnologia patenteada pela empresa Preactor International.

Essa tecnologia permite a utilização de regras personalizadas de seqüenciamento (desenvolvidas em Visual Basic) em substituição as regras padrões fornecidas com o software, o que segundo o fabricante aumenta a versatilidade, flexibilidade e aderência do Preactor no modelo proposto.

5.3.7 Histórico de implantação de sistemas de administração da manufatura

Até o início de 2001 a empresa C trabalhava com uma programação da produção descentralizada, feita em planilhas ou a mão.

2000 – iniciam as primeiras discussões sobre melhoria com a implantação de um sistema ERP desenvolvido internamente pela equipe de informática da empresa (SGIE);

2001(primeiro semestre) – começa a implantação do sistema Preactor em uma das unidades;

²⁵ Regras de despacho – são regras que priorizam todos os trabalhos que estão esperando para serem processados em uma máquina. M. Pinedo, X. Chao, *Operations scheduling with application in manufacturing and services*, McGraw Hill, 1999.

2001(segundo semestre) – a implantação é estendida para a matriz em SC e inicia a integração de todas as unidades do grupo;

2003 – contínua fase de melhorias para adaptação do software às mudanças de política interna da empresa (mudança de foco para o cliente); e

2004 – inicia a implantação de um novo módulo para auxiliar no planejamento estratégico da empresa.

5.3.8 Empresa C – análise crítica

A programação da produção mensal era decidida no início de cada mês em reuniões onde participavam o coordenador do PCP, o supervisor de vendas e programadores da produção. Nestas reuniões discutiam-se a carteira de pedidos, não existiam regras ou prioridades (a programação era completamente empírica).

O foco era a fábrica e não o cliente, sem critérios de prioridade ou preocupação com o uso racional das linhas. Esta programação era por fábrica, não havendo assim uma visão geral da capacidade produtiva das 12 unidades e 46 linhas como um todo. A compra de matérias primas e insumos também eram feitos de forma distribuída.

Era comum clientes colocarem pedidos com muitos itens, que precisariam ser atendidos por diferentes unidades, e isto obrigava o interessado a negociar prazos de entrega com cada uma das fábricas em separado, o que além do tempo, consumia muito esforço de negociação, gerando desconforto aos clientes e à empresa.

Hoje a empresa gasta apenas 45 minutos para responder em que prazo poderá atender a um pedido de 150 mil metros quadrados de revestimentos cerâmicos. No cenário anterior seriam necessários até 3 dias para se chegar à mesma resposta.

Em dezembro de 2000 os estoques de produtos acabados eram de 3,27 milhões de metros quadrados e em 2003 girava em torno de 1,8 milhões. Isto significa uma economia anual de aproximadamente US\$ 16 milhões.

Atualmente a empresa recebe em média 7500 pedidos de venda por mês, o que gera em torno de 100 mil itens. Nos últimos 9 meses (relativos a 2003) a empresa obteve um índice de 95,5% de entregas no prazo no mercado interno e de 90% no mercado externo. Atualmente os índices globais estão estabilizados em torno de 95% de entregas no prazo²⁶.

²⁶ Dados fornecidos pelo empresa C

A tabela 5.9 apresenta a relação entre os principais ganhos esperados com a implantação do sistema APS Preactor (e com a reestruturação do planejamento e programação) e o grau de satisfação da empresa.

Tabela 5.9 – Relação entre os objetivos esperados com a implantação do sistema APS e sua realização

<i>Objetivos da ação</i>	<i>Plenamente atendido</i>	<i>Parcialmente atendido</i>	<i>Em fase de melhorias</i>	<i>Objetivo não alcançado</i>
Melhorar atendimento aos clientes	x			
Informar datas de disponibilidade	x			
Reduzir custos de produção	x			
Reduzir lead-times	x			
Aumentar a produtividade	x			
Minimizar perdas	x			
Reduzir estoque de produtos acabados	x			
Aprimorar sistema de compras			x	
Informar estoques futuros			x	
Proporcionar visão global, balanceamento das 46 linhas		x	x	

Como meta futura, já em fase de implantação, a empresa C pretende utilizar o sistema Preactor APS no seu planejamento estratégico de 2005, através da implantação de um módulo que permitirá a visualização da taxa de ocupação por fábrica.

