

MARCO AURÉLIO DE MESQUITA

**ANÁLISE DE MODELOS E PRÁTICAS DE
PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO :
UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Engenharia.

2000

MARCO AURÉLIO DE MESQUITA

**ANÁLISE DE MODELOS E PRÁTICAS DE
PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO :
UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Engenharia.

Área de Concentração : Engenharia de Produção

Orientador : Miguel Cezar Santoro

2000

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	iii
Lista de Figuras	iv
Resumo	v
Abstract	vi
1 Apresentação do Problema	1
1.1 Introdução	1
1.2 Definição do Problema	5
1.3 Hipóteses, Premissas e Abrangência	7
1.4 Relevância do Tema	10
1.5 Metodologia da Pesquisa	11
1.6 Estrutura do Trabalho	12
2 Formulação e Modelagem do Problema de Planejamento da Produção	13
2.1 Introdução	13
2.2 Gestão de Estoques	18
2.3 Programação da Produção	25
2.4 Planejamento Agregado	30
2.6 Integração dos Processos de Planejamento da Produção	34
2.7 A aplicação dos modelos no planejamento da produção	34
3 Sistemas Gerenciais de Planejamento e Programação da Produção	37
3.1 Introdução	37
3.2 “ <i>Material Requirements Planning</i> ” (MRP)	39

3.3	Evolução do MRP para MRP II	46
3.4	Potencialidades e Deficiências do MRP II	50
3.5	Alternativas ao MRP II : “ <i>Just in Time</i> ” e “ <i>Theory of Constraints</i> ”	52
3.6	Sistemas Integrados de Gestão Empresarial (ERP)	56
3.7	Modelos de Apoio à Decisão e os Sistemas Integrados de Gestão	59
4	Pesquisa de Campo	61
4.1	Introdução	61
4.2	Panorama da Indústria Farmacêutica	61
4.3	A Indústria Farmacêutica no Brasil	65
4.4	Método de Pesquisa	69
4.6	Análise dos Resultados das Entrevistas	86
5	Análise dos Resultados e Conclusões da Pesquisa	89
5.1	Introdução	89
5.2	Verificação das Hipóteses de Pesquisa	89
5.3	Considerações sobre o Hiato entre Teoria e Prática	96
5.4	Conclusões Finais	100
5.5	Desdobramentos e Futuros Trabalhos	101
	Anexo	102
	Referências Bibliográficas	121

Lista de Tabelas

Tabela 3.1	43
Tabela 4.1	62
Tabela 4.2	66
Tabela 4.3	67

Lista de Figuras

Figura 3.1	40
Figura 3.2	48
Figura 3.3	49
Figura 3.4	58
Figura 4.1	63
Figura 4.2	68

Resumo

O presente trabalho aborda a questão da baixa utilização dos modelos da pesquisa operacional e estatística nos processos de decisão em planejamento da produção e estoques.

Para identificar as possíveis razões, foi realizado um estudo de caso na Indústria Farmacêutica Brasileira por meio de entrevistas com os responsáveis pelo planejamento da produção em algumas empresas multinacionais. As empresas consideradas no estudo estão entre as maiores da Indústria Farmacêutica e localizam-se na região metropolitana de São Paulo.

A partir dos resultados das pesquisas de campo e bibliográfica, a respeito dos modelos da pesquisa operacional aplicados à gestão da produção e dos modelos baseados no cálculo de necessidades tipo MRP II, verificou-se que a complexidade dos modelos matemáticos e a falta de experiência dos profissionais com a modelagem e implantação de modelos analíticos são os fatores principais que explicam a baixa difusão destes modelos nas empresas.

Finalmente, com intuito de reduzir o hiato entre teoria e prática na área de planejamento da produção e estoques, o autor propõe algumas ações nas seguintes áreas : i) formação profissional; ii) parcerias entre a Universidade e as empresas de TI, que desenvolvem os sistemas de gestão empresarial; iii) pesquisa acadêmica na área de planejamento da produção e estoques, enfatizando a necessidade de estudos de caso de desenvolvimento e implantação de modelos analíticos nas situações reais das empresas.

Abstract

In this dissertation the reader will find a descriptive research which aims to identify the reasons why people didn't use operations research models in the production and inventory management.

A case research is conducted in the Brazilian Pharmaceutical Industry by means of personal interviews with the production and inventory manager of some sampled multinational companies. These companies are among the largest ones in the Pharmaceutical Industry and are located in the metropolitan region of São Paulo.

The results of the field research and the bibliographic review, which covers the operations research models and their manufacturing resources planning counterparts to production and inventory management, reveal that both the complexity of the mathematical models and the lack of experience with the operations research approach prevent the development and use of decision support systems based on more sophisticated models.

Finally, in order to bridge the gap between theory and practice in the production and inventory management field, the author suggests several actions in the following key areas : i) the professional education; ii) the partnership between academics and the IT companies, which develop enterprise systems; iii) the academic research in the field of production and inventory management, with emphasis on implementation case study research of analytical models in real company environment.

1 Apresentação do Problema

1.1 Introdução

Em 1996, a IFORS - *The International Federation of Operational Research Societies*, entidade que reúne as principais sociedades nacionais de Pesquisa Operacional, promoveu sua 14ª Conferência Triannual, cujo tema foi : “*OR - Bridging the Theory and Practice of Decision Making*”. A escolha deste tema para a conferência evidencia uma preocupação da comunidade acadêmica com respeito às dificuldades e limitações por parte das organizações na utilização de uma vasta gama de conceitos e métodos da Pesquisa Operacional. Esta preocupação está manifesta também em artigos publicados na literatura acadêmica como, por exemplo, REISMAN; KIRSCHNICK (1994), NEMHAUSER (1994) e GEOFFRION (1992).

Na Engenharia de Produção, as áreas de Planejamento da Produção e Logística são, tradicionalmente, as que apresentam maior potencial para o desenvolvimento e aplicação de modelos de otimização. JOHNSON; MONTGOMERY (1974) e HAX; CANDEA (1984) constituem duas referências fundamentais sobre a modelagem matemática dos problemas de planejamento, programação e controle da produção e estoques. GRAVES *et al.* (1993) reúnem diferentes trabalhos, onde se discutem os problemas de otimização da produção e estoques, incluindo os casos mais complexos com múltiplos produtos e estágios de produção. BUZACOTT; SHANTHIKUMAR (1993) apresentam os modelos estocásticos da Pesquisa Operacional, utilizados na análise de capacidade e desempenho de sistemas de produção. Além destes, vale destacar ainda SILVER *et al.* (1998), BRANDIMARTE; VILLA (1995) e ASKIN (1993).

Freqüentemente, encontram-se na literatura acadêmica artigos divulgando resultados expressivos obtidos por empresas e outras organizações com a utilização de modelos analíticos de otimização. Em especial, a revista *Interfaces*, editada pela sociedade norte-americana INFORMS (*Institute for Operations Research and Management Science*), tem por linha editorial promover a publicação de artigos que descrevem a aplicação de modelos de otimização em casos reais. LIN *et al* (2000) e LEACHMAN *et al* (1996), vencedores do prêmio “*Franz Edelman Award for Management Science Achievement*”, concedido ao melhor trabalho prático em concurso anual promovido pela INFORMS, juntamente com ARNTZEN *et al* (1995), LEE *et al.* (1993) e CAMM *et al* (1997) podem ser citados com exemplos de destaque na aplicação de modelos de otimização na gestão da produção e estoques em empresas de manufatura.

Por outro lado, sabe-se que a utilização de modelos analíticos de apoio à decisão nos processos de planejamento da produção e estoques nas empresas é muito pequena. SANDERS; MANRODT (1994) fazem um levantamento sobre as práticas de previsão de demanda em empresas norte-americanas e constatam que a maioria delas não emprega técnicas estatísticas na previsão de demanda. BUXEY (1995) analisa a divergência entre teoria e prática de planejamento da produção, a partir de uma pesquisa contendo trinta empresas australianas. Conclusões semelhantes, a cerca da adequação dos modelos de planejamento agregado, podem ser encontradas no estudo de NAM; LOGENDRAN (1992).

Dentre as linhas de pesquisa ligadas ao Planejamento da Produção e Estoques, a Teoria de Programação (“*Scheduling Theory*”) é aquela que, provavelmente, reúne os maiores desafios e volume de produção científica no campo da Pesquisa Operacional. Contraditoriamente, é nesta área também onde se observam as maiores dificuldades de aplicação prática. WIERS (1997); MACCARTHY; LIU (1993), DUDEK *et al.* (1992), BUXEY (1989), MCKAY *et al.* (1988) e GRAVES (1981) discutem os problemas de programação da produção e as razões para a baixa inserção dos modelos de otimização na indústria. PACHECO (1999) aborda este tema no contexto brasileiro, a partir de um estudo

de casos em empresas que, segundo critérios definidos pelo autor, deveriam investir na melhoria dos processos de programação da produção. Apesar da importância estratégica da programação da produção, constatou-se que o emprego de modelos clássicos de otimização é muito pouco difundido no conjunto de empresas considerado.

Uma abordagem alternativa para os problemas de planejamento da produção, bastante difundida nas empresas, está associada aos modelos denominados MRP II - *Manufacturing Resources Planning*. Estes modelos surgiram nos Estados Unidos, no final dos anos 60 e início dos 70. Denominados originalmente *Material Requirements Planning* (MRP), auxiliam na execução do programa mestre de produção, determinando as necessidades de materiais, componentes e subconjuntos conforme a estrutura dos produtos que se deseja produzir e os tempos padrão de produção e de suprimento (fornecedores). A partir da implantação destes sistemas, busca-se reduzir os estoques e os atrasos por falta de material na produção intermitente. A segunda geração do MRP, desenvolvida na década de 80, passou a incorporar, além das necessidades de materiais, as restrições de capacidade da fábrica e a disponibilidade de recursos financeiros para execução da produção.

Segundo PLOSSL (1994), a difusão do conceito MRP entre as empresas norte-americanas deve-se, em especial, ao apoio dado pela APICS - *American Production and Inventory Control Society*, que, desde os anos 60 até hoje, promove congressos e publicações na área de Gestão da Produção e Estoques.

GREENE (1996) reúne vários autores que tratam diferentes problemas de planejamento da produção e estoques de uma perspectiva mais gerencial que aquela predominante no ambiente acadêmico. Dentre os assuntos abordados, destacam-se : sistemas de informação para gerência da produção, sistemas de apoio à engenharia de produtos e processos, previsão de demanda, planejamento da capacidade, manutenção, administração de materiais, controle de estoques, compras, programação da produção, controle da produção e distribuição física dos produtos. Três abordagens principais para

planejamento da produção e estoques são consideradas : MRP II, *Just-in-Time* e Teoria das Restrições. (Vide também VOLLMANN *et al.* (1997) e CORRÊA; GIANESI (1994)).

Os sistemas MRP II evoluíram, na década de 90, para os sistemas integrados de gestão empresarial conhecidos como ERP - *Enterprise Resources Planning*. Estes sistemas têm por objetivo integrar toda a base de dados da empresa em um único banco de dados, utilizando uma arquitetura cliente-servidor. Devido a sua abrangência, que se estende por diferentes áreas da empresa (Contabilidade, *Marketing/Vendas*, Produção, Engenharia etc) e conseqüente complexidade, estes sistemas são, em geral, constituídos de módulos que, integrados, compõem o sistema de gestão empresarial. Nos módulos de planejamento da produção, normalmente se utiliza a lógica do MRP II. Apesar da origem ligada à manufatura, estes sistemas são encontrados hoje em diferentes tipos de empresa.

Com a crescente difusão dos sistemas MRP na indústria e o desinteresse de grande parte comunidade acadêmica em relação ao modelo básico destes sistemas, inicia-se um processo de distanciamento da pesquisa acadêmica em relação às práticas das empresas na área de planejamento da produção. Partindo-se do modelo MRP, os problemas de dimensionamento de lotes, elaboração do programa mestre e seqüenciamento da produção são os que oferecem maiores oportunidades para incorporação das técnicas de otimização. Em BAKER (1993), encontra-se uma descrição da lógica MRP II e de diferentes modelos de otimização para o dimensionamento de lotes de produção. ROBINSON; DILTS (1999) defendem que as pesquisas acadêmicas futuras sejam cada vez mais orientadas para a integração dos modelos de otimização com os sistemas ERP, visto que o número de empresas que implantaram este tipo de sistema é bastante expressivo e tende a crescer.

Em princípio, a maior disponibilidade de dados e de recursos computacionais nas empresas torna mais fácil o desenvolvimento e a utilização de modelos de apoio à decisão. Embora o foco atual dos fornecedores de sistemas ERP seja a racionalização do fluxo de informações, encontram-se, no mercado de software, diferentes fornecedores de sistemas

de apoio a decisão para previsão de demanda, programação da produção e distribuição física dos produtos. Um aspecto que merece destaque é entender como as empresas avaliam a adequação dos sistemas disponíveis e como utilizam estes sistemas no processo de planejamento da produção e estoques. PACHECO (1999), analisando o processo de decisão na aquisição de sistemas de programação da produção intermitente em empresas nacionais, conclui que as empresas, de forma geral, valorizam menos a qualidade dos modelos embutidos que as funcionalidades dos sistemas de programação.

Neste trabalho, serão analisadas as práticas de planejamento da produção e estoques em um dado conjunto de empresas, focalizando, em especial, a utilização de modelos analíticos de apoio à decisão. Para efeito desta pesquisa, decidiu-se trabalhar com a indústria farmacêutica, em virtude das seguintes características : a) representam um setor industrial importante, tanto do ponto de vista econômico quanto social; b) constituem-se, em sua maioria, de sistema produtivo único, com produção intermitente para estoque e uma complexa rede de distribuição; c) em geral, são empresas de grande porte, algumas multinacionais, com capacidade de investimentos em sistemas mais sofisticados de planejamento da produção e estoques; d) muitas destas empresas estão localizadas na região metropolitana de São Paulo, facilitando o contato e acesso.

Espera-se, com esta pesquisa, contribuir para a melhor compreensão das dificuldades e limitações associadas à utilização dos modelos acadêmicos e apresentar sugestões para redução do hiato entre a teoria acadêmica e as práticas empresariais.

1.2 Definição do Problema

Esta pesquisa tem como objetivo central responder a seguinte questão :

Por quê as empresas não utilizam modelos estatísticos e de otimização nos processos de planejamento, programação e controle da produção e estoques ?

Um primeiro aspecto a ser analisado refere-se à previsão de demanda, ponto de partida do processo de planejamento da produção, e ao próprio planejamento da produção. Pretende-se verificar como as empresas elaboram suas previsões de demanda, avaliando o grau de conhecimento e utilização dos modelos estatísticos de previsão. Conhecidas as previsões de demanda, o passo seguinte consiste no planejamento agregado de produção, em que se definem as metas de produção e estoques desejados e os recursos de produção necessários (capital financeiro, materiais, recursos humanos, equipamentos etc) num horizonte de planejamento de médio prazo. Este planejamento agregado, normalmente expresso na forma de um orçamento anual, serve como diretriz para a coordenação das atividades de diferentes áreas da empresa. A partir da pesquisa de campo, verificar-se-á como as empresas realizam este processo de planejamento e se utilizam modelos analíticos de apoio à decisão neste caso.

O segundo aspecto a ser abordado, diz respeito à programação da produção, que consiste basicamente na operacionalização do planejamento agregado da produção. Envolve uma série de atividades como a emissão de ordens de produção, aquisição de materiais, formação de lotes, seqüenciamento da produção, controle de operações na fábrica, controle de estoques e expedição de produtos acabados. Novamente, deseja-se identificar quais e como os modelos de apoio à decisão são utilizados na programação da produção e dimensionamento de estoques.

Um ponto que aqui merece destaque diz respeito à integração entre os dois níveis de planejamento descritos acima. Isto é, analisar como as decisões de planejamento agregado (nível tático) afetam a programação da produção e o controle de estoques (nível operacional) e vice-versa.

Finalmente, pretende-se avaliar as divergências entre os modelos apresentados na literatura acadêmica e as práticas nas empresas analisadas. Identificar as expectativas destas empresas e as barreiras existentes para a adoção de modelos analíticos de apoio à decisão e, a partir desta avaliação, propor adaptações e melhorias dos modelos e métodos de planejamento e programação da produção e estoques para o setor produtivo em questão.

1.3 Hipóteses, Premissas e Abrangência

Hipóteses

Para responder a questão central da pesquisa e alcançar os objetivos propostos, são formuladas três hipóteses :

Hipótese 1 (Capacitação) : a primeira hipótese, que poderia justificar a baixa utilização dos modelos, é que as empresas não dispõem de pessoal capacitado para o desenvolvimento e implantação de modelos analíticos de apoio à decisão.

A eventual falta de capacitação pode estar associada a deficiências na formação acadêmica dos profissionais que atuam no planejamento da produção. Na pesquisa de campo, além das práticas de planejamento da produção e estoques, pretende-se verificar qual a formação destes profissionais e qual o grau de conhecimento dos modelos acadêmicos relacionados aos problemas de planejamento da produção e estoques. Esta hipótese, em se confirmando, sugere uma discussão mais aprofundada sobre a eficácia dos programas de graduação e pós-graduação e do processo de divulgação das pesquisas e do conhecimento acadêmicos na área de planejamento da produção e logística.

Hipótese 2 (Adequação) : a segunda hipótese considera que os modelos analíticos disponíveis não são adequados às necessidades das empresas. Esta falta de adequação pode estar associada aos seguintes fatores : i) falta de aderência dos modelos; ii) complexidade dos modelos; iii) dificuldade de operacionalização.

O primeiro ponto, sobre a falta aderência dos modelos, consiste em afirmar que os modelos e teorias elaborados no ambiente acadêmico não representam satisfatoriamente os problemas reais de planejamento e programação na atividade empresarial. Para corrigir esta eventual distorção, seria necessário promover uma maior aproximação entre a área acadêmica e as empresas, direcionando os esforços de pesquisa futuros para a modelagem e solução de problemas reais dos diferentes setores industriais.

Especificamente, com relação à natureza dos modelos, é importante destacar a necessidade de estruturação do problema de planejamento da produção e estoques de forma hierárquica, tanto na dimensão temporal (operacional, tático e estratégico) quanto na dimensão espacial (suprimento, produção e distribuição). Esta visão global dos problemas de planejamento da produção e estoques permitiria uma melhor compreensão e utilização dos modelos de apoio à decisão.

O segundo ponto, sobre a complexidade dos modelos e que não exclui a hipótese de falta de aderência, consiste em afirmar que os modelos analíticos de apoio à decisão são muito complexos e de difícil compreensão para a maioria das pessoas. Este fato explicaria a falta de profissionais com competência nesta área e, em decorrência, a ausência de aplicação efetiva da abordagem acadêmica nas empresas.

Por fim, a respeito das dificuldades de operacionalização, a introdução de modelos de apoio à decisão nas empresas passa pelo desenvolvimento ou aquisição de “*softwares*” que, integrados à base de dados da empresa, proporcionam alternativas de decisão para os problemas de planejamento da produção e estoques. Qualquer que seja a decisão da

empresa (“*make or buy*”), o processo de implantação destes sistemas envolve custos e riscos. Dependendo da relação custo-benefício percebida pela empresa, a opção pode ser pela não adoção de modelos mais elaborados em planejamento da produção e estoques.

No caso de aquisição de um “*software*”, o uso de modelos de apoio à decisão depende, evidentemente, da disponibilização destes modelos pelo fornecedor de “*software*”, correndo-se o risco de uso de modelos inadequados por falta de compreensão e capacidade de avaliação daqueles embutidos no software. Já no caso de desenvolvimento, além da formulação e modelagem analítica dos problemas, que podem ser consideradas atividades complexas, a implantação dos modelos envolve, na maioria dos casos, o elaboração de um software. Neste sentido, a abordagem acadêmica esbarra na dificuldade de conversão de modelos conceituais em procedimentos efetivamente operacionais.

Hipótese 3 (Relevância) : a terceira hipótese está relacionada à necessidade de modelos analíticos de apoio à decisão nos processos de planejamento da produção e estoques. Admitindo-se que a atividade de planejamento da produção e estoques desempenha um papel relevante para o desempenho destas empresas, eventualmente há uma percepção de que a adoção de modelos de apoio pouco contribui para melhoria das decisões e, portanto, não representa uma alternativa a ser explorada.

É importante destacar que, ao invés de implantar sistemas sofisticados de apoio à decisão, as empresas podem optar por investir prioritária e diretamente na melhoria dos processos de produção e gerenciais como, por exemplo, desenvolver uma relação de parceria com fornecedores e distribuidores que permita uma maior racionalização dos processos de suprimento e distribuição, investir na aquisição de equipamentos mais modernos e na qualificação da mão-de-obra para se conseguir maior flexibilidade de produção, investir em tecnologia de informação e no desenvolvimento de novos produtos. Embora não excludentes, estas iniciativas podem, em muitos casos, trazer ganhos de eficiência e competitividade maiores que a adoção de complexos sistemas de apoio à

decisão. SIMCHI-LEVI *et al.* (2000) apresenta, a partir de estudos de casos, uma série de estratégias e iniciativas gerenciais que, segundo os autores, têm contribuído significativamente para a redução de custos nas empresas.

Premissas

Este trabalho tem como premissa básica que as empresas consideradas buscam aumentar sua eficiência operacional e que a racionalização dos processos de planejamento da produção e estoques é parte fundamental neste processo. Além disto, em virtude dos grandes investimentos realizados em tecnologia de informação, considera-se que as empresas em questão possuem capacidade de investimento para desenvolvimento ou aquisição de “*softwares*” com modelos de apoio à decisão, caso julguem necessário.

Acredita-se também que a utilização de modelos de pesquisa operacional de forma integrada no processo de planejamento da produção e estoques deve contribuir significativamente para o aumento da eficiência operacional das empresas.

Abrangência

A pesquisa estará limitada ao setor farmacêutico. Concentrar-se-á nos processos de planejamento e programação da produção e estoques (níveis tático e operacional). Questões referentes ao planejamento estratégico e da capacidade, organização da produção, tecnologia de informação e logística de suprimentos e distribuição, ainda que tenham impacto no processo de planejamento, não serão tratadas explicitamente neste trabalho.

1.4 Relevância do Tema

Embora a pesquisa de campo seja desenvolvida em empresas do setor farmacêutico, as análises e algumas das conclusões poderão ser estendidas para outras empresas de bens de consumo com produção intermitente. A concentração em um setor específico permite um maior aprofundamento da análise e está de acordo com uma das hipóteses formuladas anteriormente, ou seja, a da necessidade de se considerar as particularidades do problema de planejamento da produção nos diferentes setores industriais.

Uma contribuição mais pretensiosa seria a redução do hiato entre teoria e prática. Pretende-se, a partir deste trabalho, enfatizar a necessidade de se desenvolver pesquisas mais aplicadas em Planejamento da Produção e Estoques e, em particular, no campo da Pesquisa Operacional. Deseja-se também contribuir para uma reflexão sobre as estratégias de ensino da graduação nesta área.

1.5 Metodologia da Pesquisa

Este projeto de pesquisa se inicia com um levantamento bibliográfico dos principais modelos de planejamento da produção e estoques. Serão considerados tanto os modelos de formulação matemática (modelos analíticos), quanto os modelos baseados no cálculo de necessidades (MRP).

O passo seguinte é a coleta de dados, realizada a partir de visitas e entrevistas em alguns dos grandes laboratórios farmacêuticos. Inicialmente, será feita uma pesquisa por questionário para levantamento das práticas de previsão de demanda, planejamento e programação da produção e estoques. A partir do levantamento bibliográfico e da pesquisa de campo, buscar-se-á a solução do problema central formulado na tese, ou seja, apresentar caminhos para aumentar a difusão de modelos analíticos no processo de planejamento da produção e estoques nas empresas com produção intermitente.

1.6 Estrutura do Trabalho

No capítulo 2, apresenta-se um quadro sintético dos modelos estatísticos e de otimização desenvolvidos no meio acadêmico para utilização nos processos de planejamento da produção e estoques. Ao final do capítulo, faz-se uma discussão sobre a implantação e gestão de modelos desta natureza nas empresas.

O capítulo 3 apresenta uma segunda classe de modelos, aqui denominados sistemas gerenciais, mais direcionados para o gerenciamento do fluxo de informações. Pela sua importância, é feita uma revisão da evolução dos modelos MRP, desde a década de 60 até os dias atuais. Além dos modelos MRP, o capítulo traz uma rápida apresentação das técnicas JIT / Kambam e da Teoria das Restrições, sob a perspectiva do planejamento da produção e estoques. Ao final do capítulo, abre-se espaço para uma discussão sobre as potencialidades de integração de modelos analíticos com os sistemas de gestão empresarial ERP.

Concluída a revisão bibliográfica, apresenta-se, no capítulo 4, um breve panorama da indústria farmacêutica. O método de pesquisa utilizado e uma descrição dos resultados das entrevistas realizadas nas empresas são apresentados a seguir. Encerra-se o capítulo com a interpretação dos resultados obtidos na pesquisa de campo. Finalmente, o capítulo 5 apresenta uma análise dos resultados, as conclusões do trabalho e possíveis desdobramentos.

2 Formulação e Modelagem do Problema de Planejamento da Produção

Este capítulo inicia-se com uma formulação dos problemas de planejamento, programação e controle da produção e estoques. A seguir, apresentam-se a abordagem geral e os principais modelos matemáticos disponíveis na literatura acadêmica para resolução destes problemas. Ao final do capítulo, discute-se a aplicabilidade destes modelos nas empresas.