5.3.9 Sugestões

Hoje o modelo implantado para auxílio no planejamento estratégico da empresa não considera estoques iniciais a cada planejamento. Ou seja, toda a expectativa de venda terá que ser produzida. Isso gera uma pequena distorção nos primeiros meses do ano.

A empresa já detectou o problema e pretende para esta nova configuração cadastrar todas as informações relativas às bitolas e gerar um aplicativo (talvez em uma planilha eletrônica) que gere as ordens em função das expectativas.

Segundo a empresa Tecmaran em uma próxima etapa poderão ser incorporados os estoques iniciais e a geração das ordens de produção poderá vir a ser feita dentro do próprio Preactor (tendo como entrada a previsão de demanda), porém alguns analistas da empresa C acreditam que esta possibilidade seja remota.

O capítulo 6 irá apresentar as conclusões baseadas na revisão bibliográfica e nos estudos de caso.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos dados levantados nas empresas consultadas e na revisão bibliográfica, algumas considerações podem ser feitas a respeito das características da utilização dos sistemas baseados no conceito de capacidade finita nas empresas estudadas.

6.1 Utilização nos diferentes níveis de planejamento e os sistemas híbridos

Os sistemas de planejamento e programação da produção baseados no conceito de capacidade finita APS/FCS estão sendo utilizados, pelas empresas consideradas, nos três níveis da administração da manufatura em maior ou menor intensidade. A tabela 6.0 apresenta um comparativo da utilização dos sistemas APS/FCS em cada uma das empresas.

Tabela 6.0 – Níveis de utilização dos sistemas APS/FCS

	<i>Empresa A</i>	<i>Empresa B</i>	<i>Empresa C</i>
<i>Nível estratégico</i>	Não	Não	Sim
<i>Nível tático</i>	Sim	Não	Sim
<i>Nível operacional</i>	Sim	Sim	Sim

Das empresas estudadas a única a aplicar seu sistema APS no nível estratégico é a empresa C, que na realidade está começando a entrar agora neste nível de utilização. O Preactor, software escolhido pela empresa, começou a ser utilizado para avaliar a disponibilidade, em capacidade, de cada uma das fábricas em processar toda a expectativa de venda.

Com isto, espera-se no planejamento estratégico fazer uma previsão anual da demanda já distribuída por unidades fabris, o que torna mais fácil avaliar a necessidade de novos investimentos, analisar a cadeia de suprimentos, transportes e quaisquer outros fatores que sejam relevantes para a empresa.

O uso de sistemas APS/FCS no nível estratégico das empresas ainda é questionável e se resume a casos específicos como o da empresa C. É importante frisar, que os sistemas de planejamento e programação da produção baseados em capacidade finita são simuladores de comprovada eficiência na análise de capacidade de demanda, o que limita seu uso isolado em outras atividades típicas de decisão estratégica, como *lay-out* de novas linhas produtivas e localização de novas plantas.

Observa-se uma maior utilização por parte das empresas estudadas no nível operacional, isto se deve principalmente ao fato que os sistemas APS/FCS iniciaram seu desenvolvimento e

popularização nas empresas como uma ferramenta para auxiliar na programação do chão-de-fábrica, visando dar uma maior flexibilidade em caso de quebras ou flutuações de demanda de última hora.

Apesar deste aspecto, tanto na empresa A como na empresa C, a implantação dos sistemas APS/FCS iniciou-se no nível tático, seguindo então para o nível operacional e acredita-se que isto tenha ocorrido por dois fatores específicos:

- ✎ Cultura interna das empresas, que já buscavam uma solução para a elaboração dos seus PMPs que levassem em consideração as restrições da empresa; e
- ✎ Habilidade na condução da implantação por parte das vendas, que já visualizavam um mercado maior de atuação.

No nível tático, ou seja, na execução do PMP, nota-se que as empresas optam por trabalhar com sistemas híbridos MRP+APS. Com isto evita-se a sobrecarga nos sistemas APS/FCS que seriam decorrentes da criação de bancos de dados próprios.