2.1 Introdução

Segundo BUFFA; MILLER (1979), para a concepção e gestão de sistemas de produção, é importante diferenciar dois subsistemas; o primeiro corresponde ao sistema físico de produção e estoques, constituído de fábricas, depósitos, equipamentos, veículos, pessoa etc; o segundo, ao sistema lógico de planejamento e controle, responsável pela coordenação e condução do fluxo de materiais e das atividades na produção de bens e serviços através do sistema físico. Em função do volume e fluxo de produção, os sistemas físico de produção são classificados em produção contínua (larga escala) ou intermitente (em lotes). Estes, por sua vez, são subdivididos em produção para estoques ou sob encomenda, conforme as condições de mercado. Cada um deste tipos possui suas especificidade tanto do ponto de vista físico quanto do lógico e gerencial.

Compõem o sistema de planejamento e controle os seguintes elementos : i) base de dados (informações para o planejamento e controle); ii) processos de decisão (planejamento agregado, gerenciamento de pedidos, dimensionamento de estoques, programação da

produção, cálculo de necessidades de materiais, planejamento da capacidade e recursos humanos); iii) execução e controle (incluindo ações corretivas). Apesar das similaridades, os sistemas de planejamento e controle apresentam características diferenciadas nos diferentes ambientes de produção definidos acima (produção contínua e intermitente para estoques ou sob encomenda).

Nos sistemas de produção sob encomenda, destaca-se o problema de programação da produção (*job shop scheduling*), que consiste basicamente em determinar um programa de execução das atividades de produção, visando o bom atendimento dos clientes (quantidades e prazos) e a utilização eficiente dos recursos produtivos da empresa (recursos humanos, equipamentos e materiais). Já nos sistemas de produção para estoque, a partir de previsões de vendas, determina-se uma política de reposição de estoques, visando minimizar os custos de produção e estoque, mantendo uma disponibilidade adequada de produtos acabados. Nos sistemas de produção contínua, o problema central consiste da coordenação do fluxo de materiais e das atividades de produção, que proporcione maior eficiência no uso dos recursos e na satisfação da demanda.

Numa perspectiva mais ampla, pode-se analisar o sistema produção e distribuição constituído de fornecedores, fábricas, depósitos, centros de distribuição e pontos de venda. Estes sistemas, destinados à produção em massa de produtos de consumo, caracterizam um problema de gestão da produção e estoques em múltiplos estágios. As diferentes etapas do processo de produção, estoques e transporte formam, em muitos casos, uma complexa cadeia ou rede logística de produção. Ao longo destas cadeias de produção, destacam-se o fluxo de materiais e produtos em direção ao cliente final e, no sentido inverso, o fluxo de informações sobre a demanda. Segundo BUFFA; MILLER (1979), a otimização global da produção ao longo da cadeia produtiva fica limitada em função das fronteiras da competência dos processos de decisão, em geral, restritos ao âmbito de cada empresa, que tem autonomia para planejar e programar sua produção. As dificuldades de coordenação

dos diferentes elos da cadeia impõe uma restrição ao planejamento conjunto dos níveis de produção e estoques.

HAX; CANDEA (1984) caracterizam os sistemas de produção e estoques a partir do fluxo de materiais e produtos, desde a aquisição de materiais, produção (fabricação e montagem) até a distribuição física para o consumidor final (transporte e armazenagem). Definem como objetivos gerais destes sistemas a disponibilização de produtos em quantidade, local e instante necessários, com qualidade e custos adequados. Estes sistemas de produção e estoques são constituídos basicamente de fábricas, equipamentos, materiais, depósitos, veículos, sistemas de informação e pessoas. A capacidade de produção está limitada por restrições físicas e tecnológicas, bem como pela disponibilidade de capital financeiro. Cabe ao planejamento da produção decidir sobre a alocação dos recursos de produção e financeiros, a fim de alcançar, de forma eficiente, os objetivos acima definidos. Este processo decisório pode ser bastante complexo em função da grande quantidade de variáveis e objetivos envolvidos.

Neste contexto, os autores defendem o emprego dos conceitos da Pesquisa Operacional no desenvolvimento e implantação de sistemas de apoio à decisão para a gestão de sistemas de produção e estoques. A fim de simplificar o processo decisório, definem-se três níveis de decisão : i) planejamento estratégico (decisões sobre capacidade produtiva, lançamentos de novos produtos e investimentos); ii) planejamento agregado (decisões gerenciais); iii) programação da produção (decisões operacionais). Os processos de decisão variam conforme a natureza dos sistemas de produção que são classificados em : sistemas de estoque puro, produção contínua, produção intermitente (para estoque ou sob encomenda) ou grandes projetos (produção unitária).

Para cada nível de decisão e ambiente de produção, são apresentados diferentes modelos matemáticos de apoio à decisão, que, em função do tipo de problema, são classificados em : i) planejamento da capacidade; ii) planejamento agregado; iii) gestão de

estoques; iv) programação da produção. Para a integração dos vários níveis de decisão, apresentam um modelo de Planejamento Hierárquico, em que as decisões de nível superior, tomadas com base em informações mais agregadas e horizontes de planejamento mais longos, transformam-se em restrições para as decisões de nível inferior. No sentido inverso, os resultados das decisões de nível tático e operacional constituem fontes de informação importantes para avaliação e revisão das decisões estratégicas (médio e longo prazo).

GRÁVES et. al. (1993) reúnem diferentes modelos analíticos desenvolvidos pela comunidade acadêmica da área de Pesquisa Operacional voltados para os problemas de gestão de estoques, planejamento agregado, programação da produção e problemas relacionados à logística da distribuição física dos produtos. BRAMEL; SIMCHILEVI (1997) apresentam modelos para programação da distribuição (roteiros de entregas), gestão de estoques na cadeia de distribuição e configuração da rede logística (localização de fábricas e depósitos).

CHASE et al. (1998) definem a gestão de operações como a concepção, operação e melhoria dos sistemas de produção de bens e serviços. Caracterizam a gestão de operações como um campo da administração, da mesma forma que *marketing* e finanças, procurando diferenciar a abordagem de gestão de operações das abordagens apresentadas nas disciplinas de Pesquisa Operacional e, de uma forma mais geral, da Engenharia Industrial. Os sistemas de produção são descritos a partir de cinco elementos básicos (5P) : i) “*people*”, ii) “*plants*” (fábricas e depósitos), iii) “*parts*” (materiais, componentes e produtos), iv) “*process*” (processos de fabricação, montagem, transporte e armazenagem) e v) “*planning and control*” (informação, decisão, execução e controle). Dentro das empresas, a gestão de operações se relaciona com diferentes outras áreas como, por exemplo, contabilidade, finanças, *marketing*, vendas, engenharia etc. ARNOLD (1998) destaca um conflito freqüente observado entre as áreas de finanças, *marketing* e produção nas empresas e o impacto destes conflitos nas decisões de planejamento da produção.

CHASE et al. (1998) apresentam uma perspectiva histórica da evolução da gestão de operações do início deste século aos dias atuais (1910-2000); as principais fases desta evolução, segundo os autores, são : administração científica, introdução da linha de montagem, estudos sobre motivação humana, pesquisa operacional, engenharia industrial, cálculo de necessidades (MRP), “*Just in Time*” (JIT) e gestão total da qualidade (“*Total Quality Management*”, TQM), estratégias de manufatura, expansão da tecnologia de informação (ERP, comércio eletrônico) e gestão integrada da cadeia de suprimentos (“*Supply Chain Management*”, SCM).

Atualmente, a gestão de operações, que substituiu a função original de planejamento e controle da produção (PCP), acompanha um processo de transformação nas empresas, que se inicia com a implantação de sistemas integrados de gestão empresarial (ERP), que resulta na reestruturação das empresas pela substituição da estrutura organizacional funcional clássica por uma estrutura matricial com ênfase na gestão de processos e, em particular, no gerenciamento de pedidos (vide SHTUB, 1999). Com o desenvolvimento da tecnologia de informação e o aumento da competitividade, observa-se a difusão do conceito de gestão integrada da cadeia de suprimentos que visa, a partir da troca de informações e parcerias entre clientes e fornecedores, uma maior eficiência na gestão da produção e estoques ao longo da cadeia produtiva, conforme descrito por BUFFA; MILLER (1979).

SIMCHI-LEVI *et al* (2000) exploram vários conceitos relacionados à gestão da integrada da cadeia de suprimentos, que é definida como o conjunto de abordagens utilizadas para a integração eficiente de fornecedores, fabricantes e distribuidores com o objetivo de produzir e entregar bens e serviços nas quantidades, local e instantes corretos, buscando a minimização dos custos totais e a satisfação das necessidades dos clientes. A partir da estruturação dos processos de decisões de forma hierárquica, formulam as seguintes questões centrais em SCM : i) configuração da rede logística, ii) gestão de estoques, iii) estratégias de distribuição, iv) integração da cadeia de suprimento e parcerias; v) projeto do produto; vi) sistemas de informação e apoio a decisão; vii) avaliação da

eficácia sob a perspectiva do cliente (*“customer value”*). Embora o foco seja a apresentação de estratégias e estudos de casos, os autores discutem também a utilização de modelos de apoio à decisão (denominados *“advanced planning and scheduling”*, APS) nos problemas de previsão de demanda, dimensionamento de estoques, programação da produção, planejamento agregado, cálculo de necessidades de materiais, localização de fábricas e depósitos, dimensionamento de frota e programação de entregas, fixação de prazos de entrega etc. Este modelos são classificados em : i) modelos estatísticos (análise de dados), ii) simulação, iii) inteligência artificial e iv) modelos de otimização (exatos e heurísticos). Além dos modelos, abordam alguns critérios para seleção do sistema de apoio à decisão (abrangência, requisitos de dados, interfaces, ferramentas de análise, qualidade das soluções, compatibilidade e integração com sistemas existente, requisitos de hardware e software, preço e suporte).

Neste capítulo, é feita uma revisão dos modelos analíticos desenvolvidos pela comunidade acadêmica para resolução dos problemas de gestão de estoques, programação da produção, previsão de demanda e planejamento agregado. Ao final do capítulo, é feita uma discussão a respeito da aplicabilidade destes modelos na prática.

2.2 Gestão de Estoques

Estoques correspondem a qualquer quantidade de material ou produto armazenado para uso ou venda futuros. Dentre as razões para manutenção de estoques, destacam-se : pronto atendimento à demanda, ganhos de escala na produção e transportes, absorção de incertezas (suprimento, produção e distribuição) e antecipação da produção para produtos com picos de demanda sazonais. Por outro lado, a manutenção de estoques envolve uma série de custos como, por exemplo, custos de capital, estocagem (movimentação, armazenagem e controle), riscos de perda e obsolescência. Além destes, destacam-se as perdas de eficiência decorrentes do aumento dos níveis de estoque em processo na

produção, tanto no que diz respeito à atividade de produção propriamente dita (qualidade, produtividade e segurança) quanto ao aumento do tempo total de execução das ordens de produção (tempo de resposta), em consequência do aumento do tempo de fila e dificuldades em coordenação das atividades e do fluxo de materiais na fábrica.

Nos sistemas de estoque puro, a gestão de estoques consiste exclusivamente em definir uma política de reposição de estoques com vistas a equilibrar os custos de estoque e a disponibilidade de produtos para satisfação da demanda dos clientes (custos versus nível de serviço).

Já nos sistemas de produção e estoques, a gestão de estoques está diretamente ligada às atividades de planejamento e programação da produção. Para efeito de análise neste ambiente, é conveniente classificar os estoques em quatro tipos : matéria prima e componentes (entrada), estoque em processo (intermediário), produtos acabados (saída) e materiais de apoio à produção (operação e manutenção). Os produtos acabados, destinados aos clientes, subdividem-se ainda em produto final e peças de reposição. Atualmente, a gestão da produção e estoques, que envolve diferentes áreas da empresa (compras, produção, vendas, contabilidade, engenharia etc), prioriza a redução o nível geral de estoques em busca de redução de custos e aumento da eficiência e agilidade das empresas de manufatura. Esta busca se apóia na melhoria contínua dos processos de produção, gestão da produção e relacionamento com clientes e fornecedores.

De forma geral, o dimensionamento de estoques decorre da necessidade de equilibrar os custos de estoques e os custos de produção (ganhos de escala). A seguir, apresentamos os principais modelos de otimização desenvolvidos com o intuito de auxiliar na tomada de decisão com respeito ao dimensionamento e controle de estoques.

Fórmula do Lote Econômico

A fórmula do lote econômico, apresentada por Ford W. Harris em 1913 (vide ERLENKOTTER, 1990), é freqüentemente utilizado como ponto de partida para apresentação de uma vasta gama de modelos matemáticos relacionados ao problema de gestão de estoques. O problema consiste em determinar o tamanho dos lotes e, por decorrência, a freqüência de reposição visando minimizar os custos de estoque e preparação (*set up*), para reposição de um item sujeito à uma demanda estável ao longo do tempo. O modelo parte das seguintes premissas : i) demanda contínua e constante; ii) determinístico; iii) um único item.

O modelo do lote econômico consiste em determinar a quantidade e, por conseguinte, a freqüência de reposição de um dado item visando minimizar a soma dos custos de estoque e preparação. A equação dos custos pode ser representada por :

$$C(Q) = h\frac{Q}{2} + s\frac{D}{Q} \quad (1)$$

onde : Q é o tamanho do lote; D, a demanda, C, o custo total e h e s, respectivamente, o custo unitário de armazenagem e “*set up*”.

A formulação matemática do problema consiste em minimizar o custo total :

$$\min_{Q>0} C(Q) \quad (2)$$

cuja solução é dada por :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Ds}{h}} \quad (3)$$

que corresponde à fórmula clássica do lote econômico.

Apesar da simplicidade e racionalidade do modelo, este tem pouca aplicação prática, em virtude das hipóteses simplificadoras. O modelo acima, desenvolvido a partir de um

problema de dimensionamento de lotes na fabricação de componentes pressupõe que a demanda seja estável e independente. Atualmente, em função da grande variedade de itens e a pressão por redução de estoques, a gerência de produção nas fábricas procura evitar a compra e produção antecipada de qualquer componente. Outra limitação presente no dimensionamento de lotes está relacionada a restrições tecnológicas, que limitam as alternativas de tamanho de lote (múltiplo de um estoque mínimo, por exemplo). Na literatura acadêmica, encontram-se algumas extensões da fórmula do lote econômico para casos como a possibilidade de descontos, múltiplos itens com limitação de espaço físico etc. Estes modelos, em geral, são de pequeno interesse prático.

Os modelos MRP e JIT/Kambam representam dois paradigmas que sucederam o conceito de lote econômico, utilizado nas empresas até os anos 60. O primeiro se baseia no conceito de demanda dependente, ou seja, uma vez definido o programa mestre de produção, todos os materiais necessários, conforme a estrutura dos produtos, devem ser produzidos na quantidade exata e instantes apropriados para execução do processo de produção. A viabilidade do cálculo de necessidades de materiais (quantidades e instantes) é decorrência da informatização da indústria de manufatura a partir da década de 60. O paradigma JIT/Kambam, que se que também visa evitar a antecipação de produção de componentes sem demanda estabelecida, enfatiza, também, a necessidade de redução de “*set-up*” que, coerente com a fórmula de Harris, permite reduzir o tamanho dos lotes. Estes modelos de planejamento serão abordados no capítulo 3.

Reposição de Estoques

Partindo da concepção do lote econômico, levando-se em consideração que a demanda, embora estável, tenha variações aleatórias, definem-se duas formas alternativas de implementação do modelo do lote econômico, que são : i) sistema de reposição periódica; ii) sistema de reposição com ponto de pedido (revisão contínua). No primeiro caso, a decisão sobre reposição de estoques ocorrem em intervalos regulares, independente

do nível de estoque. É prática comum nas empresas (indústria e comércio), utilizar sistemas de reposição periódica com revisão mensal dos níveis de estoque.

Na revisão contínua, quando o nível de estoque ultrapassa um valor mínimo, emite-se uma ordem de compra ou produção; este nível mínimo, denominado ponto de pedido, corresponde à uma quantidade suficiente para absorver demanda durante o período de reposição, ou seja, o tempo necessário da emissão da ordem de compra até o recebimento do lote. Em particular, quando o ponto de pedido é igual ao máximo, tem-se o sistema de reposição automática, ou seja, qualquer saída de um item dá origem a um pedido de reposição. A reposição automática de estoques, principalmente nos pontos de venda, tem sido mais difundida em virtude das facilidades de comunicação proporcionadas pelo acesso a rede mundial de computadores (Internet) e a pressão por redução de estoques.

Em função das incertezas da demanda e prazos, é prática comum sobre-dimensionar as quantidades ou antecipar os instantes de pedido com intuito de absorver as oscilações de demanda. Existem duas abordagens teóricas essenciais no dimensionamento de estoque de segurança. Tomando a reposição contínua como exemplo, a primeira alternativa consiste em dimensionar os lotes a partir dos modelos determinístico e, a seguir, adicionar uma quantidade extra (estoque de segurança - ES), que pode ser calculado pela fórmula :

$$ES = k\sigma_{DLT} \quad (4)$$

onde : k representa um coeficiente de segurança definido a partir do nível de serviço desejado e σ_{DLT} o desvio padrão (incerteza) da demanda durante o “lead time” (tempo de resposta). Se além da incerteza na quantidade, houver também incerteza quanto ao tempo de resposta, uma segunda parcela dever ser somada. Como regra geral, quanto maior a incerteza, maiores os estoques de segurança.

A abordagem anterior se baseia na definição de um nível de serviço ou, de forma equivalente, uma probabilidade máxima de falta aceitável. A segunda abordagem, mais elaborada que a primeira, se baseia em um modelo de otimização que minimiza a soma dos custos de estoque e falta. Este modelo e o respectivo método de solução são apresentados, por exemplo, em CHASE (1998).

Um conceito bastante simples e útil na gestão de estoques é a tradicional classificação ABC ou gráfico de Pareto. Este conceito, também denominado regra 80-20, consiste em classificar os itens em ordem crescente do produto consumo pelo valor unitário em um dado período. A partir desta classificação é possível verificar quanto cada item representa em termos do gasto total em estoques no período considerado. Verifica-se, na prática, que poucos itens representam uma parcela significativa dos custos, mais especificamente, diz-se que 20% dos itens em estoque (denominados itens classe A) representam cerca de 80% do investimento total, enquanto 50% dos itens de menor valor (itens classe C) respondem por apenas 5% do investimento total.

O efeito ou princípio de Pareto, também aplicado em outras áreas da administração industrial, fornece uma idéia de prioridade. Se é verdade que a quantidade de itens em estoque administrados na indústria de manufatura é tipicamente elevado, a classificação ABC destaca que uns poucos são mais importantes que os demais e, por isso, merecem maior atenção do gestor.

Dimensionamento de Lotes com Demanda Variável

Outro desdobramento do modelo do lote econômico decorre da relaxação da hipótese de demanda constante. Considerando-se um horizonte futuro finito, dividido em n intervalos equivalentes, cada um com uma demanda D_i associada, o problema de determinação dos períodos e quantidades em que deve ocorrer a reposição de estoques, visando minimizar os custos de estoque e “set up”, constitui um problema de otimização clássico de

dimensionamento de lotes com demanda variável. A solução deste problema, apresentada na década de 50, é conhecida como algoritmo de Wagner-Whitin. Este procedimento, encontrado, por exemplo, em BAKER (1993) constitui o ponto de partida de uma linha de pesquisa acadêmica conhecida como “*lot sizing*”. Interessante notar que, apesar das limitações do modelo, os precursores da difusão dos sistemas MRP propunham a adoção do algoritmo “otimizante” de Wagner-Whitin como alternativa para o problema de formação de lotes de itens comuns dentro da lógica MRP.

Estoques com múltiplos itens e/ou múltiplo estágios

Conforme mencionado anteriormente, os modelos vistos consideram cada item separadamente para efeito de dimensionamento, desprezando a interdependência dos processos de produção que podem existir. A generalização dos modelos para múltiplos itens pode ser feita a partir de adaptações da fórmula do lote econômico ou por uma formulação mais genérica, baseada em programação linear. Esta segunda alternativa, apesar de não apresentar solução analítica, é bastante flexível e de fácil operacionalização. De uma forma geral, os modelos de estoques que apresentam solução analítica, correspondem a casos tão particulares e por isso têm pouco interesse prático. Duas referências bastante citadas em gestão de estoques são SILVER *et al.* (1998) e ZIPKIN (1999).

O tratamento conjunto de estoques em uma cadeia de suprimentos traz desafios difíceis de serem tratados em modelos analíticos e, talvez por isso, é pesquisado bem menos intensamente no meio acadêmico. Estratégias especiais tem sido sugeridas como, por exemplo, o retardamento da diferenciação de produtos (“*postponement*”), centralização da distribuição e estoques de segurança (“*risk pooling*”), colaboração no planejamento da produção e reposição de estoques na cadeia de suprimentos, evitando o efeito de chicoteamento da demanda (“*collaborative planning, forecasting and replenishment*” ou CPFR e “*bullwhip effect*”), comércio eletrônico (“*e-business*”), entre outras. No entanto,

essas estratégias, descritas por SIMCHI-LEVI *et al.* (2000), CHRISTOPHER (1999) e FLEURY *et al.* (2000), não costumam ser acompanhadas por tratamento teórico analítico.

2.3 Programação da Produção

O problema de programação da produção intermitente se inicia com a determinação do composto ou “*mix*” de produtos com as respectivas quantidades que deve ser produzido durante o intervalo de programação (curto prazo; mês, semana ou dia). Para execução desta meta de produção, por vezes denominada programa mestre de produção, deve-se determinar a seqüência das atividades de produção na fábrica e a necessidade de materiais. Estes materiais, quando não disponíveis em estoque, devem ser adquiridos em tempo de fornecedores externos. Assim, o resultado da programação da produção consiste em um programa de operações de fabricação e montagem na fábrica e um cronograma de compras e suprimento de materiais. Para facilitar a gerência da fábrica, o programa de produção vigente pode ser expresso na forma de um gráfico de Gantt, onde se representam as operações (início e término) que devem ocorrer ao longo do tempo, em cada máquina ou centro de produção.

A elaboração de um programa de produção viável e eficiente pode se constituir em uma tarefa difícil. Alguns objetivos gerais perseguidos pelo programador da produção são :

- i) pontualidade na entrega dos produtos acabados, ii) agilidade na produção para que o intervalo de execução completa de uma ordem de produção seja o menor possível;
- iii) redução do nível de estoques em processo, como também de materiais e produtos acabados em estoque; iv) maximização da utilização dos recursos.

A dificuldade do problema de programação da produção decorre, entre outras coisas, do fato de que os objetivos acima são conflitantes. Em particular, a maximização do uso dos recursos, na busca de um melhor retorno sobre os investimentos e o capital da empresa,

induz ao aumento de ordens de produção; isto implica no aumento do congestionamento da fábrica e, por conseqüência, maior dificuldade em coordenar as atividades de produção. Além disto, o ritmo de produção pode ser alterado pela ocorrência de imprevistos como, por exemplo, quebra de máquina, acidentes, falta de operários, atrasos na entrega por fornecedores, cancelamentos de ordens de produção etc, que implicam na necessidade de revisão e correção da programação em curso. A melhoria do desempenho da fábrica passa, por um lado, pela melhoria dos processos de produção (tecnologia, treinamento, simplificação de processos etc) e, por outro, pelo maior capacitação em planejamento, programação e controle da produção e estoques.

Analisando o problema de programação da produção, é importante verificar que este apresenta peculiaridades e diferentes graus de complexidade em função do tipo de ambiente de produção em questão. Na programação da produção em ambientes de produção para estoque (“*make to stock*”, MTS), ênfase especial é dada à definição do composto ou programa mestre de produção, ou seja, a definição do quê e quanto produzir. A avaliação da qualidade da programação, nestes casos, se baseia principalmente no estoque de produtos acabado; uma boa programação deve resultar em um estoque equilibrado, em que não haja excesso nem falta de produtos. Outros indicadores se baseiam na produtividade dos demais recursos de produção (equipamentos e recursos humanos).

No ambiente de produção sob encomenda (“*make to order*” - MTO), onde a produção só se inicia após o pedido do cliente, a ênfase da programação está na programação das atividades de produção e compra. Neste caso, os objetivos de pontualidade e prazo de entrega ganham importância. Pode-se considerar um terceiro ambiente de produção, denominado montagem sob encomenda (“*assembly to order*”, ATO), em que componentes comuns são produzidos para estoque e a montagem dos produtos finais (com a diferenciação) é feita somente contra pedido dos clientes. Caracteriza-se assim, um problema de programação que combina as características dos dois ambientes anteriores (MTS e MTO).

Dependendo do tipo de organização da empresa, a atividade de programação pode envolver diferentes áreas da mesma. Em uma empresa com a organização funcional clássica, a programação da produção envolve as áreas de compras, produção, engenharia, logística, vendas e contabilidade. A integração destas áreas é fundamental para o bom desempenho da programação da produção.

No ambiente acadêmico, o problema de programação da produção é tratado dentro da teoria de otimização combinatória ou, simplesmente “*scheduling*”. Nesta linha de pesquisa, são considerados diferentes problemas referentes a outras áreas que não a manufatura, nos setores de transportes, logísticas, computação e telefonia, serviços etc. Ainda é incipiente o desenvolvimento de uma teoria acadêmica específica para a área de programação da produção (“*production scheduling*”) se comparado com as necessidades reais.