Ao optar pela utilização de um sistema desta natureza (MRP+APS), aproveita-se o ponto forte das funcionalidades de cada um dos sistemas (ver item 3.7), além de benefícios como:

- ✎ Maior velocidade de processamento com a diminuição de tarefas para os sistemas APS, como a discretização dos produtos finais. A análise das restrições no PMP é feita levando-se em consideração o produto final como um todo;
- ✎ Menor custo de implantação, através do uso de softwares já adquiridos pelas empresas;
- ✎ Habilidade de lidar com os custos em paralelo à programação da produção através do MRP, sem a sobrecarga do sistema APS com funções financeiras ou estatísticas que nem todas as empresas necessitam.

Também foi observado que ambas as empresas, A e C, optaram por descontinuar o uso, ou simplesmente nunca utilizaram, os demais módulos dos sistemas MRP II, à exceção da previsão de demanda e do módulo MRP. As razões apontadas para isto foram:

- ✎ Evitar um primeiro PMP com capacidade infinita e com isto a necessidade de um replanejamento;
- ✎ Evitar a sobreposição de tarefas entre os sistemas MRP II e APS; e
- ✎ Dar uma maior acuracidade ao PMP, através das restrições originadas pelos tempos de *setups*, capacidade produtiva, matéria-prima, expedição, transportes e outras mais que se apresentassem.

Um dado relevante para explicar a descontinuidade do uso dos sistemas MRP II é apresentado por Cerveney e Scott (1989). Em 1986, os autores pesquisaram em 261 empresas americanas que possuíam sistemas MRP II. A figura 6.1 apresenta quais os módulos mais utilizados pelos usuários em valores percentuais.

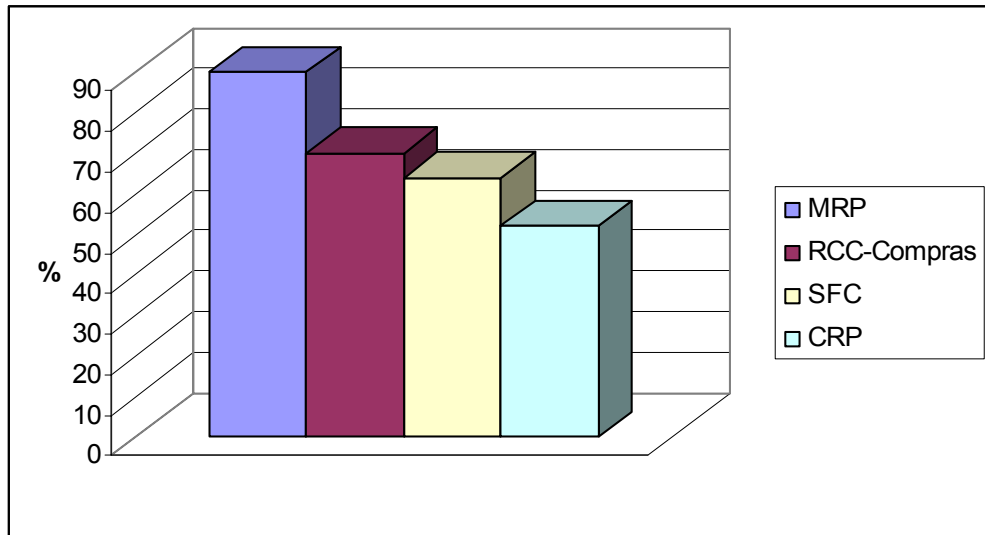


Figura 6.1 – Módulos dos sistemas MRP II mais utilizados
Fonte: Cerveney e Scott, 1989

Através desta pesquisa pode se observar que o módulo mais utilizado é o módulo de controle de estoques e planejamento das necessidades materiais, ou seja, o sistema MRP original.

A exceção no presente trabalho foi a empresa B, que optou por um PMP baseado em capacidade infinita, com ajustes manuais feitos pelos planejadores e a não utilização de um MRP para a explosão e lista de materiais, ficando esta tarefa a cargo do sistema APS quando da geração da programação da produção.

O sistema Drummer APS utilizado pela empresa B é baseado na TOC, e observa-se que determinados módulos como o MPS (item 5.3.2.1) tem sua funcionalidade voltada para estatísticas de ganho, o que poderia ser realizado por um sistema MRP convencional.

Para finalizar esta questão, as três empresas estudadas optaram por trabalhar com sistemas híbridos, porém suas configurações foram variadas. Em comum percebe-se o uso de sistemas ERP+APS/FCS. A tabela 6.1 apresenta os sistemas de administração da produção encontrados em cada um dos estudos de caso.

Tabela 6.1 – Sistemas de administração da produção utilizados pelas empresas estudadas

	<i>Empresa A</i>	<i>Empresa B</i>	<i>Empresa C</i>
<i>ERP</i>	Sim	Sim	Sim
<i>MRP II</i>	Não	Não	Não
<i>MRP</i>	Sim	Não	Sim
<i>APS/FCS</i>	Sim	Sim	Sim
<i>MES</i>	Sim	Não	Não

6.2 Utilização em diferentes sistemas produtivos

Outro fator que merece destaque é a utilização de ferramentas APS/FCS tanto em sistemas produtivos MTO quanto MTS. A tabela 6.2 abaixo apresenta o percentual de produção contra-pedidos e para estoque em cada uma das empresas.


Tabela 6.2 – Distribuição da produção


	<i>Empresa A</i>	<i>Empresa B</i>	<i>Empresa C</i>
<i>Contra pedido (MTO)</i>	80%	10%	66%
<i>Para estoque (MTS)</i>	20%	90%	34%

Neste quesito de avaliação, a situação específica da empresa B chama a atenção, já que esta trabalha com 90% produzindo para estoque. Como citado anteriormente (item 5.2.2), seus estoques podem comprometer até 40% do custo operacional de toda a empresa.

Acredita-se que um dos fatores mais importantes na escolha do sistema Drummer pela empresa foi o fato do mesmo ser totalmente baseado na TOC e dar grande ênfase ao controle de estoques, sendo uma ferramenta auxiliar também no dimensionamento de “pulmões” através da possibilidade de consulta do balanceamento dos estoques.

Porém observa-se que a empresa não faz uso adequado do módulo de gestão da demanda e das estatísticas geradas por ele, como:

 Valor estoque: indica o valor monetário total do inventário da empresa, calculado como o somatório das quantidades de cada item acabado, semi-acabado e matéria-prima comprada, multiplicadas pelos seus custos totalmente variáveis (CTV);

 Giro de estoque projetado: indica o giro de estoque projetado para o ano, de acordo com os valores calculados em memória até o momento;

- ✎ Relação MTS/MTO (quantidade): indica a participação percentual de ordens MTO e MTS, em número de registros do total de demandas PMP lidas em memória; e
- ✎ Relação MTS/MTO (ganho): espelha a mesma relação anterior, desta vez ponderada pelo ganho total gerado pelas ordens MTO e pelas MTS (produtos acabados com reabastecimento de estoque).

Este uso inadequado se dá devido a todos os pedidos entrarem atualmente no sistema como MTO, o que não justifica a necessidade do módulo de gestão da demanda já instalado.

Já as empresas A e C apresentaram a preocupação por sistemas que possibilitam a elaboração do PMP a partir de restrições de capacidade produtiva, respeitando também o *lead time* de matéria-prima, entre outras limitações. Observou-se uma maior preocupação em gerar um PMP, e conseqüentemente uma programação de produção que possibilitasse um menor tempo de resposta do sistema produtivo a imprevistos. Estas características são típicas de sistemas MTO, onde o ciclo de competitividade inicia já na programação da produção.

6.3 Recomendações para trabalhos futuros

As conclusões apresentadas neste trabalho procuraram responder às questões apresentadas pelo objetivo do mesmo, porém não esgotam o assunto. Neste sentido, pode-se sugerir outros temas que complementam os resultados obtidos até o momento, entre os quais:

- ✎ Uma pesquisa abrangendo mais empresas, em todo o território nacional, traçando um perfil amplo dos usuários de sistemas APS/FCS;
- ✎ Um estudo relacionando as diferentes abordagens de programação e matemáticas apresentadas, e outras existentes, aos sistemas produtivos. Nesse contexto recomenda-se verificar a maior ou menor aderência de cada abordagem;
- ✎ A criação de uma metodologia de escolha e implantação de sistemas APS/FCS, relacionando-os com toda a cadeia produtiva, analisando os prós e contras da substituição de sistemas já existentes nas empresas; e
- ✎ A criação de modelos e cenários para uso dos sistemas APS/FCS no planejamento estratégico das empresas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A desktop Guide to Aps. **APS INSIGHT**, v. 7, oct 2001. 5 p. Disponível em: <www.aps.insight.com>. Acesso em 20/02/2002.