Os problemas de programação da produção são classificados, na literatura clássica, de diversas formas. Uma primeira classificação diz respeito à quantidade de máquinas e o fluxo de operações na fábrica. Os problemas de programação são então classificados em : uma única máquina, processamento em paralelo, fluxo em linha (“*flow shop*”) ou geral (“*job shop*”). Além desta, classificam-se os problemas conforme o processo de chegadas das ordens (estáticos ou dinâmicos), a duração dos processos (determinísticos ou estocásticos), os objetivos de programação (minimizar atrasos, tempo de fluxo etc), o método de solução empregado etc.

Do ponto de vista matemático, os problemas de programação são bastante conhecidos pela dificuldade de solução. Mesmo problemas de formulação simples podem apresentar difícil solução, dependendo do objetivo definido. Os principais resultados disponíveis são as regras de seqüenciamento e alguns algoritmos otimizantes e heurísticos para solução de problemas particulares. As regras de seqüenciamento auxiliam na elaboração dos programas pela fixação de prioridades na alocação das ordens de produção nas máquinas, isto é,

decidem, dentro de uma fila de operações em uma dada máquina qual deve ser a próxima a ser processada. Este método, bastante intuitivo e flexível para aplicação real, se baseia em regras como ordem de chegada, menor tempo de processamento, data de entrega mais próxima, menor folga, menor número de operações restante etc. Apesar do caráter intuitivo das regras de seqüenciamento, esta abordagem não garante que a solução encontrada seja ótima.

O algoritmo de Johnson, apresentado nos anos 50, permite, a partir de um procedimento bastante simples, determinar a seqüência de processamento sucessivo de n operações em duas máquinas que resulta no menor tempo total (“*makespan*”). Este procedimento pode ser generalizado, em condições particulares, para o caso de três máquinas. No entanto, sua generalização para problemas de maior porte (número de máquinas e ordens) não apresenta solução ótima conhecida.

Os problemas mais gerais como, por exemplo, um “*job shop*” com um limitado número de máquinas, ordens de produção e objetivo de minimizar o tempo total de processamento, podem, a princípio, ser resolvidos a partir do bastante conhecido algoritmo “*branch-and-bound*” para problemas de programação linear inteira. Na prática, mesmo problemas de pequeno porte (poucas máquinas e ordens), o tempo computacional seria excessivamente alto para obtenção de uma solução. Mesmo com recentes avanços na pesquisa e desenvolvimento de novos algoritmos, levando-se em consideração também a maior capacidade de processamento dos computadores disponíveis, ainda assim, é fato notório na comunidade acadêmica que apenas problemas muito reduzidos podem ser resolvidos e encontrada sua solução ótima.

Uma classe particular de problemas, de aparente menor interesse, são os referentes a uma única máquina. Embora seja raro um problema de programação real em que as atividades produtivas ocupem um único recurso, os modelos e algoritmos baseados em uma única máquina, evidentemente mais simples, podem ser utilizados na programação de

ambientes de produção que possui um recurso limitante mais evidente. Nestes casos, o seqüenciamento das ordens de recurso, usualmente denominado recurso *gargalo*, seria suficiente para produzir uma programação aceitável.

Analisando o problema de programação em ambientes de produção para estoque, verifica-se que, além de e talvez mais importante que a programação de operações, a determinação do composto de produção constitui um ponto central, isto é, o problema caracteriza-se como um problema de formação de lotes e de seqüenciamento da produção.

Outro aspecto pouco abordado na teoria decorre da necessidade muito comum de sincronização, quando a execução de uma operação depende de duas ou mais operações precedentes, como, por exemplo, em operações de montagem do produtos com múltiplos componentes. Em geral a teoria aborda problemas com fluxo unidirecional, em que cada operação, excluída a primeira, apresenta uma única operação precedente. Várias outras características do problema real de programação da produção também não estão satisfatoriamente abordadas na teoria como, por exemplo, a existência de múltiplos objetivos, cancelamento e introdução de novos pedidos, a possibilidade de sub-divisão de lotes, interrupção do processamento de uma ordem em favor de outra e tempo de preparação de máquina dependente da seqüência.

Entre as empresas, observam-se duas tendências com relação ao problema de programação. O primeiro compreende a adoção das técnicas gerenciais que proporcionem um melhor desempenho da fábrica. A segunda está relacionada à aquisição de sistemas de apoio à decisão para programação da produção. Um ponto importante na escolha destes sistemas, além da adequação do modelo, está na interface e interatividade com o programador da produção. A vasta teoria de *scheduling* é tratada em MORTON; PENTICO (1993) e PINEDO; CHAO (1999).

2.4 Planejamento Agregado

O problema de planejamento agregado consiste na definição dos níveis de produção e estoques desejados e dos principais recursos de produção necessários (materiais, equipamentos, recursos humanos etc). Nas empresas, está normalmente, está associado ao processo de elaboração do orçamento anual, momento em que são definidas as metas e objetivos de médio prazo.

O planejamento agregado é mais importante em ambientes onde os produtos (ou, eventualmente, algum insumo) seja sazonal, isto é, tenha demanda (oferta) variável ao longo do ano. Neste casos, a empresa pode optar por variar a capacidade e os volumes de produção conforme a necessidades, ou então, produzir antecipadamente e estocar para atender o pico de demanda.

Conforme mencionado anteriormente, o problema de planejamento agregado está diretamente associado ao problema de gestão de estoques em empresas de manufatura e, também, com o problema de programação de produção, uma vez que, a disponibilidade de recursos em um dado período disponível para programação deve ter sido previamente definida no planejamento agregado de médio prazo. O adjetivo agregado refere-se ao tratamento dados aos produtos e recursos que, ao contrário da programação da produção e controle de estoques (nível operacional), devem ser tratado de forma agrupada, ou seja, consideram-se genericamente famílias de produtos, centros de produção e homens-hora, o que simplifica a modelagem sem prejuízo considerável da qualidade da solução. Um ponto fundamental para execução do planejamento agregado está na capacidade de previsão e estabilidade do mercado em que a empresa atual.

A seguir apresenta-se um protótipo de modelo de planejamento agregado baseado em programação linear.

$$\max \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m r_i S_{it} - h_i I_{it}$$

sujeito a :

$$dmin_{it} \leq S_{it} \leq dmax_{it}$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} X_{it} \leq c_{jt}$$

$$I_{it} = I_{it-1} + X_{it} - S_{it}$$

$$X_{it}, S_{it}, I_{it} \geq 0$$

Os parâmetros e variáveis de decisão deste modelo são :

i : índice do produto (m produtos)

j : índice do centro de produção (n centro)

t : índice do período

$dmin, dmax$: demanda máxima e mínimo do produto i no período t

a_{ij} : tempo necessário do produto i no centro j

c_{jt} : capacidade do centro j no período t

r_i : margem de contribuição do produto i

h_i : custo de armazenagem do produto i

X_{it} : quantidade produzida do produto i no período t

S_{it} : quantidade vendida do produto i no período t

I_{it} : estoque do produto i ao final do período t .

A primeira equação representa o lucro líquido deduzido o custo de estoque. Dentre as restrições, a primeira equação representa a viabilidade frente a demanda, a segunda, as restrições de capacidade e, finalmente, a terceira, a continuidade de estoques. Neste modelo, as variáveis de decisão definem a produção, venda e estoques de cada item ao longo do horizonte de planejamento T , que maximiza o retorno para empresa. O modelo básico

apresentado acima, que determina o composto de produção, pode ser generalizado de várias formas. Por exemplo, incluindo restrições de disponibilidade de mão-de-obra, utilização de horas extra e subcontratação. Além dos modelos lineares, a bibliografia apresenta outros modelos heurísticos como, por exemplo, o modelo dos coeficientes administrativos e o modelo de planejamento paramétrico de Jones. Esses modelos, apesar do interesse teórico, têm pouca aplicabilidade prática e raros relatos de aplicação real. Como referência bibliográfica, além dos livros didáticos, vale destacar HAX; CANDEA (1984).

Utilizando-se uma planilha eletrônica, pode ser viável, em muitos casos, criar e resolver adequadamente um modelo de planejamento agregado. Ao contrário dos modelos combinatórios associados à programação da produção, os modelos de programação linear são bastantes flexíveis e de fácil solução. A dificuldade de aplicação do modelo em situações reais está na capacidade de prever comportamento futuro do mercado. Por exemplo, supondo que um empresário resolva produzir antecipadamente e estocar uma certa quantidade de produto, se esta não se concretiza há uma perda. Adotando a estratégia de variar a capacidade de produção via horas-extras e subcontratação, embora aumente os custos de produção, constitui uma estratégia mais conservadora, que pode ser revertida caso a demanda não se comporte como previsto.

2.5 Previsão de Demanda

Conforme visto no item anterior, a previsão de demanda é um dado de entrada do planejamento agregado. Da mesma forma, em ambientes de produção para estoques, a programação da produção também necessita de previsões atualizadas para o período seguinte, de tal forma que se possa definir o quanto produzir de cada produto. Nas empresas, é muito comum se considerar a previsão de demanda ou vendas como sendo o próprio processo de planejamento da produção.

Em princípio, a previsão de demanda consiste em avaliar o quanto o mercado está disposto a consumir de um determinado produto. Em função deste levantamento, a empresa deve se posicionar, definindo suas estratégias de *marketing* e produção no período considerado. Nas empresas, a previsão de demanda é freqüentemente atribuída à área de vendas que está mais próxima do cliente e dispõe de informações mais precisas do mercado. A qualidade da previsão de demanda se traduz no desempenho do controle de estoques de produtos acabados e os erros de previsão são normalmente geradores de excesso de estoques ou não atendimento aos clientes por falta de produto.

Do ponto de vista da modelagem do problema, existem duas abordagens dominantes. A primeira, denominada qualitativa, busca estruturar o processo de discussão e negociação entre os envolvidos na previsão de demanda, que se baseia essencialmente na percepção e julgamento das pessoas. A previsão final deve ser resultado do consenso entre os envolvidos. A segunda abordagem, quantitativa ou estatística, se baseia em dados históricos de demanda. Os modelos principais podem ser classificados em dois grupos : projeção de série temporais e métodos de regressão e correlação. A previsão baseada em projeção parte da premissa de que a tendência passada deve se manter no futuro; nos modelos de regressão e correlação, que também partem desta premissa, busca-se prever o comportamento da variável demanda em função de outras variáveis independentes. Em geral, os métodos de regressão e correlação produzem melhores resultados com variáveis agregadas. As teorias e modelos clássicos de previsão de demanda são encontrados em : HANKE *et al.* (1998), DIEBOLD (2000) e MAKRIDAKIS *et al.* (1997).

Analisando as tendências desta área nas empresas, percebe-se, até pelo aumento da competição, uma substituição da preocupação com a previsão de demanda por iniciativas visando um relacionamento mais estreito com os clientes, dando origem ao conceito de Gestão da Demanda. A análise do comportamento e das necessidades dos clientes, como também a instituição de parcerias e troca de informações tem como objetivo de manter a base de clientes atual, conquistar novos cliente e ampliar as vendas.

De qualquer forma, a área de previsão de demanda apresenta várias dificuldades inclusive de compreensão e formulação do problema. No meio acadêmico, predomina uma visão científica baseada na estatística e nas ciências naturais, enquanto no meio empresarial, a incerteza de demanda é fato inexorável do mercado e, por decorrência, da própria atividade empresarial

2.6 Integração dos Processos de Planejamento da Produção

Os diferentes problemas apresentados nos itens anteriores, mais especificamente, previsão de demanda, planejamento e programação da produção e estoques estão inter-relacionadas. Assim, os processos de decisão também devem estar integrados e coerentes. A formulação de uma estrutura hierárquica que relacione os processos de decisão de níveis operacional, tático e estratégico é fundamental.

Uma tentativa em estruturar o processo de planejamento e controle da produção e estoques de forma hierárquica e baseado em uma formulação matemática está do modelo clássico de Planejamento Hierárquico da Produção proposto inicialmente por Hax e Bitran e que está detalhado em HAX; CANDEA (1984). Mais recentemente, HOPP; SPEARMAN (2000) abordam o problema e propõe um modelo de planejamento que combina um pouco da abordagem acadêmica com o conceito de produção puxada na programação e controle da produção. De certa forma, os modelos MRPII, que são discutidos no capítulo 3, também apresentam uma estrutura hierárquica de planejamento.

2.7 A aplicação dos modelos no planejamento da produção

NENHAUSER (1993) aponta para uma contradição que se observa a respeito da aplicabilidade dos conceitos e métodos da Pesquisa Operacional. Segundo o autor, apesar do grande avanço da informática e do volume de pesquisas em otimização, não se verifica

uma difusão dos modelos analíticos no processo de decisão das empresas. Pelo contrário, observa-se uma tendência de diminuição do interesse de alunos e profissionais pela disciplina. A principal razão deste trabalho é entender, no contexto do planejamento da produção e estoques, por que os modelos analíticos não são utilizados.

ACKOFF (1976), um dos pioneiros da Pesquisa Operacional, em seu artigo, critica o que classificou como um distanciamento da disciplina de suas origens. Há vinte e cinco anos, havia críticas sobre o fato da disciplina ter gradualmente se transformado em uma disciplina estritamente matemática. Segundo o autor, é importante frisar a característica aplicada da Pesquisa Operacional, que deve ser orientada à solução de problemas reais.

De fato, a abordagem clássica da pesquisa operacional, normalmente apresentada nas primeiras aulas dos cursos de Pesquisa Operacional, é constituída das seguintes etapas (vide ACKOFF, 1956) : i) formulação e modelagem do problema; ii) coleta de dados; iii) desenvolvimento do método de solução; iv) testes de validação do modelo; v) implementação do modelo ou da solução. Como a maior parte das pesquisas acadêmica parte de problemas clássicos já formulados e se concentra exclusivamente no desenvolvimento de métodos elaborados de solução destes problemas, há que se concordar que a capacidade de solução de problemas reais fica bastante limitada.

Especificamente, no que diz respeito ao planejamento da produção e estoques, as pesquisas também devem buscar a solução dos problemas vividos pelas empresas. Segundo HOPP; SPEARMAN (2000), ainda não se dispõe de um modelo acadêmico, não necessariamente matemático, satisfatório para auxiliar no planejamento da produção. Em lugar de uma teoria consistente, o que se verifica é uma profusão de conceitos dispersos que, segundo os autores, têm maior receptividade se forem designados por uma sigla de três letras (MRP, JIT, TQM, BPR, ERP, SCM, ECR, VMI etc etc).

Além da necessidade de aprimorar a teoria acadêmica (modelos), deve-se destacar também o aspecto da implementação dos modelos nas empresas. Neste sentido, a integração das pesquisas nas áreas de otimização e tecnologia de informação devem caminhar juntas, para que se alcance o potencial pelo dos sistemas de decisão nas empresas.

3 Sistemas Gerenciais de Planejamento e Programação da Produção

3.1 Introdução

“In 1966, Joe Orlicky, Oliver Wight, and I met in an American Production and Inventory Control (APICS) conference. We found that we had all been working on material requirements planning (MRP) programs, Joe at J.I. Case Company and IBM, Oliver and I at The Stanley Works. We continue to meet and compare notes on MRP and other topics. In the early 1970s we organized the APICS MRP Crusade, using the resources of the Society and the knowledge and experiences of a few ‘Crusaders’ to spread the word on MRP among members and others interested. ... ” (PLOSSL, 1994).

O texto acima está na abertura da segunda edição do livro *Materials Requirements Planning* (MRP), publicado originalmente por J. Orlicky em 1975. Conforme Plossl relata, na década de 70 iniciou-se a difusão do conceito de planejamento ou cálculo de necessidades de materiais no planejamento e controle da produção. Em particular, a nova técnica era apresentada como uma forma mais racional de gerência de estoques na produção industrial, até então baseada quase que exclusivamente em métodos estatísticos de reposição de estoques.

O modelo MRP fundamenta-se no conceito de demanda dependente, que estabelece uma relação direta entre demanda independente de produtos acabados e a demanda dependente dos materiais e componentes que integram estes produtos. Uma vez definido o programa mestre de produção, determinam-se as quantidades e os instantes em que os diferentes materiais serão necessários para a execução das atividades de fabricação e montagem. No item 3.2, é feita uma descrição da lógica do modelo MRP.

Embora tenha sido concebido para auxiliar na administração de materiais, o MRP passou a ser difundido como um instrumento de programação da produção. Em sua versão original, não considerava adequadamente as limitações de capacidade e a carga de trabalho nos centros de produção resultante da programação. Por isso, o MRP, que passou a ser rotulado como um sistema de programação com capacidade infinita, pode produzir programas de produção insatisfatórios, tanto do ponto de vista de atendimento de prazos quanto do volume de estoques intermediários.

Posteriormente, foram adicionados ao modelo básico procedimentos para verificação da capacidade da fábrica e da disponibilidade de outros recursos de produção. Surge, então, à segunda geração do MRP, apresentada no item 3.3, denominada *Manufacturing Resources Planning* (MRPII). Com o desenvolvimento da tecnologia de informação (“*hardware*” e “*software*”), um grande número de empresas passou a oferecer produtos para gestão industrial baseados na lógica MRPII, que rapidamente se tornou um padrão. Apesar da grande difusão dos *softwares* MRP entre as empresas, este modelo apresenta algumas limitações e sua implantação nas empresas deve ser cercada de uma série de cuidados para que possam efetivamente contribuir para uma maior eficiência na gestão da produção. No item 3.4, discutem-se as potencialidades e deficiências do modelo MRP.

Durante alguns anos, os sistemas MRPII mantiveram nos EUA um *status* de vanguarda como instrumento de planejamento e controle da produção, principalmente em ambientes de produção intermitente (produção em lotes). Na década de 80, passam à rivalizar com o paradigma *Just in Time* (JIT), introduzido pelos japoneses para controle de estoques na produção automobilística (produção em massa). No item 3.5, faz-se uma comparação entre as abordagens MRP e JIT / Kambam. Apesar das diferenças conceituais, alguns autores defendem um sistema híbrido de planejamento da produção, que utilize a estrutura de planejamento do cálculo de necessidades e as técnicas JIT para a programação e controle das operações na fábrica.

Na década de 90, os sistemas tipo MRP ganharam abrangência ainda maior, dando origem aos sistemas de gestão empresarial ou *Enterprise Resources Planning* - ERP. Esta nova classe de software, que se propõe a integrar todos os sistemas de informação da empresa em um único sistema corporativo com uma única base de dados comum, inclui vários outros aspectos do gestão empresarial como, por exemplo, contábil, financeiro, comercial, engenharia, recursos humanos etc. O passo seguinte, é a integração dos sistemas de gestão empresarial entre clientes e fornecedores ao longo da cadeia de suprimentos, possibilitando o desenvolvimento do comércio eletrônico através da comunicação entre empresas (“*business to business*” ou “B2B”) e das empresas com os consumidores (“*business to consumer*” ou “B2C”). No item 3.6, discute-se a difusão e as tendências de evolução dos sistemas ERP.

A conclusão do capítulo se faz no item 3.7, onde se reserva um espaço para uma discussão sobre a eficácia dos sistemas gerenciais disponíveis e a respeito da inserção de modelos matemáticos de apoio à decisão dentro destes sistemas corporativos de gestão empresarial.

3.2 “*Material Requirements Planning*” (MRP)

Estrutura de Materiais

Conforme mencionado anteriormente, o modelo MRP foi concebido para auxiliar na administração de materiais em ambientes com produção intermitente e grande variedade de itens. Naturalmente, um ponto de partida para implantação de um modelo de planejamento consiste na elaboração de um cadastro de materiais que permita, além do controle de estoques, determinar o conjunto de materiais necessários para execução de cada uma das etapas de produção dos diferentes produtos. Estes materiais podem ser classificados em matérias-primas, componentes e produtos semi-acabados. Parte destes

materiais são obtidos de fornecedores externos, enquanto outros são resultados de operações dentro da própria fábrica. O registro dos materiais que compõe a estrutura de um produto é denominada Lista de Materiais ou, em inglês, “*Bill of Material*” (BoM).

Na lista de materiais, além da descrição dos itens que compõem o produto, definem-se as quantidades necessárias de cada um dos itens “filhos” para fabricação ou montagem de uma unidade do item “pai”, aquele localizado um nível imediatamente acima na estrutura de produto. A Figura 3.1 apresenta a estrutura de produto de uma caneta esferográfica nas duas formas mais comuns (diagrama em árvore e lista endentada).

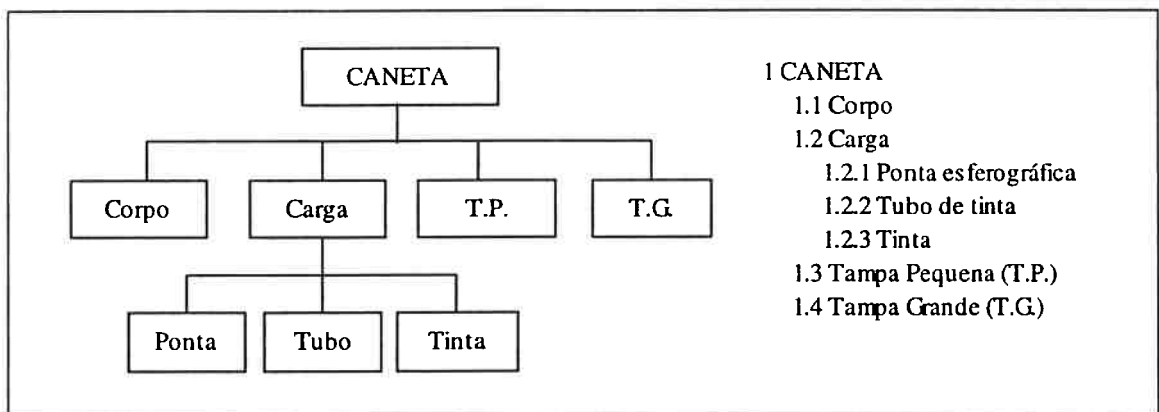


Figura 3.1 Estrutura de Materiais, exemplo.

Percebe-se que, à medida em que aumentam a complexidade e a variedade de produtos no sistema de produção, torna-se mais difícil a coordenação do fluxo de materiais, indispensável para a continuidade do processo produtivo. Uma forma possível de gerenciar estes materiais, comum até a década de 60, consistia em utilizar políticas tradicionais de reposição de estoques para os componentes e matérias primas mais comuns e encomendar aos fornecedores aqueles materiais mais específicos, conforme as necessidades de produção.

Segundo ORLICKY (1975), os sistemas tradicionais de reposição de estoques, baseados na classificação de Pareto e nos conceitos do lote econômico e ponto de reposição, são inadequados para a administração de estoques no ambiente industrial. A

principal razão desta inadequação está na premissa subjacente aos modelos clássicos de demanda estável e constante. Na realidade, a demanda de materiais e componentes na produção intermitente tende a ser bastante irregular (“lumpy”), por conta da falta de uniformidade no plano mestre de produção e da política de formação de lotes. O modelo MRP, apresentado por Orliky e outros, permitiria o cálculo das necessidades destes materiais ao longo do tempo e, em decorrência, a redução dos níveis de estoque. Por outro lado, se comparados aos sistemas clássicos, de fácil operacionalização, o modelo MRP vai exigir recursos computacionais mais sofisticados e uma mudança de cultura na gestão de materiais para sua implantação nas empresas.

KENWORTHY (1997) destaca as mudanças no ambiente industrial americano nas décadas de 50 e 60, em particular, a difusão do uso de computadores nas empresas, primeiramente na área administrativa e, a seguir, na gerência da produção. Surgem, nos EUA, os primeiros programas de computador que, a partir do programa mestre de produção e da lista de materiais, calculam as necessidades dos diferentes materiais ao longo do tempo, facilitando assim a atividade de gerência da produção. Estes programas, originalmente denominados Processadores de Listas de Materiais (“*Bill of Materials Processing*”), apesar das limitações computacionais da época, revelaram-se bastante úteis para os fabricantes de produtos com estrutura complexa e produção intermitente.

Um exemplo de ambiente de produção para utilização deste recurso computacional era a fábrica de tratores e equipamentos agrícolas onde trabalhava J. Orlicky, na década de 60. A produção intermitente sob encomenda proporcionava grandes desafios devido à elevada quantidade de componentes e a concomitância de diferentes ordens de produção. Os procedimentos baseado no cálculo de necessidades foram sendo aprimorados e consolidados em um novo modelo que foi denominado *Material Requirement Planning* ou simplesmente MRP. Em 1975, Orlicky publica seu livro “MRP – *Material Requirement Planning*”. Com o apoio da *American Production and Inventory Control Society* – APICS,

o novo conceito passou a ser difundido pelos EUA, sendo apresentado como alternativa às práticas convencionais de gerenciamento de estoques na produção industrial.

A lógica do MRP

O modelo MRP dos anos 70 apresentava três elementos básicos para gerenciamento da produção : i) programa mestre de produção; ii) lista de materiais; iii) controle de estoques. O programa mestre de produção (“*Master Production Scheduling*”, MPS) consiste na definição das quantidades de cada produto final que se deseja produzir em cada período (“*time buckets*”) dentro do horizonte de planejamento. Por exemplo, pode-se considerar um horizonte de programação de dois meses e, dentro deste horizonte, períodos semanais. Nas empresas com produção sob encomenda, o MPS corresponde à carteira de pedidos da empresa, com datas e quantidades negociadas com os clientes. No caso de produção para estoques, o MPS é elaborado principalmente com base em previsões de demanda futura dos produtos.

Na lógica MRP, os produtos finais, que incluem produtos acabados e peças de reposição, são denominados produtos com demanda independente, uma vez que a demanda é definida externamente ao sistema de produção, conforme as necessidades dos clientes (mercado). Em contrapartida, a demanda por matérias primas e componentes está ligada à programação da produção e, por isso, são denominadas demanda dependente. Neste caso, esta demanda interna, apesar de bastante irregular em função da intermitência das operações, é bastante previsível. Pelo novo modelo, a demanda dependente deve ser calculada (antecipada) e não estimada a partir de técnicas estatísticas.

Uma vez definido o programa mestre de produção dos diferentes produtos, o próximo passo consiste na explosão ou cálculo de necessidades de materiais. Dados o programa de produção e a estrutura de materiais dos produtos, calculam-se as necessidades de materiais para execução da produção. Descontando-se eventuais itens em estoque e levando-se em

consideração os tempos de produção e compra (“*lead times*”), determinam-se as quantidades e os instantes em que devem ser produzidos ou comprados cada item. A programação é realizada a partir da data de entrega do produto final, determinando-se retroativamente a programação de fabricação ou aquisição dos itens de nível mais baixo na estrutura de produto. Esta lógica de programação para trás (“*backward scheduling*”) pode resultar na programação de atividades em instantes anteriores ao instante atual em que se realiza a programação, ou seja, atividades que já estariam atrasadas a priori. Neste casos, pode-se refazer a programação iniciando-se as atividades no instante mais cedo a partir do início da programação até a conclusão do produto final (“*foreward scheduling*”). A menos que se utilize outras medidas para acelerar a execução desta ordem, a data definida neste procedimento corresponde a data possível de entrega do produto ao cliente.

A Tabela 3.1 apresenta um padrão de registro do MRP. Na primeira linha, encontram-se as necessidades brutas do componente em cada período. Se o componente em questão for o produto final, os valores correspondem aos do MPS, caso contrário, as são determinadas a partir das ordens de produção planejadas dos respectivos itens pais.

Tabela 3.1 Registro básico do MRP

Período	1	2	3	4	5	6	7	8
Necessidade Brutas	100	80	100	50	80	50	100	40
Recebimentos Programados		200						
Estoque Projetado	170	70	190	90	40	60	10	60
Recebimentos Planejados					100		150	
Ordens Planejadas			100		150			

“*Lead time*”=2 períodos

Os recebimentos programados estão associados às ordens de produção em progressão na fábrica. A terceira linha representa o estoque atual e o projetado em função do consumo e dos recebimentos futuros. Ordens de produção devem ser planejadas e emitidas de forma que o estoque projetado não seja negativo em nenhum período futuro. Em função das necessidades líquidas e da política de formação de lotes para do item, determinam-se as

ordens de produção planejadas. A medida em que as ordens planejadas são liberadas para a fábrica, são substituídas por recebimentos programados.

No exemplo da Tabela 3.1, foi utilizada uma política arbitrária de produção do componente em lotes múltiplos de 50. Em princípio, com intuito de minimizar os níveis de estoques na produção, a política mais adequada seria produzir cada item nos instantes e quantidades definidas pelo cálculo de necessidades. No entanto, como alguns itens podem estar presentes na estrutura de materiais de mais de um produto e, levando-se em consideração a possibilidade de ganhos de escala e a existências de incertezas nos processos de compra e produção (atrasos e itens com defeitos), pode ser vantajoso empregar uma política diferente de formação de lotes no modelo MRP.

ORLICKY (1975) apresenta as seguintes alternativas de formação de lotes para atendimento das necessidades futuras de materiais : i) quantidade fixa (tecnológico); ii) lote econômico (“*economic order quantity*”, EOQ); iii) lote a lote (“*lot for lot*”, L4L); iv) lote para necessidades de um número fixo de períodos futuros; v) idem, com número de períodos baseado reposição periódica (“*period order quantity*”, POQ); vi) menor custo unitário (“*least unit cost*”, LUC), vii) menor custo total (“*least total cost*”, LTC); viii) “*part-period balancing*” (PPB); ix) algoritmo de Wagner-Whitin.

Aspectos computacionais

Segundo KENWORTHY (1997), os primeiros sistemas MRP foram implantados em “*main frames*” que, além das limitações de processamento e memória, tinham uma entrada de dados pouco amigável, via cartões perfurados. Era comum, portanto, que a diferença entre o que constava dos relatórios e o que ocorria na fábrica fosse bastante grande.

Mesmo com a evolução do “*hardware*”, uma preocupação corrente nos primórdios dizia respeito ao volume de dados e tempo de processamento elevados quando da

implementação destes sistemas em ambientes reais de produção. Neste sentido, a indústria de “*software*” precisava investir em aprimorar os sistemas MRP para que fossem viáveis utilizá-los em larga escala nas empresas.

Um procedimento de cálculo denominado “*low level code*” pode ser citado como um esforço neste sentido. Este procedimento visa eliminar as redundâncias no cálculo de necessidades de itens que aparecem mais de uma vez na estrutura de um ou mais produtos. Para isto, cada componente é rotulado com o código do nível mais baixo que ocupa em todas as estruturas que o contém. Como os níveis são numerados, a partir do zero, do mais alto para mais baixo, os códigos menores correspondem, na realidade, aos níveis mais altos na estrutura de produto e vice-versa. Feito isto, o cálculo das necessidades inicia-se com os itens de nível zero (produtos finais) e segue em ordem crescente (nível 1, nível 2 etc).

Outra discussão comum, dizia respeito aos procedimentos de cálculo “*regenerative*” ou “*net change*”, que constituem duas alternativas para a necessidade de refazer a programação da produção em consequência de alterações na programação original (atrasos, cancelamento de pedidos, quebra de máquinas etc). No primeiro caso, toda programação é refeita (nova explosão de materiais); no segundo, mais sofisticado e eficiente, as mudanças seriam limitadas aos itens cujas demandas haviam sido modificadas (vide ORLICKY, 1971).

Com a implantação do MRP e a melhoria da eficiência computacional, tornou-se possível alterar a programação a qualquer instante, o que provoca uma instabilidade indesejável na fábrica. Introduziu-se, então, o conceito de período de programação firme ou congelado, que corresponde ao intervalo de programação mais próximo (primeiras semanas, por exemplo) em que não são admitidas alterações nas ordens programadas, evitando assim o que se convencionou chamar de nervosismo associado ao sistema MRP.

Uma barreira à difusão dos sistemas tipo MRP, além dos custos de aquisição de “*software*” e “*hardware*”, relacionava-se à dificuldade de implantação destes sistemas. A grande quantidade de dados, as dificuldades de configuração e a necessidade de treinamento de usuários tornava o processo de implantação lento e custoso.

3.3 Evolução do MRP para MRP II

Na versão original, os sistemas MRP não consideravam adequadamente as restrições de capacidade do sistema produtivo. Por esta razão, estes sistemas passaram a ser designados (inadequadamente) de sistema com capacidade infinita. Da mesma forma que o fluxo de materiais, a utilização dos equipamentos e demais recursos também é bastante irregular na produção intermitente. Para que os programas de produção gerados fossem viáveis, tanto do ponto de vista do fluxo de materiais quanto da disponibilidade dos recursos de produção, foram desenvolvidos procedimentos para verificação da capacidade de produção.

A introdução de restrições de capacidade na programação implica na necessidade de uma modelagem mais detalhada do processo de produção. Introduz-se nos sistemas, a representação dos “centros de produção”, responsáveis pela execução de determinadas etapas do processo de produção. Cada centro tem uma capacidade de produção finita, definida em função da disponibilidade de equipamentos, operários, ferramentas etc.

Ao conjunto básico de dados do MRP (MPS, Lista de Materiais e Estoques), acrescentam-se os roteiros de produção (seqüências e tempos das diferentes tarefas das ordens de produção) e um cadastro dos centros de produção com as respectivas capacidades. Desta forma, é possível verificar a carga dos centros ao longo do tempo e, em decorrência, a viabilidade dos programas de produção. Surge, então, o conceito “*MRP*

closed loop”, procedimento iterativo, ilustrado na Figura 3.2, que visa a obtenção de um programa de produção viável.

A análise de capacidade é verificada em dois momentos diferentes no ciclo MRP. No primeiro momento, é feito um corte grosseiro de capacidade (“*Rough Cut Capacity Planning*”- RCCP), quando se procura estabelecer uma relação direta entre o programa mestre de produção e a carga dos centros produtivos. Esta primeira análise permite, em princípio, que, mesmo sem rodar o ciclo completo no nível de detalhe da explosão de materiais e carga dos centros, se verifique preliminarmente a viabilidade do programa mestre proposto.

Em um segundo momento, verifica-se, após a explosão dos materiais, a carga de trabalho detalhada em cada um dos centros e, havendo sobrecarga em algum período, procede-se aos ajustes necessários. Este módulo específico de verificação da capacidade foi denominado “*Capacity Requirement Planning*” ou CRP.

É importante destacar que, apesar destas modificações, o modelo MRP revisado ainda apresenta algumas deficiências no que diz respeito à modelagem do uso da capacidade. Primeiramente, o modelo não propõe nenhuma forma objetiva de ação diante de eventuais limitações de capacidade detectadas. Cabe ao usuário (programador da produção) encontrar possíveis soluções. Dentre as alternativas, tem-se a alteração do programa mestre, antecipação ou atraso de ordens de produção (respeitando precedências e interdependências), expansão da capacidade nos momentos de pico via horas extras e subcontratações etc.

Em segundo lugar, do ponto de vista da execução do programa, vale mencionar que o modelo não determina o seqüenciamento das ordens alocadas aos diferentes centros de produção. Esta tarefa continua a cargo do gerente ou supervisor de produção, que pode

utilizar critérios de prioridade como data de entrega, tempo de processamento, número de operações restantes etc.

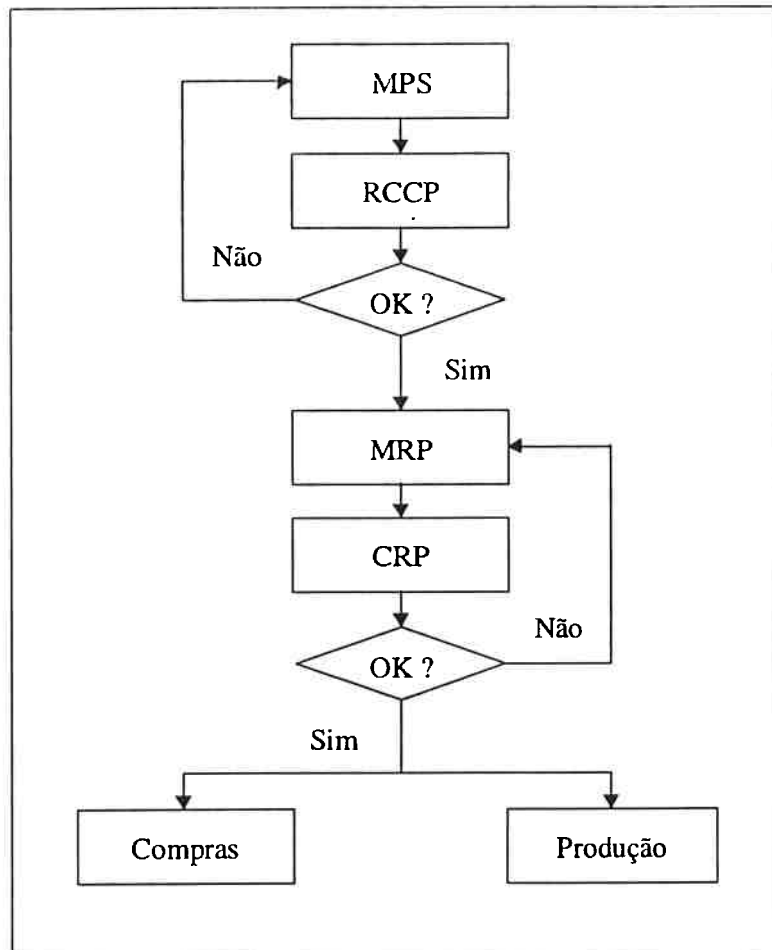


Figura 3.2 Ciclo fechado MRP.

Em 1981, Oliver Wight publica o livro *Manufacturing Resources Planning, MRPII*, onde apresenta a nova geração dos MRP's. Além de incorporar os módulos RCCP e CRP, o novo sistema inclui outros recursos de produção, entre eles, os recursos humanos e orçamentários. Em virtude da aumento da abrangência, o modelo passou a ser denominado sistema de planejamento dos recursos de produção, em lugar de necessidades de materiais.

Incorporando-se os módulos de Controle da Fábrica (*“Shop Floor Control”* - SFC) juntamente com dispositivos de coleta automática de dados, os sistemas MRPII aproximam-se do paradigma de automação da manufatura, visto que, em princípio, seria possível monitorar todo o processo via um sistema informatizado de planejamento, programação e controle da produção.

Complementando, um nível acima do MPS, introduziu-se o módulo *“Sales & Operations Planning”* – S&OP, que, aparentemente, constitui o equivalente ao Planejamento Agregado na estrutura de Planejamento Hierárquico da Produção apresentada no capítulo 2. Com estes módulos adicionais, constitui-se um sistema de planejamento do tipo MRPII, conforme apresentado na Figura 3.3.

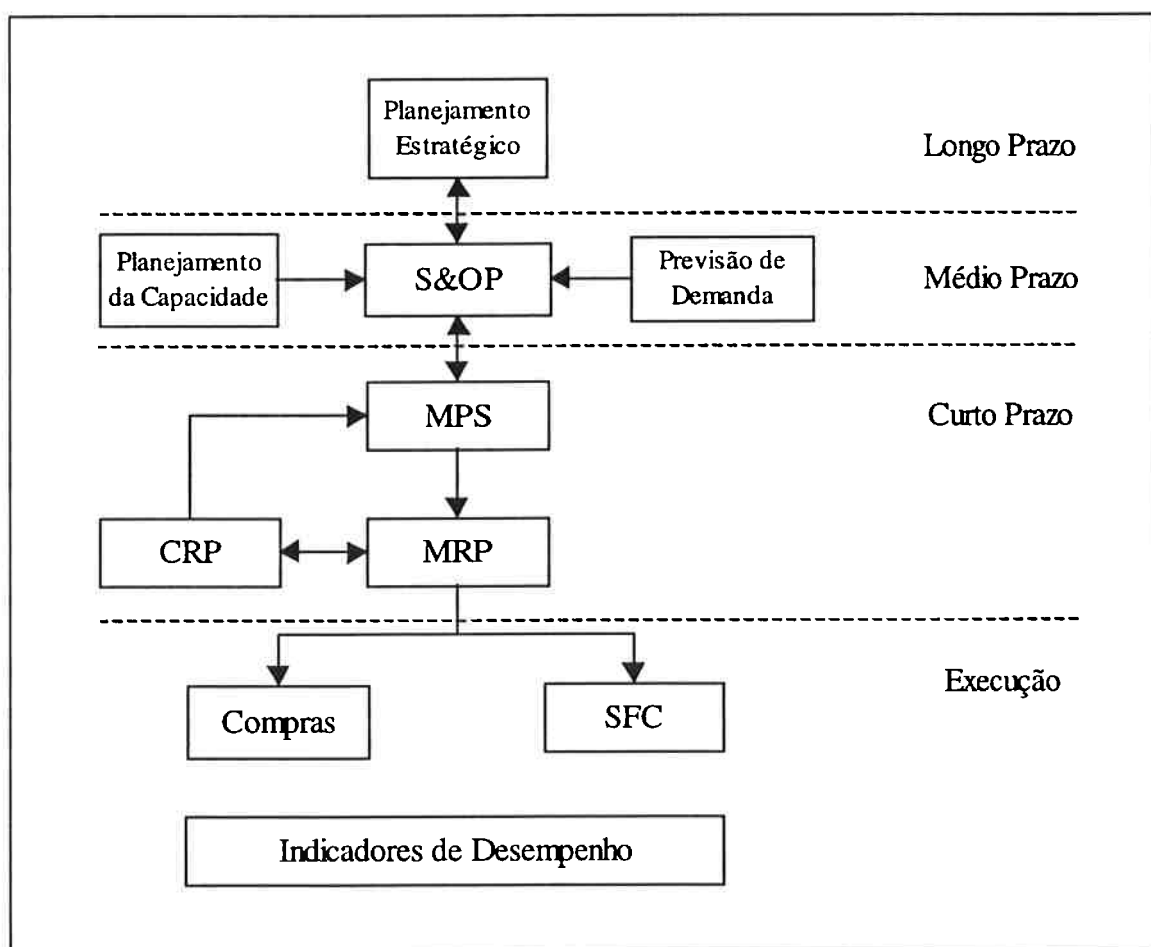


Figura 3.3 Estrutura do MRPII.

3.4 Potencialidades e Deficiências do MRP II

Apesar das inovações trazidas, como a introdução do conceito de demanda dependente (MRP) e a difusão da cultura do planejamento hierárquico (MRPII), do ponto de vista conceitual, os sistemas MRP apresentam algumas deficiências.

Ao contrário dos modelos de simulação, o MRP trabalha com o conceito de “janelas de tempo” (“*time buckets*”), que não permite representar, em detalhe, as seqüências das operações na fábrica. Os tempos de produção (“*lead times*”) são considerados parâmetros e estimados estatisticamente; no cálculo de necessidades, são utilizados como se fossem constantes, independentes da carga na fábrica e do tamanho dos lotes. Imprecisões nas estimativas destes tempos podem levar ao aumento dos estoques intermediários, quando superestimados, ou interrupção da produção por falta de material, quando subestimados.

Uma alternativa que vem sendo integrada aos sistemas MRP/ERP atualmente são os sistemas denominados “*Finite Capacity Scheduling*” (FCS), que são simuladores de produção em tempo contínuo e que permitem uma melhor definição da programação das atividades, respeitando-se as precedências, disponibilidade de recursos e prioridades no seqüenciamento das ordens (vide PLENERT & KIRCHMIER, 2000).

Com respeito aos lotes de produção, embora o mais compatível com a lógica do MRP seja a produção lote para lote, isto é, produzir itens na quantidade exata demandada pelas ordens programadas, os pacotes normalmente fornecem alternativas para a formação de lotes intermediários, incluindo-se lotes mínimos, lotes múltiplos e variantes do lote econômico. No meio acadêmico, encontram-se modelos para dimensionamento de lotes econômicos, baseados no conflito custo de estoque versus ganho de escala ou “*set up*” (vide BAKER, 1993). Além da formação de lotes (“*lot sizing*”), o seqüenciamento das ordens na fábrica também constituem problemas de otimização interessantes do ponto de vista acadêmico. Apesar do grande volume de pesquisa sobre modelos de otimização em

programação da produção (“*Scheduling Theory*”), raramente se encontram modelos desta natureza implantados comercialmente ou integrados aos sistemas tipo MRP.

A acurácia dos dados em sistemas MRP é outro ponto delicado. Como garantir que o *status* da fábrica e dos estoques corresponda ao do sistema ? Se não existe uma automação total, não é possível garantir que os níveis de estoques, as filas nos centros de produção e outros eventos do dia-a-dia da fábrica estejam presentes no sistema. Além destes, acrescente-se a precisão dos parâmetros utilizados como a estrutura de produtos, tempos, roteiros etc.

Por outro lado, os sistemas MRP, quando bem implantados, permitem monitorar a dinâmica do processo de produção na fábrica. Neste sentido, estão mais próximos do conceito de Sistema de Informação do que de um Sistema de Programação da Produção. Um módulo incorporado posteriormente, denominado “*Distribution Requirement Planning*” (DRP), expande a fronteira do sistema de planejamento para fora da empresa, permitindo que se considere a demanda de diferentes centros de distribuição na elaboração do programa mestre de produção (MPS). Na outra ponta, a adoção de sistemas MRP por parte dos fornecedores contribui para a maior integração cliente / fornecedor ao longo da cadeia produtiva.

Em relação ao MRPII, outro ponto já levantado anteriormente é que o modelo não busca, explicitamente, a otimização dos conflitos presentes no planejamento da produção. A elaboração do programa mestre (MPS), baseado em previsões de demanda e/ou na carteira de pedidos, e a solução de eventuais sobrecargas (CRP) ficam a cargo do usuário, que, num processo de tentativa e erro, tenta encontrar uma solução viável para a programação. HIGGINS et. al. (1996) discutem a adequação do modelo MRPII no cenário atual das empresas e, em particular, o processo de elaboração do programa mestre de produção que, na opinião dos autores, é um dos pontos críticos do modelo MRPII.

Embora o foco original dos modelos MRP esteja na gestão do fluxo de materiais e não no uso da capacidade, conforme destaca ORLICKY (1975), estes sistemas e seus sucedâneos têm sido utilizados como um instrumento de programação da produção e, neste aspecto, apresentam deficiências. Além dos sistemas de programação com capacidade finita, algumas alternativas ao MRP para a programação da produção são as técnicas de controle da produção apresentadas no item sub-seqüente.

3.5 Alternativas ao MRP II : “*Just in Time*” e “*Theory of Constraints*”

Sistema Toyota de Produção

A filosofia de produção “*Just in Time*” (JIT) surgiu na indústria japonesa, dentro de um esforço de reconstrução nacional do país ao término da Segunda Guerra Mundial. Em especial, a liderança na construção deste novo modelo de organização da produção cabe ao fabricante de automóveis Toyota, cujo sistema de produção passou a ser conhecido e difundido mundialmente como Sistema Toyota de Produção.

Taiichi Ono e Shigeo Shingo podem ser considerados os principais responsáveis pela concepção e implantação do sistema JIT na fábrica da Toyota. Ohno (1988, tradução do original publicado no Japão em 1978) descreve o processo de desenvolvimento do Sistema de Produção da Toyota, que tinha por objetivo fundamental, reduzir o tempo de ciclo da produção de veículos na fábrica. A meta era alcançar e superar os índices de produtividade dos fabricantes norte-americanos que, naquela época, eram muito superiores aos observados no Japão.

A fábricas norte-americanas, conforme descrito por Ohno, tinham sua produção baseada em grandes lotes para se conseguir ganhos de escala na produção, em função dos longos tempos de preparação das máquinas (“*set up*”), principalmente as prensas do setor

de estamperia. Como o mercado japonês apresentava um volume bastante menor de demanda, era necessária viabilizar a produção em lotes menores. Isto seria possível com a redução dos “*set up*” e com um conjunto de iniciativas para redução dos chamados desperdícios observados na fábrica.

O Sistema Toyota de Produção, que foi sendo construído a partir de uma série de iniciativas de melhoria na produção estava fundamentado em dois conceitos centrais : i) o princípio da produção puxada JIT, caracterizada pela produção em pequenos lotes, conforme as necessidades dos processos subseqüentes; ii) o conceito de “automação”, que seria a introdução da automação com autonomia para os operários atuarem quando algum problema ocorresse na linha de montagem..

Para implantação do sistema de produção JIT, várias mudanças deviam ser implementadas. Internamente à fábrica, além da redução dos tempos de “*set up*”, novas práticas foram introduzidas como, por exemplo, organização da produção em células de manufatura, treinamento operários para desempenhar múltiplas tarefas (operador multifuncional), incentivo ao trabalho em equipe, controle total da qualidade, melhoria contínua dos processos etc. Com relação aos fornecedores, a qualificação, confiança e proximidade seriam fatores indispensáveis para o fornecimento em pequenos lotes por longo prazo. Na outra ponta da linha de produção, o relacionamento estreito com a rede de concessionárias, permitiria que a empresa tivesse dados confiáveis de demanda para o planejamento da produção. As iniciativas de melhoria da produção, incluindo as técnicas de redução de “*set up*” e os dispositivos a prova de falha são descritas em SHIGEO (1989). MONDEN (1998) constitui uma referência atualizada sobre o Sistema Toyota de Produção.

Outro aspecto fundamental para execução do sistema JIT, está relacionado com o processo de planejamento da produção. A execução depende da determinação de um programa de produção nivelado e repetitivo. Isto se faz da seguinte forma : i) define-se o volume de produção mensal global desejado; ii) fraciona-se este total pelo número de dias

úteis para obter as metas de produção diária e, de forma análoga, as metas de cada turno.

iii) determina-se uma seqüência de produção periódica, respeitando a proporção entre as quantidades pré-definidas para produção em cada turno. Operando em dois turnos diários com um intervalo entre eles, qualquer problema ocorrido ou desvio do meta estabelecida podem ser corrigidos no período entre os turnos.

Na literatura, é muito comum se descrever os sistemas JIT a partir da analogia das pedras no leito de um rio. Quando o nível da água está alto, não se observam as pedras. Pela analogia, uma fábrica com altos níveis de estoque em processo oculta uma série de deficiências. A limitação dos estoques intermediários torna evidente estes problemas que, se forem estudados com profundidade e criatividade podem ser removidos, tornando o processo de produção viável com uma fábrica descongestionada. Esta postura, muito associada à iniciativas de Gestão Total de Qualidade, foi responsável pela revolução industrial japonesa ocorrida na década de 80.

Sistema Kambam

A produção puxada, implementada a partir do sistema kambam, consiste em definir um limitante para o estoque intermediário de componentes e subconjuntos em cada centro de produção. A cada material em estoque está associado um cartão kambam. Quando um material é transferido (puxado) para o processo seguinte, o cartão é destacado e colocado em um painel de cartões no centro de onde foi retirado o material. Neste painel, cada um dos cartões representa um material retirado e que de ser repostos tão logo quanto possível. A reposição deste material corresponde a uma operação de produção que deve demandar outros materiais em estoque em centros anteriores, que também são controlados por cartões kambam. Este padrão de produção se inicia na última etapa do processo (montagem de produto final) e se propaga até o fornecedor externo de materiais e componentes, tendo os cartões kambam como um sinalizador da necessidade de reposição de estoques.