APPLEQUIST, G. et al. Issues in the use, design and evolution of process scheduling and planning systems. **ISA Transactions**, v. 36, n. 2, p. 81-112, 1997.

CAÇADOR, Frederico F.; LAURINDO, Fernando J. B. O papel da TI no planejamento da cadeia de suprimentos. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 10., 2003, Bauru. **Anais...** Bauru: Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, 2003.

CERVENY, R. P.; SCOTT, L. W. A survey of MRP I implementation. **Production and Inventory Management**, v. 30, n. 3, p. 31- 34, 1989.

CHASE, R.; HAYES, R. H. Beefing up service firms. Sloan Management Review, Fall 1991.

CORBETT NETO, Thomas. **Contabilidade de ganhos**: a nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições. São Paulo: Nobel, 1997. 192 p.

CÔRREA, Henrique L.; GIANESE, Irineu G. N.; CAON, Mauro. **Planejamento, programação e controle da produção**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001. 452 p.

DAVIS, Nicholas; AQUILANO J.; CHASE, Richard B. **Fundamentos da administração da produção**. Tradução: Eduardo D'Agord Schaan, et al. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 598 p.

ECK, Marjolein Van. **Is logistics everything?** A research on the use (fulness) of advanced planning and scheduling systems. Paper for Business mathematics and Informatics: Vrije Universiteit Amsterdam, 2003. p. 1-53.

ENGLAND. Department of Trade and Industry. **Finite capacity scheduling**: an introductory guide for manufacturers. London, 2002. 16 p.

ENNS, S. T. Van. **Finite capacity scheduling systems**: performance issues and comparisons. *Computers in Engng*, v. 30, n. 4, p. 727-739, 1996.

FERREIRA, João C. E. **Planejamento assistido por computador – CAPP**, 1996. 91f. Notas de Aula.

FREITAS, Paulo J. de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas**: com aplicações em Arena. Florianópolis: Visual Books, 2001. 322 p.

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GOLDRATT, Eliyahu M. **A síndrome do palheiro**: garimpendo informação num oceano de dados. [s.l.]: Educator, 1991. 306 p.

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **The Goal**: a process of ongoing improvement. 2 ed. [s.l.]: North River Press, 1992. 337 p.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. Restoring our competitive edge. John Wiley, 1984.

HARRISON, M. Finite scheduling in perspective. **BPICS Control**, p. 33-37, dec. 1992/jan.1993.

LEHTONEN, J. M.; APPELQVIST P.; RUOHOLA T.; MATTILA I. Simulation-based finite scheduling at albany international. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2003. **Proceedings...** 2003. p.1449-1455.

MILLER, S.; PEGDEN, D. Manufacturing simulation: introduction to manufacturing simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2000. **Proceedings...** 2000. p.63-66.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da produção e operações**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1998. 619 p.

Will APS replace MRP? **APS INSIGHT**, v. 5, july 2001. 3 p. Disponível em: <www.aps.insight.com>. Acesso em 21/03/2002.

PARIS, Wanderson S. **Evolução histórica dos sistemas produtivos**. Disponível em <<http://www.wsparis.ws/ap/hist.htm>>. Acesso em 24 de fevereiro de 2004.

PEDROSO, M. C.; CORRÊA, H. L. Sistemas de programação da produção com capacidade finita: uma decisão estratégica? **RAE - Revista de Administração de Empresas**, v. 36, n. 4, p.60-73, out/nov/dez. 1996.

PIRES, Silvio. **Gestão estratégica da produção**. Piracicaba: Unimep, 1995. 269 p.

PLENERT, Gerhard J.; KIRCHMIER, Bill. **Finite capacity scheduling**: management, selection and implementation. USA: John Wiley & Sons, 2000. 251 p.

QUINN, Gregory; NOVELS, Mike. Analyzing production schedules. **IIE Solutions**, v. 33, n. 2, p.38-42, feb. 2001.