Da descrição simplificada apresentada no parágrafo anterior, verifica-se que o sistema JIT opera com um estoque intermediário constante (não nulo) que corresponde ao número total de kambans. Na realidade, o sistema kambam corresponde exatamente ao modelo reativo de reposição de estoque base, apresentado no capítulo 2.

Outras formas de produção puxada

Sem aprofundar em detalhes, duas alternativas de produção puxada, ou seja, de limitação de estoque intermediários são apresentadas a seguir. A primeira corresponde ao sistema de programação da produção conhecido como OPT. Este sistema proposto por Eliyahu M Goldratt (vide RAHMAN, 1998), consiste em coordenar as atividades de produção focando em um recurso limitante, denominado recurso gargalo. Goldratt define como meta básica de uma empresa obter lucro e, para isto, deve em três medidas de desempenho operacional que são : i) vendas (vazão); ii) estoques; iii) despesas operacionais. Para que se tenha uma maior eficiência operacional, deve-se explorar ao máximo o recurso gargalo, o que se consegue utilizando a lógica Drum-Buffer-Rope.

A lógica DRB considera que o ritmo de produção é determinado pelo recursos gargalo; para explorar ao máximo a capacidade do recurso gargalo, deve haver um buffer (estoque intermediário) em frente ao recurso gargalo para que este nunca esteja parado. O terceiro componente (rope) define a característica de produção puxada, ou seja, a operação concluída no recurso gargalo puxa uma nova que entra no processo.

Um terceiro conceito de produção puxada e limitação de estoque intermediário, denominado CONWIP (“*constant work-in-process*”), apresentado por SPEARMAN *et al.* (1990), talvez mais simples de implementar, consiste em limitar a entrada de uma nova ordem de produção no sistema quando uma outra qualquer deixa o sistema, concluindo a última etapa do processo de produção.

Todos os sistemas de produção com limitação de estoque intermediário apresentados nesta sessão são classificados como sistemas de produção puxada, em que a liberação de ordens de produção para fábrica (início do processo de fabricação) está condicionada ao status da fábrica, ou seja, se o volume total de estoque em processo (ordens em andamento) está no nível máximo permitido, nenhuma nova ordem de produção é liberada. Em contraposição, os sistemas MRP programam as ordens de produção conforme as datas de entrega definidas no programa mestre de produção, quer seja produção para estoque ou sob-encomenda. Por isto, os sistemas MRP são classificados com sistema de produção empurrada. De certa forma, a liberação das ordens são definidas conforme as necessidades da demanda, e não de acordo com o nível de carga da fábrica. Há muitos artigos na literatura comparando os paradigmas de produção puxada com a produção empurrada (“*push and pull systems*”) e até possibilidades de combinação do modelo MRP com um sistema de produção puxada. Dentre estes, estão : AGGARWAL (1985), SPEARMAN; ZAZANIS (1992), CORRÊA; GIANESI (1994) e VOLLMANN *et al.* (1997).

3.6 Sistemas Integrados de Gestão Empresarial (ERP)

No início da década de 90, em evolução aos sistemas MRPII, surgiram os sistemas integrados de gestão empresarial, denominados “*Enterprise Resources Planning*” - ERP. Segundo DAVENPORT (1998), os sistemas ERP constituem pacotes comerciais de *software*, que prometem uma perfeita integração de todo fluxo de informações em uma empresa, como, por exemplo, informações contábeis e financeiras, sobre os recursos humanos, sobre a cadeia de suprimentos e sobre os clientes. Estes sistemas ganharam uma abrangência muito maior que os precursores MRPII, sendo dirigidos a todo tipo de empresa e não apenas à indústria de manufatura.

De forma geral, os sistemas ERP provêem informações gerenciais e analíticas importantes para as organizações. Dentre os benefícios potenciais da implantação de um sistema ERP destacam-se : i) integração da base de dados da empresa; ii) formalização dos

processos de decisão conforme as “melhores práticas” de gestão; iii) facilitar o uso de aplicativos nas diferentes áreas da empresa; iv) modernização da infra-estrutura de tecnologia de informação (em particular, resolver o problema do “bug do milênio”); v) possibilidade de implantação parcial, uma vez que estes sistemas apresentam estrutura modular; vi) possibilidade de comunicação com sistemas gerenciais de clientes e fornecedores. Por outro lado, existe também uma série de riscos na adoção destes sistemas. Normalmente, são citados os seguintes : i) custos altos e longa duração do processo de implantação; ii) escolha de fornecedor/produto inadequado às necessidades da empresa; iii) dificuldades de adaptação às novas práticas de gestão, levando, inclusive, à perda circunstancial de eficiência; iv) custos altos de manutenção e atualização do sistema.

DAVENPORT (1998) destaca que, em função dos impactos na estratégia, organização e cultura da empresa, decorrentes da implantação de um sistema ERP, este processo não deve ser encarado apenas como um problema técnico da área de informática. Precisamente, as chances de sucesso na implantação destes sistemas são maiores quando o processo de implantação é tratado como um projeto estratégico e institucional.

Do ponto de vista técnico, os sistema ERP caracterizam-se pela utilização de um sistema único de banco de dados relacional e implantação em rede cliente / servidor. A Figura 3.4 reproduz a arquitetura de um sistema ERP, conforme DAVENPORT (1998).

Do ponto de vista comercial, o mercado de *software* de gestão empresarial é dominado por um pequeno conjunto de grandes empresas multi-nacionais, dentre as quais destacam-se SAP, Baan, Oracle, PepleSoft, SSA, JDEdwards, entre outras. Para se ter uma idéia, o faturamento anual da empresa SAP, considerada líder mundial na venda de sistemas ERP, ultrapassou a marca dos US\$ 3 bi em 1997. Apesar de uma certa retração deste mercado a partir da virada do milênio, estas empresas continuam faturando alto. Verifica-se também uma tendência dos grandes fornecedores em explorar a fatia de mercado formada pelas empresas de médio porte.

Juntamente com os avanços na tecnologia de informação, houve o desenvolvimento dos conceitos de gestão integrada da cadeia de suprimentos, que trouxe consigo uma série de novas práticas para o planejamento da produção e logística das empresas. Segundo COOPER *et al.* (1997), a gestão integrada da cadeia de suprimentos consiste na integração dos processos comerciais, do cliente final ao fornecedor de matérias primas, resultando em produtos, serviços e informações que agregam valor aos consumidores.

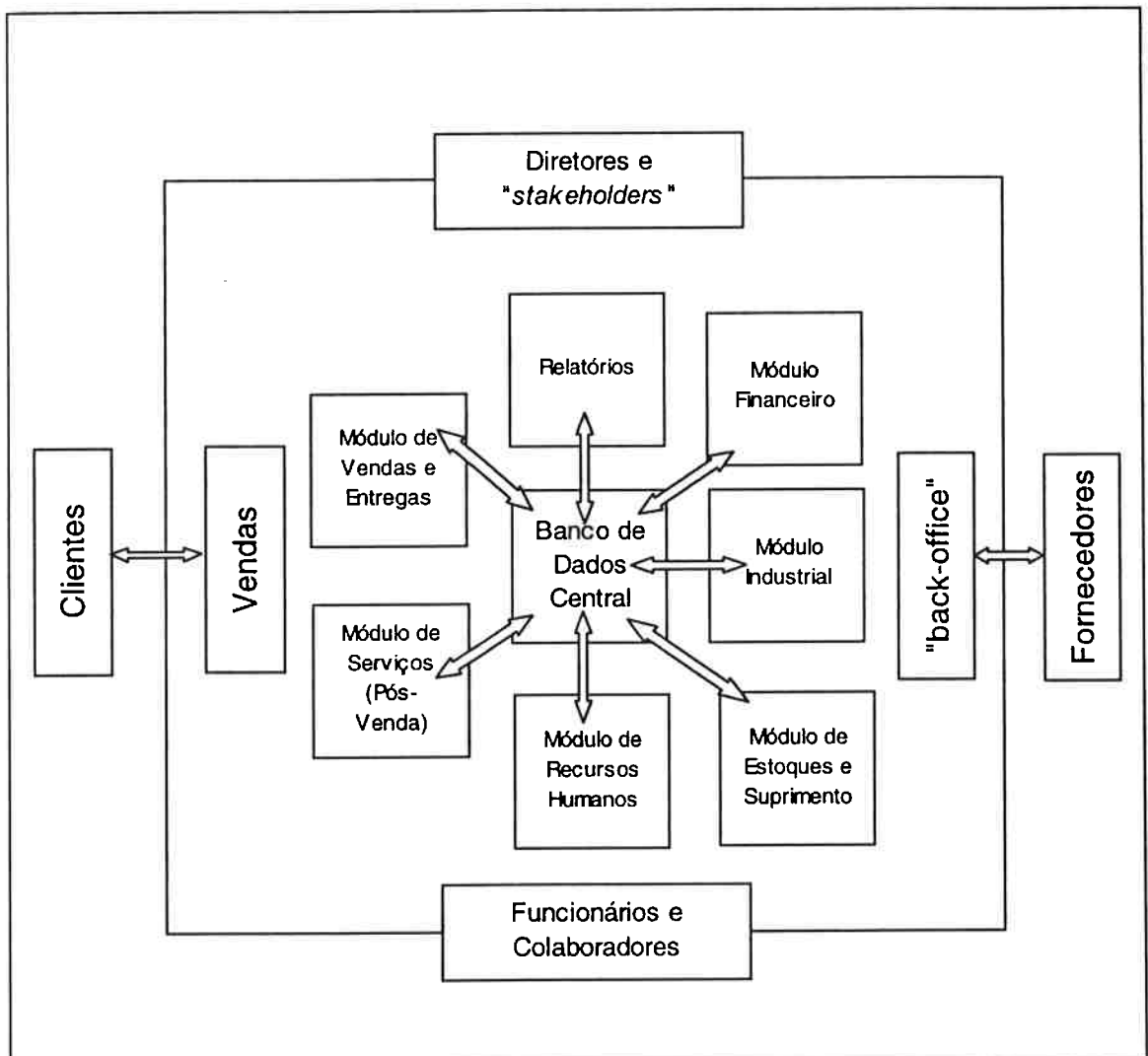


Figura 3.4 Arquitetura de um Sistema de ERP (DAVENPORT, 1998)

A necessidade de integração dos processos ao longo da cadeia de suprimento foi percebida pelos fornecedores de sistemas de gestão empresarial, que buscam disponibilizar

para seus clientes ferramentas que propiciem esta integração. Em particular, há uma tendência em explorar o potencial da rede mundial de computadores (*Internet*) como canal de integração e implementação do chamado comércio eletrônico.

3.7 Modelos de Apoio à Decisão e os Sistemas Integrados de Gestão

SIMCHI-LEVI *et al.* (2000), analisando os principais modelos de apoio à decisão aplicados à gestão da cadeia de suprimentos, destaca que os grandes fornecedores de sistemas de gestão empresarial têm disponibilizado para seus clientes sistemas de apoio à decisão para a resolução de problemas específicos de planejamento da produção e estoques. Estes sistemas, denominados “*advanced planning and scheduling*” (APS) ou simplesmente “*solutions*”, foram, em geral, desenvolvidos por empresas menores que foram adquiridas ou firmaram parcerias com os grandes fornecedores de *software*. A grande vantagem destes APS, a despeito da dificuldade de avaliação da qualidade dos modelos embutidos, é a facilidade de integração (compatibilidade) com os sistemas de gestão empresarial do respectivo fornecedor.

Uma classe particular destes APS são os sistemas de programação com capacidade finita (“*finite capacity scheduling*”, FCS), que estão sendo apresentados como alternativa ao modelo MRPII para geração de programas viáveis de produção. PLENERT; KIRCHMIER (2000) consideram que os sistemas de programação finita, ainda que tardiamente, representam uma tendência irreversível em planejamento da produção. Novamente, uma dificuldade que se coloca é avaliar a adequação dos modelos utilizados nos sistemas FCS, disponibilizados por um grande número de fornecedores independentes. Neste sentido, até para orientação dos potenciais usuários, seria interessante realizar um levantamento e acompanhamento dos produtos disponíveis no mercado, avaliando, entre outros fatores, a adequação dos modelos embutidos.

Levando-se em consideração que as empresas têm adotado uma postura de evitar desenvolver *software* internamente, a capacidade de desenvolver produtos que sejam integrados facilmente aos sistemas ERP determinará, em grande medida, as chances de sucesso de um fornecedor de sistemas de apoio à decisão. Por conta desta realidade, a conveniência da aproximação entre as áreas de pesquisa operacional e tecnologia da informação, conforme proposto por ROBINSON; DILTS (1999), fica evidente. Em particular, no planejamento da produção e estoques, as pesquisas e o desenvolvimento de modelos de apoio à decisão não devem ignorar a existência de um padrão na indústria de manufatura representado pelos modelos MRPII .

4 Pesquisa de Campo

4.1 Introdução

O projeto de pesquisa que se desenvolve neste trabalho constitui uma pesquisa descritiva, que tem como objeto de estudo a Indústria Farmacêutica no Brasil. Neste capítulo, apresentam-se, inicialmente, algumas características deste tipo de indústria e um panorama geral desta no Brasil, com intuito de auxiliar na compreensão das práticas de planejamento da produção adotadas por estas empresas. A seguir, no item 4.4, discute-se o método de pesquisa utilizado, que se baseia em entrevista nas empresas com os responsáveis pelo planejamento da produção. Os resultados das entrevistas são descritos no item 4.5; uma análise destes resultados é feita no item 4.6, encerrando o capítulo.

4.2 Panorama da Indústria Farmacêutica

A indústria farmacêutica, responsável pela produção de medicamentos e outros produtos ligados à saúde humana, representa um setor industrial importante mundialmente, tanto do ponto de vista econômico quanto social, em virtude das características dos produtos que disponibiliza para a sociedade. Estes produtos podem ser classificados em : i) medicamentos com venda sobre prescrição médica (“*healthcare*”); ii) medicamentos de auto-medicação responsável (“*consumer health*”); iii) produtos de consumo hospitalar e laboratorial. No primeiro grupo, há uma subdivisão com relação ao fato do medicamento estar protegido ou não por patente. Uma segunda classificação, conforme a ação terapêutica dos medicamentos, permite identificar os segmentos em que a empresa atua. A Tabela 4.1, destaca as classes terapêuticas dos medicamentos mais vendidos no país.

Tabela 4.1 Principais classes terapêuticas no mercado brasileiro em 1998.

Classes Terapêuticas	Faturamento US\$ bi
01. Sistema Digestivo e Metabolismo	1,769
02. Sistema Cardiovascular	1,511
03. Sistema Nervoso Central, Tranqüilizantes, Analgésicos	1,304
04. Anti-infecciosos	1,169
05. Sistema Respiratório	1,107
06. Muscular e Ossos	0,859
Total das seis classes	7,719
Outras classes	2,631
Total	10,350
Fontes : ABIFARMA / SINDUSFARMA	

A Figura 4.1 representa as etapas do processo de produção e distribuição de medicamentos que envolve os seguintes estágios : i) produção industrial dos fármacos (indústria química/farmacêutica); ii) produção industrial dos medicamentos (laboratórios farmacêuticos); iii) distribuição dos medicamentos para os pontos de venda (farmácias) através do distribuidor de medicamentos (atacadista). As etapas (i) e (ii), no caso das grandes empresas multi-nacionais, estão normalmente reunidas no mesmo grupo empresarial. Desta forma, um fármaco com proteção de patente (produto inovador) normalmente será utilizado na produção de medicamentos fornecido pelo laboratório do mesmo grupo que o desenvolveu.

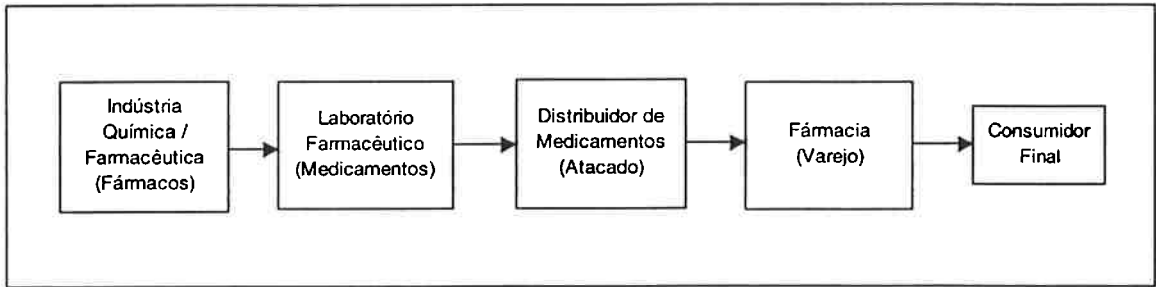


Figura 4.1 Cadeia Produtiva da Produção de Medicamentos

A primeira etapa da cadeia produtiva consiste na fabricação do princípio ativo (processos químicos) que são as substâncias responsáveis pela ação terapêutica dos medicamentos. Estas substâncias constituem o principal insumo dos laboratórios na produção de medicamentos. Estes medicamentos, grosso modo, são classificados, conforme o processo de fabricação, em líquidos ou sólidos (comprimidos). Além do princípio ativo, são utilizados outros insumos e material de acondicionamento e embalagem. Cada família de produto pode ser disponibilizada comercialmente em diferentes apresentações, de acordo com a dosagem, quantidade de medicamento etc.

Na composição dos custos de produção de um medicamento, de forma geral, o custo do fármaco é a principal parcela, principalmente no caso de produtos inovadores, protegidos por patente. O elevado custo do fármaco se deve, além dos custos de fabricação e logística, ao custos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) destas substâncias, uma vez que a descoberta, síntese e teste de fármacos envolve uma alta capacitação profissional e alguns anos de desenvolvimento antes da introdução do medicamento correspondente no mercado. Vencida a patente, outras indústrias concorrentes, que não tiveram custos de desenvolvimento, podem produzir o mesmo fármaco e lançar medicamentos similares concorrentes, que podem ser vendidos por preços inferiores ao do produto original.

Durante a posse da patente, a empresa que detém os direitos de patente do fármaco inovador, além de amortizar os custos de desenvolvimento, deve aproveitar esta vantagem para consolidar a marca do medicamento no mercado. Uma peculiaridade do processo de

comercialização dos produtos “*healthcare*” da indústria farmacêutica está na prática dos laboratórios em divulgar prioritariamente o lançamento de novos medicamentos entre os médicos, que são os responsáveis pela prescrição destes a seus pacientes (consumidor final), ou seja, a publicidade não está voltado para o consumidor final que irá adquirir e pagar pelos produtos. Esta prática, além de ensejar questões éticas, também é responsável pelo encarecimento dos produtos, visto que os laboratórios devem manter uma equipe bastante grande de profissionais (propagandistas) para visitar médicos numa extensão geográfica considerável. A produção de amostras grátis e concessão de brindes aos médicos constituem outra fonte de custos que irá ser repassada para o consumidor final.

Devido às características muito particular da indústria farmacêutica, este é um setor que nos diferentes países é bastante regulamentado pelo governo. Além dos controles e exigências para o desenvolvimento e introdução de novos medicamentos no mercado, os governos podem intervir também no sentido de regular as condições de mercado. Existem diversas formas de atuação governamental no mercado de medicamentos, como por exemplo, aquisição e distribuição de medicamentos para população de baixa renda, licenciamento compulsório para fabricação de medicamentos protegidos por patente quando os preços praticados pelo laboratório que detém a patente são considerados abusivos, tabelamento de preços de medicamentos etc.

Uma alternativa utilizada com sucesso em alguns países para baixar os preços dos medicamentos ao público é a introdução dos medicamentos genéricos. Estes medicamentos são produzidos por laboratórios concorrentes e apresentam o mesmo princípio ativo do produto inovador de marca, que teve sua patente vencida. A introdução do conceito “medicamento genérico” envolve algumas questões como, por exemplo, a demonstração da equivalência do produto genérico com relação ao medicamento de referência e a mudança da prática médica na prescrição de medicamentos de marca. Uma situação ideal seria aquela em que não houvesse medicamentos de marca, somente genéricos. O medicamento genérico deve ser mais barato porque o fabricante não arca com os custos de desenvolvimento do

fármaco, tampouco os custos de divulgação do produto. A princípio, as farmácias buscariam adquirir os medicamentos genéricos prescritos no laboratório homologado que oferece o produto ao menor preço. Neste cenário, as funções de planejamento da produção e logística desempenham um papel similar que em outras indústrias de produtos de consumo, ou seja, são responsáveis pela redução de custos de produção e aumento da margem de lucro das empresas.

Na década de 90, em função do aumento dos custos de desenvolvimento de novos medicamentos, observou-se na indústria farmacêutica mundial uma onda de fusões. Dentre as mais recentes destacam-se : i) Ciba-Geigy e Sandoz, dando origem à Novartis (Suíça); ii) Astra (Sueca) e Zeneca (UK), dando origem à AstraZeneca; iii) Rhone-Poulenc (França) e Hoechst (Alemã), dando origem à Aventis.

Além dos fatores como capacidade de inovação e credibilidade, os custos de produção e distribuição de medicamentos também influencia o resultados econômico neste setor industrial. A onda de fusões na indústria permite, além do aumento da capacidade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novos medicamento, ganhos de escala na produção e distribuição. Neste sentido, observa-se, de forma similar a outros setores econômicos, uma reestruturação da rede produtiva com o surgimento de fábricas mundiais abastecendo diferentes mercados regionais.

4.3 A Indústria Farmacêutica no Brasil

A partir dos dados da Tabela 4.2, verifica-se que mercado brasileiro de medicamento, que em 1998 faturou cerca de US\$10 bi, encontra-se entre os maiores do mundo.

Tabela 4.2 Vendas globais da indústria Farmacêutica em 1998.

País	US\$ bi	Participação (%)
EUA	74,095	24,26
Japão	38,764	12,69
Alemanha	15,470	5,06
França	14,165	4,32
Brasil	10,310	3,37
Itália	9,123	2,98
Reino Unido	8,385	2,74
Espanha	5,284	1,73
Canadá	4,276	1,40
Argentina	3,557	1,16
México	3,263	1,06
TOTAL	305,395	100,00
Fonte: ABIQUIF / ABIFARMA / SINDUSFARM		

As principais empresas atuando no Brasil são apresentadas na Tabela 4.3. Verifica-se a predominância dos laboratórios multi-nacionais (norte-americanos e europeus). Estes laboratórios são também os maiores laboratórios atuando no cenário mundial.

A Figura 4.2, elaborada a partir de dados fornecidos pela ABIFARMA (Associação Brasileira da Indústria Farmacêutica), mostra um aumento expressivo do faturamento dessa indústria, alcançando, em 1998, um volume recorde de US\$ 10,3 bi. Este crescimento deve-se principalmente ao aumento de preços dos medicamentos, pois o número de unidades vendidas permaneceu aproximadamente constante, com uma pequena queda nos dois últimos anos. (vide <http://www.abifarma.com.br/prin.htm>).

Tabela 4.3 Os maiores laboratórios no Brasil, por faturamento, em 1998.

Laboratório	País de Origem	Faturamento US\$ mi
1 Novartis	Suíça	644.243
2 Aché/Prodome	Brasil/EUA	633.851
3 Roche	Suíça	560.533
4 Bristol Myers Squibb (BMS)	EUA	551.003
5 Hoechst Marion Roussel (HMR)	Alemanha	536.343
6 Janssen/Cilag (Johnson&Johnson)	EUA	384.295
7 Boehringer - De Angeli	Alemanha	383.416
8 Glaxo Wellcome	Inglaterra	354.953
9 Wyeth - Whitehall	EUA	326.088
10 Schering Plough	Alemanha	325.328
11 Eli Lilly	EUA	307.733
12 Abbott	EUA	279.942
13 Schering do Brasil	Alemanha	261.228
14 Merck Sharp Dohme	EUA	236.669
15 Rhodia Farma	França	236.669
16 Pfizer	EUA	224.120
Fonte: ABIFARMA		

Embora estejam instalados no Brasil os maiores fabricantes mundiais de medicamentos, observa-se, de forma geral, que os laboratórios multi-nacionais no país adquirem os fármacos necessários à fabricação dos medicamentos de suas matrizes ou outras fábricas do grupo no exterior. Além da importação dos fármacos, observa-se também uma aumento da importação do medicamento pronto, inclusive já com a embalagem. Estes fatos, importação dos fármacos e de medicamentos, tem um impacto na balança comercial do país considerável. A exportação de medicamentos produzidos no Brasil, predominantemente com destino aos países vizinhos da América do Sul, não é suficiente

para equilibrar a balança comercial do setor farmacêutico. Do ponto de vista do desenvolvimento da indústria nacional, a capacitação em P&D e a recuperação da capacidade de produção local de fármacos constituem ponto fundamental.