RALSTON, D. A brief history of manufacturing control systems: a personal view of where we went wrong - Part 1. **Control Magazine**, v. 22, n. 5, p. 21-24, June 1996.

RALSTON, D. A brief history of manufacturing control systems: a personal view of where we went wrong - Part 2. **Control Magazine**, v. 22, n. 6, p. 13-16, Jul./Aug. 1996.

RALSTON, D. A brief history of manufacturing control systems: a personal view of where we went wrong - Part 3. **Control Magazine**, v. 22, n. 7, p. 24-30, Sep. 1996.

RALSTON, D. A brief history of manufacturing control systems: a personal view of where we went wrong - Part 4. **Control Magazine**, v. 22, n. 8, p. 13-17, Oct. 1996.

REKLAITIS, G. V. **Overview of Planning and Scheduling Technologies**. In: Latin American Applied Research. **Proceedings...** 2000. p. 285-293.

RENTES, Antonio. **Planejamento e controle da produção II**: graduação em engenharia de produção, 2º semestre de 2002, USP. 15 f. Notas de Aula.

RONDEAU Patrick J.; LITTERAL Lewis A. Evolution of manufacturing planning and control systems: from reorder point to enterprise resource planning. **Production and Inventory Management Journal**, v. 42, n. 2, p. 1-7, Second quarter 2001.

SADOWSKI, Randy. **Selecting scheduling software**. IEE Solutions: Institute of Industrial Engineers. Norcross, GA, p. 1-3, out. 1998.

STAMFORD, P. P. **ERP: prepare-se para esta mudança**. Recife: Ed. da UFPE, jun. 2000.

SADOWSKI, Randy. **Selecting scheduling software**. **IEE Solutions: Institute of Industrial Engineers**, Norcross, p. 1-3, out. 1998.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. Tradução: Maria Teresa Correa de Oliveira, Fábio Alher. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 747 p.

TAYLOR, Sam G. Finite capacity scheduling alternatives. **Production and Inventory Management Journal**, v. 42, n. 3/4, p. 70-74, Third Quarter 2001.

TINHAM, Brian. APS: Band-Aid or Keyhole Surgery? **Manufacturing Computer Solutions**, p.10-14, feb.2003.

TUBINO, Dálvio F. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 220 p.

TURBIDE, David. What happened to APS? **Midrange Enterprise**, p. 4-6, out. 2000.

ANEXO A - QUESTIONÁRIO PARA A CONDUÇÃO DAS ENTREVISTAS NAS EMPRESAS ESTUDADAS

Estes questionários foram utilizados para conduzir as entrevistas preliminares, como uma ferramenta auxiliar na obtenção de dados. Além destes, também foram gravadas entrevistas que complementam as informações solicitadas abaixo.

Sobre as características produtivas e sistemas de administração da produção já utilizados pela empresa – Parte I

1. Descreva o sistema produtivo da empresa.
2. Descreva brevemente os produtos fornecidos pela empresa.
 - a. Famílias;
 - b. Número médio de componentes;
 - c. Níveis da lista de materiais (médio).
3. A empresa já possuía sistema ERP? Citar.
4. A empresa já possuía sistema MRP ou MRP II? Citar.
5. A empresa já possuía sistema MES? Citar.

Sobre a escolha e implantação do sistema APS/FCS – Parte II

1. Quando surgiu a necessidade de um sistema de programação da produção baseado no conceito de capacidade finita?
2. Em que área se apresentava o maior gargalo?
 - a. Capacidade produtiva;
 - b. Vendas;
 - c. Compra de matéria prima;
 - d. Outras, citar.
3. Quantos sistemas participaram da escolha?
4. Qual o principal critério da escolha?
 - e. Baseada nos objetivos de implantação;
 - f. Custo;
 - g. Suporte;
 - h. Indicação de outras empresas;
 - i. Outros, citar.

5. Equipe original envolvida na implantação.
6. Início e término da implantação.
7. Quais foram as etapas de implantação?
8. Principais dificuldades ocorridas durante o período de escolha do sistema e implantação.
9. A empresa teve acesso a bibliografia especializada?
10. Tipo de implantação?
 - j. Independente
 - k. Parcialmente independente
 - l. Dependente