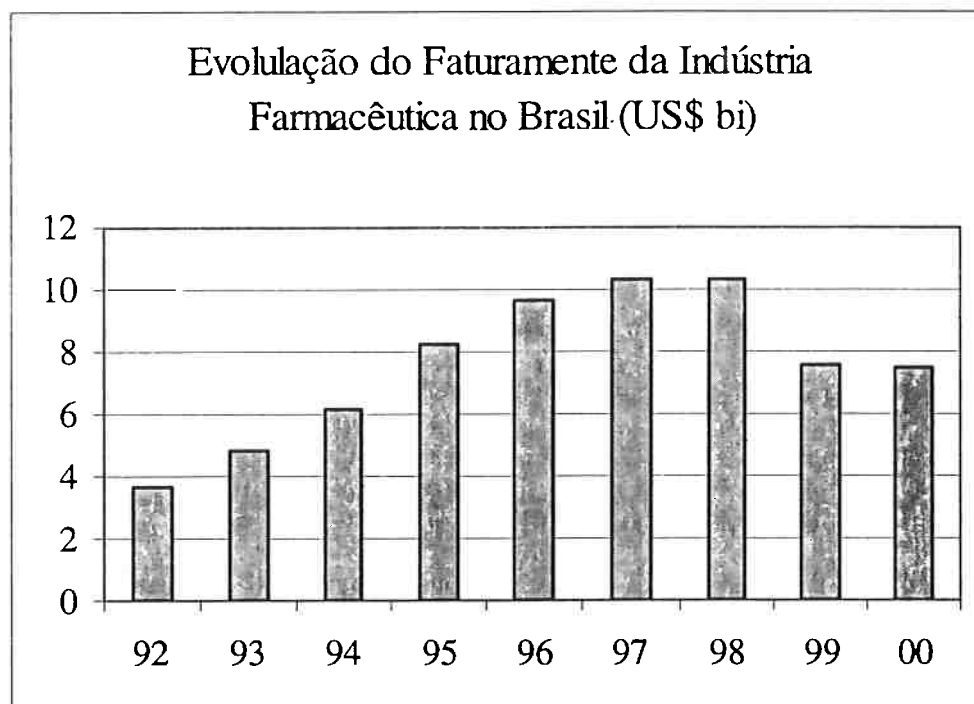


Figura 4.2 Evolução do faturamento na Indústria Farmacêutica no país.

A década de 90 para a indústria farmacêutica foi marcada por uma série de conflitos com o governo federal. Os pontos mais polêmicos dizem respeito ao controle de preços dos medicamentos, a promulgação da lei de patentes e a regulamentação dos genéricos. Sem entrar no mérito destas questões, que fogem completamente ao escopo deste trabalho, a situação atual é de uma liberdade vigiada com respeito a política de preços e com garantias de direitos de patente pela lei de patentes em vigor equivalente a dos países de origem da maioria dos laboratórios de que atuam no Brasil. Com a introdução dos medicamentos genéricos, terceiro componente da política de medicamentos, espera-se que ocorra um aumento da competição entre os produtores e, em decorrência, uma queda nos preços ao

consumidor final. Os resultados desta política, no entanto, devem ser lentos, visto que, além dos investimentos necessários, a mudança da cultura da comercialização do medicamento de marca deve ser lenta, tanto de parte da comunidade médica quanto do consumidor.

4.4 Método de Pesquisa

No capítulo 1, foi formulada a seguinte questão :

Por quê as empresas não utilizam modelos estatísticos e de otimização nos processos de planejamento, programação e controle da produção e estoques ?

O problema central da pesquisa pode ser desdobrado nos seguintes sub-problemas :

i) identificar as práticas de previsão de demanda, controle de estoques, planejamento e programação da produção; ii) identificar as expectativas da empresas e as barreiras para a introdução de modelos analíticos de apoio à decisão no planejamento da produção e estoques; iii) identificar uma empresa que proporcione a experiência de desenvolver e implantar um modelo analítico para, a partir desta experiência, verificar as dificuldades de utilização de abordagem; iv) apresentar uma análise global e sugestões que contribuam para a difusão de modelos analíticos.

Conforme LEEDY (1997), definido o problema, o passo seguinte no projeto de pesquisa descritiva consiste na formulação das hipóteses que a priori poderiam resolver o problema proposto e que servem para orientar as etapas subsequentes do projeto de pesquisa. Do capítulo 1, reproduz-se as seguintes três hipóteses :

Hipótese 1 (Capacitação) : as empresas não dispõem de pessoal capacitado para o desenvolvimento, avaliação e implantação de modelos analíticos de apoio à decisão.

Hipótese 2 (Adequação) : os modelos analíticos disponíveis não são adequados às necessidades das empresas por : i) falta de aderência dos modelos; ii) dificuldade de operacionalização; iii) incapacidade de produzirem resultados significativos para empresa.

Hipótese 3 (Relevância) : há uma percepção nas empresas de que os modelos analíticos de apoio à decisão disponíveis são incapazes de produzir melhorias significativas nos processos de planejamento da produção e estoques.

A princípio, a coleta de dados deveria ser realizada em dois momentos. Um primeiro momento corresponde à realização de entrevistas em algumas das empresas selecionadas. A seguir, pretendia-se explorar, a partir de um estudo de caso, o processo de implantação de um modelo desenvolvido especificamente para uma das empresas, que seria escolhida dentre aquelas da primeira etapa da pesquisa. Adotando esta estratégia estar-se-ia combinando duas abordagens tradicionais de pesquisa, precisamente : i) a pesquisa descritiva (primeira etapa); ii) a pesquisa-ação (“action research”, segunda etapa), quando o pesquisador teria uma maior interação com área de planejamento de uma da empresa. Esta estratégia permitiria compreender melhor as dificuldades e limitações do uso de modelos. No entanto, esta segunda etapa do estudo não foi possível realizar.

Cogitou-se, inicialmente, que o levantamento inicial fosse feito por questionário enviado pelo correio, o que talvez permitisse acessar um conjunto de empresas maior. Por outro, a presença do entrevistador na empresa propicia uma melhor compreensão das questões e respostas do entrevistado. Além disso, corre-se o risco de um retorno muito baixo dos questionários enviados (vide exemplo em SANDERS; MANDROT,1997). Por estas razões, optou-se pela entrevista semi-estrutura, buscando visitar o maior número de empresas possível.

Embora as empresas tenham mostrado uma resistência inicial em participar do estudo, talvez por conta da grande exposição da indústria farmacêutica no período em que se

desenvolveu esta pesquisa, verificamos a pré-disposição dos entrevistados em aprofundar a pesquisa. A única razão para a não realização da segunda etapa, prevista no projeto inicial de pesquisa, deve-se a falta de tempo.

Entrevistas Preliminares e a Elaboração do Questionário

Inicialmente foram visitadas três empresas, duas do setor farmacêutico e uma outra do setor de alimentos. Estas entrevistas iniciais orientaram o desenvolvimento do questionário e a continuidade da pesquisa de campo. Concretizada a opção pela Indústria Farmacêutica, a empresa do setor de alimentos, apesar da boa recepção, foi descartada. Das outras duas, uma delas tinha sua fábrica no Rio de Janeiro e, em função da dificuldade de contato com os responsáveis pelo planejamento mais operacional, também foi descartada.

A seguir, iniciou-se o contato com as empresas, concentrando-se naquelas de maior porte, com intuito de agendar as visitas. Ao final, conseguiu-se realizar as entrevistas em cinco laboratórios com fábrica na região metropolitana de São Paulo. Destes, três estão entre os dez maiores apresentados na Tabela 4.3, e os outros dois, de porte semelhante, alcançaram faturamento superior a US\$ 250 mi (1998). Duas das empresas da amostra são de origem norte-americana e as demais, multi-nacionais européias. Outras duas empresas, que haviam inicialmente concordado em participar, acabaram não o fazendo. Situadas entre as dez maiores, apresentavam características interessantes que justificariam a inclusão na amostra; a primeira havia concluído recentemente a instalação do SAP/R3 (ERP) e a segunda por ser uma empresa nacional de porte.

Os questionário, apresentado em anexo, é constituído de 45 questões distribuídas em quatro seções : i) caracterização da empresa; ii) processos de previsão de demanda e planejamento agregado (nível tático); iii) processos de programação da produção e controle de estoques (nível operacional); iv) questões complementares como, por exemplo, formação profissional, experiência com uso de modelos, inserção da área de planejamento

da produção na empresa, etc. Apesar de extenso, o questionário foi utilizado como um roteiro de entrevistas, que duraram, em média duas horas e meia. Uma síntese dos resultados das entrevistas nas cinco empresas encontra-se no item a seguir.

4.5 Resultados Obtidos

Empresa A

Apresentação

A Empresa A pertence a um grupo multinacional de origem norte-americana. No Brasil, está situada entre os dez maiores laboratórios. Possui, em São Paulo, uma única fábrica em operação, que está em fase de desativação e transferência para as novas instalações da empresa, em um outro município da região metropolitana de São Paulo, onde já funciona a sede administrativa.

Possui duas divisões, uma dedicada aos medicamentos com receita médica e outra de produtos de auto-medicação. A quantidade total de produtos acabados, nas suas diferentes apresentações, chegam a cerca de 100 itens. Destes, 40% correspondem aos medicamentos com receita, que são importados principalmente de uma unidade industriais do grupo localizada na Europa, e que representam cerca de 70% do faturamento da Empresa. Estes produtos são principalmente das classes terapêuticas : saúde feminina, nutricionais, tranqüilizantes, respiratórios, antibióticos, oncológicos e vacinas. Em geral, são comprimidos e, na maior parte dos casos, são importados já embalados.

Os produtos de auto-medicação representam um maior número de itens; a participação destes no faturamento da Empresa, no entanto, corresponde apenas a cerca de 30%. São predominantemente líquidos e cremes, classificados em anti-gripais, analgésicos, expectorantes e vitaminas.

Nesta empresa, entrevistamos o Gerente da Divisão de Planejamento, cuja atividade se concentra, até pela maior participação no faturamento, na gestão dos estoques dos produtos importados. Dos medicamentos importados, a maior parte vem na forma de produto acabado, incluindo o acondicionamento em embalagens apropriadas para o mercado interno brasileiro. Parte dos produtos são importados na forma semi-acabada, com acondicionamento no Brasil. O processo de planejamento consiste basicamente na previsão de demanda destes produtos no mercado interno e na colocação de pedidos de importação. Conforme as previsões e o nível de estoques, são colocados os pedidos. Em função das necessidades de planejamento das plantas no exterior e do tempo de suprimento dos produtos (“*lead time*”), trabalha-se com uma antecipação de três a quatro meses, ou seja, em um dado mês são colocados os pedidos referente a três meses adiante. Caso a demanda agregada das diferentes afiliadas do grupo no mundo seja superior a capacidade industrial, inicia-se um processo de negociação para adequação dos pedidos à capacidade de produção no exterior. Segundo o entrevistado, a estratégia de globalização da produção de medicamentos, a exemplo do setor automotivo, é tendência cada vez mais freqüente na indústria farmacêutica.

No planejamento da produção dos produtos de auto-medicação, utiliza-se a estratégia de produção para estoques. É feita uma previsão de demanda e, a partir do balanço de estoques e da política de estoque de segurança, faz-se a programação da produção. Parte dos insumos são também importados e, freqüentemente, recorre-se a terceiros (sub-contratação) para alcançar as metas de produção mensal definidas pelo planejamento.

A distribuição dos produtos das duas divisões para os pontos de vendas é feita principalmente a partir de distribuidores de medicamentos (atacadistas) ou pela venda para grandes redes de farmácias. As vendas para estes “clientes” apresentam grande variação entre os meses, embora a demanda dos produtos pelo consumidor final não tenha grandes oscilações (exceto produtos respiratórios e vacinas).

Planejamento da Produção

A Empresa realiza previsões de demanda mensal com um horizonte de 12 meses. Estas previsões são elaboradas pela área de vendas e são revistas mensalmente. Utilizam dados históricos e métodos estatísticos de projeção, porém, as previsões finais para cada item é determinada qualitativamente, baseada no consenso de opinião. Isto se justifica, segundo o entrevistado, devido ao fato de que os métodos estatísticos, baseados em dados históricos, não incorporaram informações qualitativas que a área de vendas dispõe, em contato com os clientes e acompanhando o mercado.

Apesar das previsões serem baseados predominantemente em julgamento humano, existe um monitoramento dos erros de previsão, que situam-se na faixa de 30 a 40%. Segundo o entrevistado, o ideal seria algo não superior a 10% de erro de previsão. Além dos indicadores de erro de previsão, são feitas avaliações de níveis de estoque e não atendimento de pedidos (falta). Atualmente, as previsões são feitas em planilha Microsoft Excel e, no futuro, pretende-se utilizar o módulo de previsão disponível no pacote integrado ERP em uso na empresa. Há uma expectativa de que este recurso possa melhorar a capacidade de previsão de demanda dos produtos da Empresa.

O planejamento da produção é decorrência direta das previsões de demanda. Utiliza-se o modelo MRP, disponível no sistema ERP fornecido pela JDEdwards. A escolha deste sistema, que foi implantado em maio de 1998, foi definida nos EUA pela matriz, que adota uma estratégia de padronização dos sistemas de informação nas empresas do grupo. Não são utilizados modelos de otimização para o planejamento agregado da produção. Dentre as prioridades para a área de planejamento da produção, o entrevistado destacou prontamente a necessidade de investimentos na melhoria da capacidade de previsão de demanda.

Programação da Produção

No caso dos produtos importados, a previsão de demanda e o nível atual de estoques definem os pedidos que são colocados para as unidades no exterior. Conforme mencionado acima, quando há restrições de capacidade, as metas são revistas por negociação. A qualidade das decisões é avaliada pelos níveis de estoque e falta resultantes.

A programação dos produtos nacionais é feita de forma semelhante, utilizando-se terceiros quando há limitação de capacidade. Basicamente, as previsões de demanda e o nível de estoque definem as metas de produção do mês. A programação é feita manualmente pelo gerente de produção e a necessidade de materiais é determinada pelo MRP. Após a transferência da fábrica para as novas instalações, pretende-se explorar as potencialidades dos módulos de manufatura do sistema ERP e aumentar o grau de automação da produção. Não se utilizam modelos de simulação nem modelos analíticos para formação de lotes e programação das ordens de produção.

Tópicos Complementares

Na área de planejamento, a equipe é formada por profissionais com formação em econômica e administração, não havendo ninguém com formação específica em Engenharia de Produção, com conhecimentos e experiências em Estatística e Pesquisa Operacional. O entrevistado acredita que modelos de otimização e métodos estatísticos podem contribuir para aprimorar o processo de planejamento, principalmente no que diz respeito a previsão de demanda.

Questionado sobre as dificuldades para o desenvolvimento e implantação de modelos de otimização e estatísticos na empresa, o entrevistado destacou a limitação de autonomia para a execução de projetos de maior porte imposta pela matriz norte-americana.

Sobre os critérios para avaliação da adequação de modelos de apoio à decisão, foram citados a relação custo-benefício, a utilização ou não por empresas concorrentes e a compatibilidade com os sistemas de informação da empresa. Existe uma preferência por “ferramentas” do próprio fornecedor ou no mínimo compatíveis com o sistema ERP instalado. Percebe-se um visão bastante pragmática a respeito do potencial de resultados do modelo proposto, ou seja, a adoção de modelos de apoio a decisão está condicionada ao convencimento de que tais modelos efetivamente produzam resultados.

Empresa B

Apresentação

A Empresa B apresenta quatro áreas de negócio que são : a) farmacêutica; b) nutricional; c) hospitalar; d) medicamentos para AIDS. A linha farmacêutica, que responde por cerca de 40% do faturamento da empresa, tem produção concentrada na unidade industrial localizada no município de São Paulo. Os demais produtos são importados de unidades da empresa no exterior. O planejamento da produção local e da importação fica sob responsabilidade do Gerente de Planejamento da Produção e Compras, que concedeu a entrevista.

A quantidade total de produtos alcança 200 itens, distribuídos nas seguintes famílias de produtos : gástricos, respiratório, especiais (oncológicos e ginecológicos) e cardiologia. Dentre os insumos, destacam-se os princípios ativos dos medicamentos (importados) e materiais para embalagem (fornecedores nacionais). O suprimento de embalagens é feito a partir de contratos de 12 meses e uma estimativa de volume, que pode variar mês a mês.

Além dos fornecedores de materiais, a Empresa B recorre a subcontratação quando a capacidade da fábrica não é suficiente para atender as metas de produção mensal. Utiliza-se a estratégia de produção para estoques. Os principais clientes diretos são distribuidores

de medicamentos (70%), grandes redes de farmácias (30%) e uma pequena parcela com distribuição direta no caso de hospitais e unidades de saúde.

Exceto os produtos da linha respiratória, não se observa efeito sazonal pronunciado no consumo final dos medicamentos. No entanto, a política de compras e estoque dos distribuidores provocam grandes variações no volume de vendas ao longo do ano. Tipicamente, os meses de dezembro, janeiro e fevereiro são meses de vendas piores, período em que os laboratórios concentram férias dos funcionários. O principal fator que afeta a demanda final, além do fator epidemiológico, está associado à divulgação dos produtos junto a comunidade médica e de saúde e fatores de natureza econômica.

Planejamento da Produção

O processo de planejamento da produção concentra-se na previsão de demanda, que é feita para um horizonte de seis meses e revista mensalmente. A previsão de demanda mensal utiliza dados históricos e é realizada principalmente pelas áreas Vendas e Planejamento. Opiniões pessoais e informações qualitativas são predominantes no processo de previsão de demanda. A qualidade da previsão de demanda e o consenso das projeções são conseguidos em reuniões de negociação entre as áreas. Utilizam-se alguns indicadores de erro de previsão e desempenho da política de estoques, que levam em consideração também o valor dos produtos.

A partir das previsões é feito um plano de produção. Uma preocupação importante no planejamento é ter pouca variação da força de trabalho. No primeiro semestre, além das férias, procura-se produzir produtos com menor valor agregado, liberando capacidade de produção no segundo semestre para produtos de maior valor agregado.

O planejamento é feito com auxílio de planilhas e utilizando-se o modelo MRPII do *software* BPCS, da empresa norte-americana SSA; , considerado um padrão na indústria

farmacêutica e que, em geral, produz bons resultados para a empresa. Na opinião do entrevistado, o sistema de planejamento da produção pode ser melhorado introduzindo-se ferramentas de análise que permitam comparar o planejado versus o real e indicadores de desempenho da previsão e gestão de estoques. Dentre as prioridades das empresas, estão : a) busca da multi-funcionalidade na produção; b) atualização do sistema MRP; c) busca de uma ferramenta para re-programação automática da produção.

Programação da Produção

A programação é feita manualmente pelo gerente de produção e a necessidade de materiais é determinada pelo módulo MRP. Os demais módulos do modelo MRPII não são utilizados. Não são utilizados também modelos de simulação ou modelos analíticos de programação da produção. A política de reposição de estoques e formação de lotes também não se seguem modelos formais da teoria de estoque. Definem-se estoques de segurança para produtos acabados e de matérias primas, neste último caso em virtude do tempo de suprimento ser elevado (matérias primas importadas).

Avalia-se a qualidade da programação em uma planilha confrontando realizado com planejado. Eventuais correções são discutidas em reunião semanais de acompanhamento da produção e, quando necessário, utiliza-se o recurso de horas-extras. A política de estoques é avaliada por dois indicadores basicamente : dias de estoque e falta de produto.

Tópicos Complementares

Apesar da baixa utilização de modelos estatísticos e de otimização, acredita-se que estes modelos podem contribuir para maior eficiência e racionalização do processo de decisão. Há preferência por ferramentas de análise das decisões. Na área de planejamento, não se dispõe de pessoal com qualificação na área de Pesquisa Operacional

As dificuldades para desenvolvimento e implantação deste tipo de modelo está relacionado aos seguintes fatores : a) complexidade do problema real (múltiplas variáveis); b) disponibilidade de tempo; c) acurácia da base de dados; d) ambiente muito dinâmico. Sobre os critérios de avaliação da adequação de modelos destacou : a) integração com a base de dados; b) comprovação de resultados (custo/benefício); c) software. Ao final da entrevista, o entrevistado mostrou interesse em discutir assuntos ligados a logística empresarial, em especial, as possibilidades de troca de informações sobre demanda e produção entre fornecedores e clientes com intuito de se reduzir estoques e melhorar o nível de atendimento ao cliente.

Empresa C

Apresentação

A Empresa C é resultante da recente fusão de outras duas grandes empresas multinacionais de origem européia. Uma delas havia deixado o país na década de 80 por conta do controle de preços imposto pelo governo e, com a fusão em nível mundial, voltou a oferecer seus produtos no mercado. Cerca de 50% do faturamento da empresa é resultante da comercialização de produtos produzidos na única unidade industrial situada na região metropolitana de São Paulo; o restante é composto de produtos acabados ou semi-acabados importados. Da parcela da produção local, cerca de 15% são produzidos sob encomenda para um terceiro, 5% exportados para o Mercosul e o restante destinados ao mercado interno. Em relação a quantidade de itens, a produção doméstica equivale a cerca de 80% do total de itens comercializados.

Na relação de produtos, destacam-se os produtos cardiovasculares, respiratórios, gástricos, oncológicos e anestésicos. Além da importação de produtos acabados e semi-acabados, matérias-primas auxiliares e princípios ativos também são adquiridos no exterior. Embalagens e rótulos comprados de fornecedores nacionais completam a lista de

suprimentos. A produção é predominantemente para estoque. Do ponto de vista do processo de produção, há duas linhas principais : a) comprimidos; b) líquidos e cremes. Nesta empresa, além da entrevista, houve a oportunidade de, numa segunda visita à empresa, se conhecer a fábrica e observar a dinâmica do trabalho na produção dos medicamentos.

A distribuição dos produtos é feita basicamente por distribuidores independentes (80%) e grandes redes de farmácias (20%). Exceto para a linha de produtos respiratórios, a demanda dos produtos pelo consumidor final não apresenta sazonalidades significativas. No entanto, as vendas mensais apresentam grande variação em volumes e itens. Dentre os fatores que afetam a demanda, destacam-se o nível de atividade econômica e as estratégias comerciais das empresas concorrentes e do setor atacadista.

Planejamento da Produção

O planejamento da produção segue a lógica do modelo MRPII, iniciando-se pelo planejamento de vendas anuais (“*Sales & Operations Planning*”), realizado em conjunto entre as áreas de Vendas e Produção. As previsões de demandas mensais são utilizadas para programação da produção e compras, que se dá conforme o nível de estoque de cada produto. Estas previsões são baseadas em dados históricos (projeção de vendas) e fortemente influenciadas pela avaliação subjetiva dos profissionais da área de vendas. Aparentemente, não há um acompanhamento dos erros de previsão de forma estruturada.

O plano de produção é revisto a cada seis meses. Não ficou claro, na entrevista, quais as decisões e desdobramentos deste plano anual. A estratégia de produção consiste essencialmente em produzir, em cada mês, o equivalente a previsão do mês acrescida de uma porcentagem adicional para cobrir incertezas da demanda.

Conforme mencionado acima, o planejamento está baseado no modelo MRPII e operacionalizado a partir do pacote BPCS. Dentre os módulos do ERP, os mais utilizados

são o MRP (materiais), SFC (controle da produção), INV (estoques), BOM (lista de materiais) e API (revisão de processos); o módulo CRP (capacidade) não é utilizado.

Segundo o entrevistado, com o aumento esperado da demanda, será necessário rever as práticas de planejamento. Acredita-se que o processo de planejamento pode ser aprimorado, a partir da maior capacitação dos profissionais envolvidos e na aquisição de “ferramentas gerenciais” para análise das decisões de planejamento e programação.

Dentre as prioridades da empresa para a área de planejamento, foram citadas : a) revisão dos processos de planejamento (requisito da ISO9000), b) maior automação no processo de produção; c) estruturação da área de planejamento da produção.

Programação da Produção

A programação da produção está baseada no modelo MRP. Não são utilizados modelos de simulação ou modelos analíticos de programação da produção. A produção é por bateladas e a formação dos lotes atende principalmente restrições tecnológicas (capacidade, tempos de *set-up* e operação dos equipamentos). A programação da produção é feita manualmente pelo supervisor de produção, baseado em regras empíricas e experiência profissional. Com relação à política de reposição de estoques, também não se utiliza nenhum dos modelos formais da literatura acadêmica.

Empresa D

Apresentação

A empresa D também passou por um processo recente de reestruturação com a fusão de outras duas empresas européias com atuação no Brasil há muitos anos. A partir da fusão, tornou-se uma das maiores empresas mundiais do setor químico/farmacêutico. Além do

mercado farmacêutico, atua na produção de produtos veterinários e sementes. No Brasil, possui duas fábricas, uma na região metropolitana de São Paulo e outra no Estado do Rio de Janeiro. A produção de medicamentos está concentrada na planta paulista, onde ocorreu a entrevista.

A linha de produtos envolve uma vasta gama de produtos, com destaque para os anti-inflamatórios e a linha oncológica. Além da produção local, as receitas da empresa são resultado também da comercialização dos produtos importados da Europa. A produção de medicamentos da fábrica destina-se principalmente ao mercado interno (acima de 90%) e uma pequena parcela, produzida contra pedido, tem destino em países da América Latina. A distribuição no mercado interno é feita por distribuidores e grandes redes de farmácias. Os pedidos são colocados pelos clientes que devem, prioritariamente, ser atendidos prontamente com produtos disponíveis em estoque. Quando há falta de produto para pronto atendimento do pedido e o cliente concorda em esperar, emite-se uma ordem de produção urgente para atender ao cliente demandante.

Para efeito do planejamento da produção, as linhas de produção são divididas em líquidos e sólidos. A principal atividade do planejamento relaciona-se com a importação das matérias-primas, procedentes da Europa, utilizadas na fabricação dos medicamentos. Além da importação dos fármacos, a administração de outros materiais e insumos, pessoal e equipamentos compõe as atividades do setor. Em casos de aquecimento da demanda e limitação de capacidade de produção, a empresa recorre à subcontratação. Os insumos para produção dos medicamentos são mantidos em estoque em quantidades não inferior à demanda típica de um mês.

Planejamento da Produção

Com respeito à previsão de demanda, o entrevistado demonstrou não conhecer os detalhes de como eram feitas as previsões, que são de responsabilidade da área de

Marketing. De qualquer forma, informou que a empresa utiliza métodos estatísticos na previsão de demanda e alguns indicadores de erro para avaliação do processo. O planejamento da produção se baseia nestas previsões e tem um horizonte de dois anos. A principal preocupação consiste no planejamento das necessidades de materiais, mais precisamente na aquisição de matérias primas da matriz na Europa, responsável pelo abastecimento de várias plantas no mundo inteiro.

Para planejamento da produção, utiliza-se o modelo MRP disponível no sistema integrado BPCS, implantado na empresa há mais de cinco anos. Da lógica MRPII, apenas o cálculo de necessidades é utilizado. Segundo o entrevistado o sistema atual está bastante adequado às necessidades da empresa. O sistema ERP favorece a integração das várias áreas envolvidas no processo de decisão e, de forma geral, a política de estoques de produto acabado da empresa tem sido satisfatória. Com relação a possíveis melhorias, destacou a necessidade de uma “ferramenta” para a programação da produção, atualmente feita manualmente. Dentre as prioridades na área de planejamento da produção estão a aquisição de um “*software*” para programação da produção e a integração dos sistemas de informação da fábrica com a matriz na Europa.

Programação da Produção

Utiliza-se a sistemática de programação mensal baseada nas previsões atualizadas de demanda e no nível de estoques. Respeitando-se a capacidade da fábrica, que opera em dois turnos e com possibilidade de horas extras, busca-se um volume de produção mensal que mantenha um nível de estoque de segurança de produtos acabados adequado. Este estoque de segurança, expresso em dias, é definido a priori, conforme as condições de mercado para o produto. Verificou-se que na programação da produção e dimensionamento de estoques predominam procedimentos empíricos em lugar de modelos de apoio à decisão mais sofisticados. Por exemplo, a política de estoques utiliza conceito de Pareto para classificação dos produtos acabados. Os produtos classe A recebem um controle mais

exigente que os produtos classes C, que são produzidos em meses alternados e estocados. Uma prioridade do planejamento da produção é a aproximação com a área de compras.

Tópicos Complementares

A área de planejamento da produção é formada por economistas, engenheiros e administradores. Da mesma forma que nas demais empresas visitadas, nunca houve uma iniciativa em desenvolver modelos de apoio à decisão,. No entanto, o entrevistado acredita que o isto seria importante para empresa no sentido de formalizar procedimentos e, provavelmente, aumentar a lucratividade. Sobre as barreiras, destacou a dificuldade em avaliar os benefícios e falta de autonomia com relação à matriz. De qualquer forma, pretende desenvolver internamente alguma ferramenta da pesquisa operacional que auxilie no processo de planejamento e programação da produção, provavelmente um simulador para programação.

Empresa E

Apresentação

A última das cinco empresas participantes está entre as dez maiores no mercado brasileiro e ocupa posição de destaque também do mercado mundial. A empresa E, de origem européia, tem uma fábrica próxima do município de São Paulo onde produz medicamentos diversos e produtos de auto-medicação, que são responsáveis pela maior parte do faturamento. Com relação ao mercado, o entrevistado destacou o crescimento do mercado de genéricos e a concentração da distribuição como fatores mais importantes. Na produção de medicamentos, o principal custo está associado à importação de fármacos produzidos na Europa.

Planejamento da Produção

A empresa realiza previsões de demanda sistematicamente, considerando a demanda mensal e horizontes de um ano. As previsões combinam resultados de técnicas estatísticas com a opinião do *Marketing* e são realizadas em planilha. Os erros de previsão são monitorados, sendo considerado normais erros percentuais de até 20%.

O planejamento da produção é feito em planilha e não se utiliza nenhum modelo de otimização. A empresa utiliza o software BPCS, implantado em 1995, que produz bons resultados. Segundo o entrevistado, o planejamento da produção está adequado às necessidades da empresa, o que pode ser comprovado pela redução dos níveis de estoque. Dentre as prioridades da área destacou o investimento na capacitação em logística e aquisição de software de programação da produção.

Programação da Produção

Na programação da produção define-se o quanto se deseja produzir no mês, procurando evitar a “quebra de estoques”. Esta programação é feita manualmente com a participação dos supervisores de produção, levando-se em consideração as restrições de capacidade e procurando evitar a “quebra de *set up*”, isto é, a troca freqüente de produtos nas linhas de produção. Normalmente, as vendas estão concentradas nos últimos dias do mês, o que exige um nível de estoque de produtos acabados mais alta para absorver incertezas da demanda.

A qualidade da programação é avaliada a partir de índices de ociosidade, níveis de estoque e alcance das metas de produção. Existe um controle diário e, se necessário, faz uma revisão da programação. Quando perguntado sobre a integração entre planejamento e programação, o entrevistado apresentou algumas decisões típicas de planejamento de médio prazo adotadas na empresa, por exemplo, antecipação da produção em outubro e novembro para atender a demanda em dezembro quando a empresa normalmente entra em férias coletivas. A integração entre os níveis de planejamento decorre do fato que as

decisões de planejamento e de programação são tomadas pelo mesmo grupo de pessoas. Além disto, é feita uma avaliação do desempenho da empresa dentro da área de planejamento.

Tópicos Complementares

Embora não utilizem modelos matemáticos, acredita-se que estes podem contribuir para aumentar a eficiência operacional da empresa. Segundo o entrevistado, este pode ser um diferencial entre os concorrentes. Dentre as dificuldades para uso de modelos, está a falta de conhecimento técnico. O critério utilizado pela empresa para adoção de modelos de apoio à decisão seria a efetividade de resultados apresentados, que devem ser analisados a partir de teste. Um ponto mencionado pelo entrevistado está nas divergências entre os critérios utilizados pela área operacional e a área financeira na avaliação do desempenho da empresa (produção).

4.6 Análise dos Resultados das Entrevistas

A amostra de empresas entrevistadas é formada exclusivamente por empresas multinacionais. Apesar do tamanho reduzido, a amostra pode ser considerada representativa, em função da uniformidade dos resultados obtidos, dos grandes laboratórios multi-nacionais, que são responsáveis por cerca de 75% do volume de vendas de medicamentos no país.

Neste conjunto de empresas verificou-se a predominância do uso do modelo MRP na programação da produção, em especial, como instrumento de gestão de estoques de materiais e insumos importados. A decisão de compra de fármacos importados é feita com uma antecedência típica de três meses, sendo mantido um estoque de segurança destes materiais importados suficiente para cobrir as necessidade de um a dois meses de produção. Em todas as empresas visitadas, há uma versão de sistema ERP implantado.

A previsão de demanda é destacada como atividade mais importante do planejamento da produção. De forma geral, a produção destina-se a atender a demanda do mês. A meta mensal de produção é definida a partir das previsões de demanda revisadas e das quantidades em estoque de cada produto, mantendo um estoque de segurança para os produtos acabados conforme a importância do item. O seqüenciamento da produção é feito manualmente pelo responsável por controlar a produção. Indicadores de giro de estoques e falta são os mais importantes na avaliação da programação da produção. Outra prioridade comum está na adoção de algum sistema de programação com capacidade finita que auxilie na programação da produção.

Foi constatado também um grau muito baixo de familiaridade com os modelos acadêmicos de planejamento da produção e estoques. Dois dos entrevistados, um engenheiro químico e um físico, não tiveram nenhum contato com a teoria, enquanto os demais, dois administradores e um engenheiro químico de produção tiveram um único contato durante a graduação. Com relação aos conhecimentos sobre os modelos MRPII, tecnologia de informação e técnicas gerenciais de gestão da produção e da cadeia de suprimentos, a situação é bastante melhor.

Apesar deste desconhecimento e falta de experiência com modelos analíticos de apoio à decisão, todos os entrevistados, em maior ou menor grau, manifestaram-se interessados em implantar alguma ferramenta analítica que possa ser integrada e contribuir com o processo de planejamento da produção. Na implantação deste modelos, prevaleceu a preferência pela aquisição de sistemas prontos, se possível, fornecidos pelo mesmo fornecedor do sistema ERP. Seja no caso de desenvolvimento por terceiro ou aquisição de um sistema pronto, a adoção depende da comprovação de resultados mediante testes com dados reais da empresa. Este sistemas são encarados pelos entrevistados como ferramentas e eles os usuários. Um dos entrevistados destacou também a necessidade de melhorar a capacitação do integrantes do planejamento da produção na área de planejamento da produção e logística.

Infelizmente, as entrevistas confirmaram a existência de um distanciamento acentuado entre as práticas de planejamento no segmento de empresas considerado e o modelos acadêmicos apresentados nos cursos graduação, pós-graduação e especialização. A constatação alentadora é que, apesar das divergências, existe uma pré-disposição em estreitar o relacionamento com a Universidade em busca de desenvolvimento de melhores técnicas e modelos de planejamento da produção e estoques.

5 Análise dos Resultados e Conclusões da Pesquisa

5.1 Introdução

Neste capítulo, procura-se identificar, a partir das pesquisas bibliográfica e de campo, as razões pela não utilização de modelos analíticos da Pesquisa Operacional e Estatística nos processos de planejamento da produção e estoques. Em particular, deseja-se verificar quais são as barreiras existentes para o desenvolvimento e implantação de sistema de apoio à decisão baseados nesta classe de modelos. A análise do problema é feita à luz das hipóteses de pesquisa formuladas no capítulo 1.

A seguir, após confrontar a visão acadêmica e as práticas em planejamento da produção e estoques na indústria farmacêutica, faz-se uma discussão sobre o hiato existente entre a teoria e prática e colocam-se possíveis alternativas para modificar a situação atual.

5.2 Verificação das Hipóteses de Pesquisa

No capítulo 1, formulamos o problema central desta pesquisa a partir da seguinte questão :

Por quê as empresas não utilizam modelos estatísticos e de otimização nos processos de planejamento, programação e controle da produção e estoques ?

A resposta a esta questão surge da solução dos seguintes sub-problemas :

- i) identificar as práticas de previsão de demanda, dimensionamento de estoques, planejamento e programação da produção;
- ii) identificar as expectativas e barreiras para a introdução de modelos analíticos de apoio à decisão no planejamento da produção e estoques;
- iii) apresentar sugestões que contribuam para uma maior difusão dos modelos analíticos nos processos de planejamento da produção e estoques.

A busca das soluções deve, por sua vez, ser orientada pelas seguintes hipóteses :

Hipótese 1 (Capacitação) : as empresas não dispõem de pessoal capacitado para o desenvolvimento e implantação de modelos analíticos de apoio à decisão.

Hipótese 2 (Adequação) : os modelos analíticos disponíveis não são adequados às necessidades das empresas em decorrência da : i) falta de aderência; ii) complexidade; iii) dificuldade de operacionalização.

Hipótese 3 (Relevância) : nas empresas, há uma percepção de que a abordagem acadêmica é pouco relevante para a melhoria do processo decisório em planejamento da produção e estoques

Estas hipóteses serão analisadas, a seguir, com intuito de responder a questão central formulada anteriormente. É importante destacar que, em virtude método de pesquisa adotado, as conclusões aqui enunciadas dizem respeito às empresas visitadas, com algumas possíveis generalizações para o conjunto das empresas do setor farmacêutico.

5.2.1 Análise da Hipótese 1 : Capacitação

A pesquisa de campo revelou que os responsáveis pelo planejamento da produção e estoques nas empresas consideradas têm pouca familiaridade com os conceitos e métodos

das disciplinas Pesquisa Operacional e Estatística. Apesar de se tratar de uma amostra muito pequena (cinco empresas), as empresas visitadas estão entre as de maior porte do setor e, por isso, não há razões para crer que a capacitação dos profissionais nas demais seja muito diferente. De qualquer forma, uma afirmação mais segura só pode ser feita após um levantamento mais completo do universo de empresas considerado.

Com relação à formação dos profissionais entrevistados, encontrou-se dois administradores de empresas, dois engenheiros químicos, um deles com ênfase em produção e um físico. Tanto os administradores de empresas quanto o engenheiro químico de produção afirmaram ter tido contato com a Pesquisa Operacional e a Estatística nos cursos de graduação. Nenhum deles, embora não tenham sido questionados explicitamente, revelou ter feito algum curso de pós-graduação na área de planejamento da produção. Verificou-se também que nenhum destes profissionais vivenciou uma experiência de aplicação dos métodos de Pesquisa Operacional na solução de problemas. Apesar desta deficiência específica na formação profissional, todos manifestaram interesse em aprofundar seus conhecimentos na área e eventualmente desenvolver algum modelo para aplicação no cotidiano do planejamento da produção da empresa. Neste sentido, dos cinco entrevistados, os três mais jovens foram os que se mostraram mais interessados.

Em virtude do exposto até aqui, fica evidente a baixa capacitação dos profissionais em Pesquisa Operacional e Estatística. Em particular, o fato de nunca terem participado de um projeto de desenvolvimento e implantação de modelos de otimização e estatística quer seja na empresa ou durante a graduação, é um fator que ajuda a compreender por quê não se utilizam os modelos acadêmicos nestas empresas. Novamente, apesar da amostra reduzida, é provável que a realidade seja semelhante nas demais empresas, até porque, conforme discutido a diante, o processo de planejamento da produção e estoques é muito semelhante no conjunto de empresas do tipo analisado.

5.2.2 Análise da Hipótese 2 : Adequação

A verificação da hipótese de adequação fica limitada pois, na pesquisa de campo, não foram identificados casos de implantação de modelos analíticos. Desta forma, as conclusões apresentadas aqui baseiam-se no levantamento bibliográfico e na opinião pessoal do autor.

Iniciando-se pela aderência dos modelos, ou seja, a capacidade de representar adequadamente o problema real de planejamento da produção e estoques, verifica-se que estes não são plenamente satisfatórios. Em geral, a abordagem acadêmica pode ser caracterizada por uma formulação muito simples e objetiva dos problemas e por uma maior sofisticação no tratamento matemático em busca da “solução ótima”. Modelos mais representativos analisados por métodos heurísticos em busca de soluções viáveis produzem, talvez, melhores resultados e sejam, por consequência, melhor aceitos no ambiente empresarial.

Adicionalmente, no meio acadêmico predomina a tendência de se estudar isoladamente e de forma independente cada um dos sub-problemas de planejamento da produção (previsão, estoques, planejamento agregado e programação). É importante resgatar a abordagem sistêmica do problema, característica da Pesquisa Operacional, presente, por exemplo, no modelo de planejamento hierárquico proposto por HAX; CANDEA (1984). Deve-se buscar, a apesar da complexidade decorrente, um macro-modelo ou uma estrutura de planejamento que permita integrar os vários processos de decisão envolvidos. Se possível, os objetivos representados no modelo devem refletir não apenas a eficiência operacional (área logística), como também objetivos ligados à administração financeira (área financeira) e às estratégias de competição no mercado (área de “marketing” e vendas).

Uma reflexão aprofundada sobre a modelagem do problema de planejamento da produção e estoques pode ser encontrada em HOPP; SPEARMAN (2000). Estes autores

consideram que os modelos acadêmicos disponíveis são insatisfatórios, o que explica sua baixa utilização nas empresas, e apresentam uma estrutura de planejamento hierárquico que combina modelos analíticos para o planejamento e programação da produção com o princípio de produção puxada (limitação de estoques intermediários) na execução dos programas de produção.

Por outro lado, verificou-se, na amostra pesquisada, que o modelo MRP está presente em todas as empresas; isto sinaliza para a existência de um padrão na indústria farmacêutica em torno da utilização do modelo MRP e, portanto, uma tendência em se abordar o problema de planejamento da produção sob a perspectiva da gestão de materiais. Outro ponto que merece destaque é não utilização de outros componentes da lógica MRPII disponível, como por exemplo, os módulos de análise de capacidade (CRP) e controle da produção (SFC). Como o modelo MRP apresenta um nível menor de abstração e uma lógica mais simples que os modelos acadêmicos, pode-se depreender que as empresas valorizam mais a representatividade do modelo, em detrimento à sofisticação dos métodos de solução empregados. Conclusões semelhantes, em relação aos modelos de programação da produção com capacidade finita, são encontradas em PACHECO (1999).

Outro aspecto referente à adequação está na complexidade dos modelos analíticos. Em primeiro lugar, a complexidade percebida pelos potenciais usuários está diretamente ligada a experiência didática destes nos cursos de graduação e pós-graduação. A ênfase no estudo dos métodos de solução e a falta de experiências práticas com o uso da metodologia (modelagem e implantação em casos reais) contribui para consolidar a imagem de que a Pesquisa Operacional e a Estatística são disciplinas extremamente teóricas (matemáticas) e, portanto, de baixa utilização prática.

Finalmente, ainda com respeito à adequação, uma barreira potencial ao uso de modelos seria a dificuldade de operacionalização dos mesmos. Para que se tenha a efetiva utilização de modelos e/ou algoritmos no uso cotidiano da empresa, é necessário consumir

o desenvolvimento do modelo em sua implementação computacional. Isto pode ser feito internamente, pela área de sistemas da empresa, ou externamente, pela aquisição do software ou contratação para desenvolvimento por fornecedor externo.

Na opção de desenvolvimento do software por fornecedor externo, a incorporação de modelos de apoio à decisão pode ser uma especificação do cliente ou iniciativa do próprio fornecedor. Em um e outro casos, isto só possível se houver capacitação nas seguintes áreas : gestão da produção; pesquisa operacional (técnicas de otimização) e engenharia de software. A combinação de conhecimentos nestas três áreas permite oferecer um produto adequado às necessidades da empresa, incluindo um modelo racional de apoio à decisão. A segunda alternativa, baseada no fornecedor externo, consiste na aquisição de um produto pronto disponível no mercado. Neste caso, verifica-se uma tendência do fornecedor manter em sigilo os detalhes técnicos referentes ao modelo de apoio à decisão embutido no produto, dificultando a avaliação da adequação do mesmo. Observou-se, na pesquisa de campo, uma preferência pela aquisição de “ferramentas” desenvolvidas pelo próprio fornecedor do sistema ERP instalado na empresa; isto em razão da facilidade de integração e diminuição dos riscos percebidos na implantação do sistema. No entanto, estes softwares complementares, denominados genericamente APS (“*Advanced Planning and Scheduling*”), ainda não estão consolidados no mercado e, como foi dito anteriormente, não se dispõe de informação técnica detalhada para avaliar a qualidade do modelo embutido.

Caso a empresa opte por desenvolver internamente, ela deve reunir as três competências mencionadas acima. Partindo do princípio que os profissionais têm bom conhecimento do problema de planejamento da empresa e experiência no desenvolvimento de sistemas, uma alternativa seria contratar a assessoria de profissionais com competência técnica em modelagem matemática para auxiliar no processo de desenvolvimento do sistema de planejamento. Nesta situação, a empresa está sujeita aos custos de desenvolvimento do software e, principalmente, ao risco de não se chegar a um resultado satisfatório, adequado à necessidade das empresas.

Uma alternativa mais modesta ao desenvolvimento de um software, seria os próprios usuários desenvolverem seus modelos utilizando planilhas e/ou softwares genéricos de otimização, estatística e simulação. SAVAGE (1997) e POWELL (1997) discutem as perspectivas abertas para a utilização de modelos de otimização baseados em planilha, linguagem comum nas empresas, com a difusão no mercado de softwares de otimização, análise de dados e simulação que têm como plataforma as planilhas mais populares como, por exemplo, a planilha Microsoft Excel. Discutem inclusive as vantagens no uso deste recurso nos cursos de graduação e MBA na área de administração. Novamente, a concretização desta alternativa depende da capacitação da experiência anterior dos usuários em potencial e o acesso a material de referências e suporte para o desenvolvimento.

Para concluir esta discussão, vale destacar que uma das dificuldades de operacionalização de modelos que vem sendo superada está associada à disponibilidade de dados para alimentação dos modelos. Pode-se afirmar que, com a implantação dos sistemas ERP e a construção de uma base de dados corporativa, as empresas têm melhorado sua infraestrutura de informação, o que facilita o desenvolvimento e a implantação de modelos de apoio à decisão.

Do exposto anteriormente, pode-se concluir que a adequação dos modelos, analisado sob os aspectos de aderência, complexidade e dificuldade de operacionalização, constitui efetivamente uma barreira à implantação de modelos de apoio à decisão nas empresas. Na pesquisa de campo, esta hipótese não pode ser avaliada com maior rigor, em virtude da inexistência de empresas com alguma experiência na aplicação de modelos de apoio à decisão.

5.2.3 Análise da Hipótese 3 : Relevância

A terceira e última hipótese refere-se à relevância na adoção de modelos estatísticos e de otimização. Em função da falta de familiaridade com os mesmos, inexistência de

relatos de sucesso em empresas e dos custos e riscos de implantação, é questionável a eficácia da adoção desses modelos para a melhoria dos processos de decisão. Conforme exposto no primeiro capítulo, as empresas dispõem de outras oportunidades de melhoria que atuam diretamente na racionalização dos processos de transformação e gerenciais e que, por isso, sensibilizam mais os tomadores de decisão.

Apesar destas possíveis visões, não houve nenhuma manifestação contumaz no sentido de que a abordagem acadêmica seja incapaz de produzir resultados que justifiquem sua adoção. Pelo contrário, três dos entrevistados manifestaram interesse em explorar a alternativa de implantação de modelos de apoio à decisão baseados em modelos de otimização e estatísticas. Um quarto entrevistado se mostrou mais interessado em aprofundar o estudo nas técnicas gerenciais relativas à gestão integrada da cadeia de suprimentos e impactos da tecnologia de informação nos negócios da empresa. O quinto entrevistado, embora tenha respondido afirmativamente quando perguntado se os modelos acadêmicos podem contribuir no processo de decisão, foi o único a demonstrar uma certa descrença. Dentro do planejamento da produção e estoques, houve um consenso de que as áreas de previsão de demanda e programação da produção são as que apresentam maior potencial para implantação dos modelos de apoio à decisão.

5.3 Considerações sobre o Hiato entre Teoria e Prática

Embora a pesquisa tenha se limitado a um número pequeno de empresas, dada a representatividade das mesmas e a regularidade de alguns resultados, pode-se inferir que a utilização de modelos acadêmicos é muito incomum nas empresas do setor, ou seja, houve a constatação da existência de um hiato entre teoria e prática na presente pesquisa. Em lugar dos modelos acadêmicos, prevalece a utilização do modelo MRP, que se concentra na gestão de materiais (no caso, principalmente no controle de estoques de fármacos e embalagens para viabilidade dos programas mestre de produção) e uma

preocupação maior em investir em tecnologia de informação ao invés de em modelos de apoio à decisão.

A despeito dos grandes investimentos em tecnologia de informação e da importância da inovação tecnológica que caracteriza o setor farmacêutico, verificou-se na amostra que nenhuma delas fez investimentos no desenvolvimento de modelos de apoio à decisão. Ademais, caso isto venha a acontecer no futuro, por certo será dada preferência pela compra de “ferramentas” disponibilizadas pelo mesmo fornecedor do ERP já implantado.

Um dos objetivos deste trabalho, além do levantamento das práticas, consiste em identificar caminhos para difundir o uso de modelos analíticos no processo de planejamento da produção. A fim de estruturar melhor um conjunto de iniciativas possíveis para se alcançar este fim, considere-se que, a introdução de modelos de apoio à decisão nas empresas resulta de três alternativas não excludentes que são : i) iniciativa interna dos profissionais de planejamento da produção; ii) aquisição de um “software” de mercado; iii) desenvolvimento e implantação com a participação de consultoria externa.

Considerando-se o primeiro canal, o ponto fundamental refere-se a formação profissional. Para que um profissional se sinta estimulado a empreitar esta atividade por iniciativa própria, além da pressão por resultados, é fundamental que ele tenha capacitação nas áreas de gestão da produção, modelagem e computação. Além do conhecimento técnico, necessita apresentar habilidades que lhe assegurem sucesso nesta iniciativa. Como a prática de uso da metodologia de pesquisa operacional é pouco difundida nas empresas nacionais, o primeiro contato e experiência deve ocorrer ainda no ensino de graduação.

Neste sentido, em lugar da ênfase nos aspectos matemáticos comum nos cursos de Pesquisa Operacional, é importante que o aluno tenha competência para formular o problema de forma adequado, do contrário o processo nem se inicia. Além do processo de modelagem, as demais etapas de um estudo desta natureza também requer algumas habilidades que só se desenvolvem com a prática. Assim, acredita-se ser fundamental que

os cursos de graduação tenham uma ênfase maior na modelagem de problemas e que proporcione a oportunidade dos alunos, em equipe, desenvolver um trabalho prático nas condições reais das empresas. A cooperação universidade empresa é fundamental para que esta experiência ocorra ainda na formação do futuro profissional. Se esta experiência inicial for bem sucedida e se estes profissionais tiverem acesso no processo de educação continuada materiais de referência (não apenas livros didáticos) e suporte profissional, pode-se gradualmente modificar a frustrante realidade atual. Um exemplo de experiência deste tipo é citado por WOUTERS (2000).

Outra forma de facilitar a introdução de modelos de apoio à decisão é através dos fornecedores de software que desenvolvem sistemas de apoio à decisão. Conforme mencionado anteriormente, é difícil avaliar qual o modelo embutido no software, oculto pela empresa por óbvias razões comerciais. De qualquer forma, a aproximação do meio acadêmico com estas empresas provedoras de “soluções” para gestão da produção industrial pode contribuir tanto para enriquecer a qualidade dos produtos disponíveis quanto proporcionar oportunidade relevantes de pesquisa e, em decorrência, produção de novos conhecimentos. Por proporcionar um acompanhamento das tendências deste mercado, esta cooperação contribui também para abrir uma nova perspectiva de mercado para os alunos de graduação em Engenharia de Produção consubstanciada na atividade de desenvolvimento de sistemas de gestão empresarial. Esta parceria com os fornecedores de software ERP é considerada estratégica também por ROBINSON; DILTS (1999). Uma barreira para execução desta parceria está no fato de que este mercado é bastante concentrado e dominado por grandes empresas multinacionais, o que limita o acesso mais amplo por parte de pesquisadores.

Por fim, o último canal está representado pela atividade de consultoria que, no ambiente acadêmico, está prevista e é normalmente descrita como atividade de prestação de serviço ou extensão universitária. Ao contrário do ambiente universitário norte americano, a prestação de serviço não é incentivada de forma institucional. Se se levar em

consideração que a maioria dos novos conhecimentos em gestão da produção e logística não foram gerados no interior das universidades (por exemplo : MRPII/ERP (IBM) e TQM/JIT (Toyota)), a aproximação com as empresas que, embora exija a necessidade de regulamentação, é fundamental para que produzam no interior das universidades conhecimento acadêmico significativo.

No caso particular das pesquisas na área de Planejamento da Produção e Logística e, em particular, de Pesquisa Operacional, acredita-se que seja importante reverter a tendência de pesquisa sobre métodos de solução de problemas clássicos em benefício da pesquisa aplicada com estudo de caso de desenvolvimento e implantação de modelos nas empresas e outras organizações. Seria desejável que trabalhos com aplicação real, semelhantes aos publicados em periódicos científicos, como, por exemplo, a revista *Interfaces*, fossem mais frequentes. A defesa destas iniciativas de aproximação podem ser encontradas em HAYES (2000) e LEE; BILLINGTON (1995), além dos exemplos de universidades norte-americanas como a Universidade do Texas, MIT e Stanford onde estas parcerias envolvem, inclusive, o financiamento de pesquisas por empresas privadas.

No Planejamento da Produção e Logística, seria interessante também criar um banco de casos de empresas de diferentes setores, ou seja, ao invés de uma teoria única, seriam desenvolvidas soluções específicas para cada tipo de empresa. No campo acadêmico, a aproximação entre as áreas de Pesquisa Operacional e Tecnologia de Informação também parece ser uma parceria interessante nos dois sentidos.

Concluindo estas considerações, deve-se pensar na forma de comunicação com o ambiente externo. É importante refletir no fato de que a publicação acadêmica, tão valorizado nos meios universitários, são voltadas prioritariamente para a própria comunidade acadêmica. No caso específico do Brasil, são mais valorizadas as publicações em revistas acadêmicas de circulação internacional que nacionais. Na medida em que o volume de pesquisa aplicada no ambiente universitária nacional cresça, deve-se apontar

para uma divulgação mais ampla destas pesquisas. Estas iniciativas devem contribuir para recolocar as unidades universitárias de pesquisa em gestão de produção e logística no cenário nacional como centros de referência.

5.4 Conclusões Finais

Em síntese, relendo os ensinamentos contidos em ACKOFF (1979), a área de pesquisa operacional deve retomar suas origens como uma disciplina voltada à solução de problemas reais encontrados nas empresas. No caso particular do Planejamento da Produção e Logística, a abordagem de pesquisa operacional pode trazer contribuições significativas. Para isto, é preciso recuperar as origens da Pesquisa Operacional e valorizar a experiência do trabalho em equipe multi-disciplinares na abordagem dos problemas de produção.

A integração universidade-empresa, através do ensino e pesquisa é fundamental para a produção de novos conhecimentos e formação profissional que se espera de uma Universidade. No caso específico da Planejamento da Produção e Logística, em face ao avanço da tecnologia de informação, a reunião das competências de modelagem e implantação de sistemas é fundamental.

Por fim, com respeito a este trabalho, apesar das dificuldades e algumas deficiências encontradas, constituiu-se uma experiência fundamental para autor, que atua na área de ensino da Engenharia de Produção, amadurecer conceitos e conhecer um pouco da realidade profissional futura de seus alunos.

5.5 Desdobramentos e Futuros Trabalhos

Uma perspectiva imediata de continuidade do trabalho seria, a partir de uma simplificação do questionário elaborado, ampliar a amostragem e, assim, traçar um panorama mais completo das empresas do setor.

Outra possibilidade concreta, consiste em apresentar para uma das empresas visitadas uma proposta de desenvolvimento de trabalho para avaliação, em um estudo de caso, das dificuldades, potencialidades e limitações da abordagem acadêmica na indústria farmacêutica.

Finalmente, sugerir que estudos semelhantes sejam realizados em outros setores como forma de conhecer a realidade e identificar as necessidades de diferentes tipos de empresa.

Anexo : Questionário para Pesquisa de Campo

Roteiro de Entrevista

Apresentação

Esta pesquisa destina-se a fazer um levantamento das práticas de planejamento e programação da produção nas empresas do setor farmacêutico. A partir dos dados obtidos neste levantamento e em estudos de casos posteriores, pretende-se avaliar a distância entre a teoria e as práticas de planejamento da produção e apresentar sugestões para redução deste hiato. Para que este estudo seja bem sucedido, é fundamental a colaboração das empresas. Vale ressaltar que os dados referentes às empresas serão mantidos em sigilo e só serão divulgados mediante autorização das mesmas. Os resultados deste estudo serão posteriormente compartilhados com os participantes. Quaisquer esclarecimentos necessários, favor entrar em contato com Prof. Marco Aurélio de Mesquita, telefone 38185363 r.462 ou por e-mail, mamesqui@usp.br.

Identificação da Empresa

1 Empresa : _____

2 Descrição da Empresa (histórico, missão, dados etc)

3 Unidades Industriais

3.1 Quantidade de Fábricas no Brasil : _____

3.2 Localização e capacidade das principais unidades industriais :

I) _____

II) _____

III) _____

4 Produtos :

Sazonalidade Previsibilidade

4.1 Principais Famílias de Produtos,	% Vendas	Sazonalidade		Previsibilidade					
		Sim	Não	0	1	2	3	4	5
A) _____,	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B) _____,	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C) _____,	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D) _____,	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E) _____,	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2 Quais os principais fatores que afetam a demanda dos produtos ?

5 Principais Concorrentes Diretos :

I) _____

II) _____

III) _____

6 Processo de Produção :

6.1 Fluxo de Produção :

 Lotes, para estoque Lotes, sob encomenda Processo contínuo

 Outros casos (especificar) : _____

6.2 Quais são as principais etapas do processo de produção ?

7 Fornecedores :

7.1 Principais <u>Tipos</u> de Insumos,	% Custos	Prazos (<i>lead times</i>)
A) _____,	_____,	_____
B) _____,	_____,	_____
C) _____,	_____,	_____
D) _____,	_____,	_____
E) _____,	_____,	_____

7.2 Descreva sucintamente o processo de suprimento e a relação com os fornecedores.

8 Clientes :

8.1 Como é feita a distribuição física dos produtos ?

8.2 Descreva sucintamente o processo de gerenciamentos de pedidos.

Previsão de Demanda e Planejamento da Produção

9 A empresa faz previsões de demanda de forma sistemática e estruturada ?

Sim Não

10 Com que frequência são realizadas as previsões de demanda ?

Quinzenal Mensal Bimestral Semestral Outra : _____

11 Qual o horizonte de previsão normalmente considerado ?

Mês Trimestre Semestre Ano Outro : _____

12 Como são feitas as previsões de demanda na empresa ?

13 Utilizam Métodos Estatísticos na previsão de demanda ? Sim Não

Por quê ? _____

14 Dentre os modelos de previsão abaixo, quais são conhecidos ? São efetivamente utilizados ?

- | | | |
|--|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> (1) Média Móvel | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
| <input type="checkbox"/> (2) Suavização Exponencial Simples | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
| <input type="checkbox"/> (3) Suavização Exponencial com Tendência | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
| <input type="checkbox"/> (4) Suavização Exponencial com Sazonalidade | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
| <input type="checkbox"/> (5) Regressão Linear Simples | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
| <input type="checkbox"/> (6) Regressão Linear Múltipla | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
| <input type="checkbox"/> (7) Projeção com Auto-Correlação (ARIMA) | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
| <input type="checkbox"/> (8) Modelos Qualitativos baseados em Consenso | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
| <input type="checkbox"/> Outros Modelos : _____ | | |

15 Quais as dificuldades na utilização de Modelos Estatísticos na previsão de demanda ?

16 Utilizam software para previsão de demanda ? Sim Não

Qual ? _____

Quando foi implantado ? _____

Quais as razões que levaram à aquisição deste software ? _____

Produz bons resultados ? (comentar) _____

17 Quais os indicadores de erro de previsão utilizados ?

- Erro Médio
- Erro Absoluto Médio
- Erro Quadrático Médio
- Erro Percentual Médio
- Erro Absoluto Percentual Médio
- Visualização Gráfica
- Outros : _____

18 Como as previsões de demanda são utilizadas no planejamento agregado da produção ?

19 Qual o horizonte de planejamento da produção normalmente considerado ?

- Mês Trimestre Semestre Ano Outro : _____

20 Qual o período de revisão do planejamento ?

- Mês Trimestre Semestre Ano Outro : _____

21 Como é feito o planejamento agregado da produção ?

22 Utilizam modelo de programação linear para o planejamento agregado da produção ?

- Sim Não

Há quanto tempo ? _____

Como foi implantado na empresa ? _____

Produz bons resultados ? _____

23 Utilizam modelo MRP II para o planejamento da produção ? Sim Não

Qual o software utilizado ? _____

Quando foi efetivamente implantado ? _____

Quais as razões que levaram a empresa a adotar um modelo MRP II ? _____

Produz bons resultados ? _____

24 Utilizam Sistemas ERP ? Sim Não

Qual ? _____

Quando foi implantado ? _____

Quais os módulos mais utilizados ? _____

Trouxe benefícios significativos para empresa ? Sim Não

Quais ? _____

25 Na sua opinião, o sistema atual de planejamento da produção está adequado às necessidades da empresa ? Sim Não

Por quê ? _____

Como poderia ser melhorado ? _____

26 Quais são as prioridades da empresa na área de planejamento e controle da produção ?

Programação da Produção e Estoques

27 Como é feita a programação mensal da produção (formação de lotes / reposição de estoques) ?

28 Como são consideradas as restrições de capacidade e as necessidades de materiais ?

29 Como são considerados os custos de estoque e o nível de atendimento aos clientes ?

30 Como é feita a avaliação da programação da produção / estoques na empresa ?

31 Utilizam modelos clássicos de estoques (estoque base, reposição periódica etc) para :

- a) controle de matérias-primas e outros insumos ? Sim Não
- b) controle de produtos acabados na fábrica ? Sim Não
- c) controle de estoques nos centros de distribuição ? Sim Não
- d) controle de estoques nos pontos de venda ? Sim Não

32 Utilizam modelo de otimização na formação dos lotes de produção ? Sim Não

Como foi implantado na empresa ? _____

Produz bons resultados ? _____

33 Como é feita a programação detalhada (seqüenciamento) da produção ?

34 Utilizam modelos de simulação para programação da produção ? Sim Não

Qual o software de simulação utilizado ? _____

Produz bons resultados ? _____

35 Utilizam modelos matemáticos para programação da produção ? Sim Não

Quando foi implantado na empresa ? _____

Quais os critérios de otimização e restrições considerados ? _____

Produz bons resultados ? _____

Quais as dificuldades de implantação e uso deste tipo de modelo ? _____

36 Qual o grau de familiaridade (escala de 0 a 5) com os seguintes modelos de programação matemática (*Scheduling*) ?

	0	1	2	3	4	5
a) Programação Linear Inteira / “ <i>branch-and-bound</i> ”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Algoritmos de Otimização para uma única máquina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Algoritmos de Otimização para <i>flow shop</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Algoritmos de Otimização para <i>job shop</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Heurísticas de Busca para problemas combinatórios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Heurísticas com Regras de Sequenciação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Heurísticas baseadas em Recurso Gargalo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Outros ? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

37 Como é feito o controle da produção e como este se relaciona com a programação ?

Tópicos Complementares

39 Existem, na área de planejamento da produção, profissionais com conhecimentos e experiência em Pesquisa Operacional e/ou Estatística ? Sim Não Quantos ? _____

Qual a formação destes profissionais ? _____

40 A empresa já teve alguma experiência com o desenvolvimento de modelos matemáticos de apoio à decisão para o planejamento da produção e logística ? Sim Não

Descreva e avalie sucintamente esta(s) experiência(s).

41 Acredita que modelos de otimização e técnicas estatísticas podem contribuir para melhoria do processo de planejamento da produção e logística da empresa ? Sim Não

Por quê ? _____

42 Quais as maiores dificuldades para o desenvolvimento e implantação de modelos de otimização e técnicas estatísticas no planejamento da produção em sua empresa ?

43 Quais são os critérios utilizados pela empresa para avaliação e implantação de modelos de apoio a decisão na área de planejamento da produção ?

44 Qual a importância relativa do planejamento da produção e logística na empresa ?

45 No planejamento da produção, quais são as atividades consideradas mais relevantes : planejamento agregado, previsão, suprimento, programação, estoques ou distribuição ?

Referências Bibliográficas

- ACKOFF, R.L. *The development of Operations Research as a Science*. **Operations Research**. v.4, n.3, p.265-295, 1956.
- ACKOFF, R. *The future of Operational Research is Past*. **Operations Research**. v.30, n.2, p.93-104, 1979.
- AGGARWAL, S.C. *MRP, JIT, OPT, FMS ? Making Sense of Production Operations Systems*. **Harvard Business Review**. set-out, p.8-16, 1985.
- ARNOLD, J.R.T. **Introduction to Materials Management**. 3.ed., Nova Jersey, Prentice-Hall, 1998.
- ASKIN, R.G.; STANDRIDGE, C.R. **Modeling and Analysis of Manufacturing Systems**. Nova York, Wiley, 1993.
- ARNTZEN, B.C.; BROWN, G.G.; HARRISON, T.P.; TRAFTON, L.L. *Global Supply-Chain Management at Digital Equipment Corporation*. **Interfaces**. v.25, n.1, p.69-93, 1995.
- BAKER, K.R. *Requirements Planning*. In: GRAVES, S.C. et al. **Handbooks in Operations Research and Management Science**. v.4, Amsterdam, North-Holland, 1993.
- BRAMEL, J.; SIMCHI-LEVI, D. **The logic of Logistics : theory, algorithms and applications for logistics management**. Nova York, Springer, 1997.
- BRANDIMARTE, P.; VILLA, A. **Advanced Models for Manufacturing Systems Management**. Boca Raton, CRC Press, 1995.
- BUFFA, E.S.; MILLER, J.G. **Production-Inventory Systems : planning and control**. 3.ed., Homewood, Richard D. Irwin, 1979.
- BUFFA, E.S.; SARIN, R.K. **Modern Production / Operations Management**. 8.ed., Nova York, Wiley, 1987.
- BUXEY, G. *Production Scheduling : practice and theory*. **European Journal for Operational Research**. v.39, p.17-31, 1989.
- BUXEY, G. *A Managerial Perspective on Aggregate Planning*. **International Journal of Production Economics**. v.41, p.127-133, 1995.
- BUZACOTT, J.A.; SHANTHIKUMAR, J.G. **Stochastic Models of Manufacturing Systems**. Nova Jersey, Prentice-Hall, 1993.

- CAMM, J.D.; CHORMAN, T.H.; DILL, F.A.; EVANS, J.R.; SWEENEY, D.J.; WEGRYN, G.W. *Blending OR/MS, Judgment, and GIS : restructuring P&G's Supply Chain. Interfaces.* v.27, n.1, p.128-142, 1997.
- CHASE, R.B.; AQUILANO, N.J.; JACOBS, F.R. **Production and Operations Management : manufacturing and services.** 8.ed., Boston, Irwin/McGraw-Hill, 1998.
- CHRISTOPHER, M. **A Logística do Marketing : otimizando processos para aproximar fornecedores e clientes.** 2.ed., trad. Nota Assessoria, São Paulo, Futura, 1999
- COOPER, M.C.; LAMBERT, D.M.; PAGH, J.D. *Supply Chain Management : more than a new name for logistics. The International Journal for Logistics Management.* v.8, n.1, p.1-13, 1997.
- CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N. **Just in Time, MRP II e OPT : um enfoque estratégico.** São Paulo, Editora Atlas, 1994.
- DAVENPORT, T.J. *Putting the Enterprise into the Enterprise System. Harvard Business Review.* jul-ago, p.121-131, 1998.
- DIEBOLD, F.X. **Elements of forecasting.** Cincinnati, South-Western College Pub., 2000.
- DUDEK, R.A.; PANWALKAR, S.S.; SMITH, M.L. *The Lessons of Flowshop Scheduling Research. Operations Research.* v.40, n.1, p.7-13, 1992.
- ERLENKOTTER, D. *Ford Whitman Harris and the Economic Order Quantity Model. Operations Research.* v.38, n.6, p.937-946, 1990.
- FLEURY, P.F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K.F., editores. **Logística Empresarial : a perspectiva brasileira.** São Paulo, Atlas, 2000.
- GEOFFRION, A.M. *Forces, Trends, and Opportunities in MS/OR. Operations Research.* v.40, n.3, p.423-445, 1992.
- GRAVES, S.C. *A review of Production Scheduling. Operations Research.* v.29, n.4, p.646-675, 1981.
- GRAVES, S.C.; RINNOOY KAN, A.H.G.; ZIPKIN, P.H., editores. **Logistics of Production and Inventory.** Amsterdam, North-Holland, 1993. (Handbooks in Operations Research and Management Science, v.4)
- GREENE, J.G. **Production and Inventory Control Handbook.** Nova York, McGraw-Hill, 1996.
- HAX, A.C.; CANDEA, D. **Production and Inventory Management.** Nova Jersey, Prentice-Hall, 1984.

- HAYES, R.H. *Toward a "New Architecture" for POM. Production and Operations Management.* v.9, n.2, p.105-110, 2000.
- HANKE, J.E.; REITSCH, A.G. **Business Forecasting.** Nova Jersey, Prentice-Hall, 1998.
- HIGGINS, P.; LE ROY, P.; TIERNEY, L. **Manufacturing Planning and Control : beyond MRPII.** Londres, Chapman & Hall, 1996.
- HOPP, W.J.; SPEARMAN, M.L. **Factory Physics : foundations of manufacturing management.** 2.ed., Boston, Irwin / McGraw-Hill, 2000.
- JOHNSON, L.A.; MONTGOMERY, D.C. **Operations Research in Production Planning, Scheduling, and Inventory Control.** Nova York, Wiley, 1974.
- KENWORTHY, J. **Planning and Control of Manufacturing Operations.** Nova York, Wiley, 1997.
- LEACHMAN, R.C.; BENSON, R.F.; LIU, C.; RAAR, D.J. *IMPreSS : an automated production-planning and delivery-quotation systems at Harris Corporation - semiconductor sector.* **Interfaces.** v.26, n.1, p.6-37, 1996.
- LEE, H.L.; BILLINGTON, C. *The Evolution of Supply Chain Management Models and Practice at Hewlett-Packard.* **Interfaces.** v.25, n.5, p.42-63, 1995.
- LEE, H.L.; BILLINGTON, C.; CARTER, B. *Hewlett-Packard Gains Control of Inventory and Service through Design for Localization.* **Interfaces.** v.23, n.4, p.1-11, 1993.
- LEEDY, P.D. **Practical Research : planning and design.** Nova Jersey, Prentice-Hall, 1997.
- LIN, G.; Ettl, M.; BUCKLEY, S.; BAGCHI, S.; YAO, D.D.; NACCARATO, B.L.; ALLAN, R.; KIM, K.; KOENIG, L. *Extended-Enterprise Supply-Chain Management at IBM Personal Systems Group and Other Divisions.* **Interfaces.** v.30, n.1, p.7-25, 2000.
- MACCARTHY, B.L.; LIU, J. *Addressing the Gap in Scheduling Research : a review of optimization and heuristic methods in production scheduling.* **International Journal of Production Research.** v.31, n.1, p.59-79, 1993.
- MAKRIDAKIS, S.G; WHEELWRIGHT, S.C.; HYNDMAN, R.J. **Forecasting : Methods and Applications.** Nova York, Wiley, 1997.
- MCKAY, K.N.; SAFAYENI, F.R.; BUZACOTT, J.A. *Job-Shop Scheduling Theory : what is relevant ?* **Interfaces.** v.18, n.4, p.84-90, 1988.
- MONDEN, Y. **Toyota Production System : an integrated approach to just-in-time.** 3ed. Norcross, Engineering and Management Press, 1998.

- MORTON, T.E.; PENTICO, D.W. **Heuristic Scheduling Systems with Applications to Production Systems and Project Management.** Nova York, Wiley, 1993.
- NAHMIA, S. **Production and Operations Analysis.** 3ed., Chicago, IRWIN, 1997.
- NAM, S.; LOGENDRAN, R. *Aggregate Production Planning : a survey of models and methodologies.* **European Journal of Operational Research.** v.61, p.255-272, 1992.
- NEMHAUSER, G.L. *The Age of Optimization : solving large-scale real-world problems.* **Operations Research.** v.42, n.1, p.5-13, 1994.
- OHNO, T. **Toyota Production System : beyond large-scale production.** Cambridge, Productivity Press, 1988.
- ORLICKY, J.A. *Net Change Material Requirements Planning.* **IBM Systems Journal.** v.12, n.1, p.2-29, 1973.
- ORLICKY, J.A. **Material Requirements Planning : the new way of life in production and inventory management.** Nova York, McGraw-Hill, 1975.
- PACHECO, R.F. **A adoção de modelos de programação da produção nas empresas : um estudo do processo de decisão.** 181 p. Tese (Doutorado); Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1999.
- PINEDO, M.; CHAO, X. **Operations Scheduling : with applications in manufacturing and services.** Boston, Irwin/McGraw-Hill, 1999.
- PLENERT, G.; KIRCHMIER, B. **Finite Capacity Scheduling : management, selection and implementation.** Nova York, Wiley, 2000.
- PLOSSL, G. **Orlicky's Material Requirements Planning.** 2.ed., Nova York, McGraw-Hill, 1994.
- POWELL, S.G. *The teacher's forum : requiem for the Management Science course ?* **Interfaces.** v.28, n.2, p.111-117, 1998.
- POWELL, S.G. *Leading the Spreadsheet Revolution : making management science the best course in the business school.* **ORMS Today.** v.24, n.6, 1997.
- RAHMAN, S. *Theory of constraints : a review of the philosophy and its applications.* **International Journal of Operations and Production Management.** v.18, n.4, p.336-355, 1998.

- REISMAN, A.; KIRSCHNICK, F. *The devolution of OR/MS : implications from a statistical content analysis of papers in flagship journals. Operations Research.* v.42, n.4, p.577-588, 1994.
- ROBINSON, A.G.; DILTS, D.M. *OR & ERP : a match for the new millennium ? OR/MS Today.* v.26, n.3, 1999.
- SANDERS, N.R.; MANRODT, K.B. *Forecasting Practices in US Corporations : Survey Results. Interfaces.* v.24, n.2, p.92-100, 1994.
- SAVAGE, S. *Weighing the Pros and Cons of Decision Technology in Spreadsheets. ORMS Today.* v.24, n.1, 1997.
- SHINGO, S. *A Study of the Toyota Production System : from an industrial engineering viewpoint.* Cambridge, Productivity Press, 1989.
- SHTUB, A. *Enterprise Resource Planning (ERP) : the dynamics of Operations Management.* Boston, Kluwer Academic Pub.,1999.
- SILVER, E.A.; PETERSON, R.; PYKE, D.F. *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning.* 3 ed., Nova York, Wiley, 1998.
- SIMCHI-LEVI, D. KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. *Designing and Managing the Supply Chain : concepts, strategies and case studies.* Boston, McGraw-Hill, 2000.
- SPEARMAN, M.L.; WOODRUFF, D.L.; HOPP, W.J. *CONWIP : a pull alternative to Kanban. International Journal of Production Research.* v.28, n.5, 879-894,1990.
- SPEARMAN, M.L.; ZAZANIS, M.A.. *Push and Pull Production Systems : issues and comparisons. Operations Research.* v.40, n.3, 1992.
- VOLLMANN, T.E. BERRY, W.L.; WHYBARK, D.C. *Manufacturing Planning and Control Systems.* 4.ed. Nova York, McGraw-Hill, 1997.
- WIERS, V.C.S. *A Review of the Applicability of OR and AI Scheduling Techniques in Praticce. Omega.* v.25, n.2, p.145-153, 1997.
- WOUTERS; M.J.F.; VAN DONSÉLAAR, K.H. *Design of Operations Mangement Internships Across Organizations - learning OM by doing OM. Interfaces.* v.30, n.4, p.81-93, 1993.
- ZIPKIN, P.H. *Foundations of Inventory Management.* Nova York, McGraw-Hill, 1999.