

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

**Gestão da Produção
Repetitiva: uma Ferramenta de
Apoio à Decisão**

por

ALESSANDRA CARLA CEOLIN

Dissertação submetida à avaliação,
como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Ciência da Computação

Prof. Dr. Cláudio Walter
Orientador

Porto Alegre, março de 2001.

CIP – Catalogação na Publicação

Ceolin, Alessandra Carla

Gestão da Produção Repetitiva: uma Ferramenta de Apoio à Decisão / por Alessandra Carla Ceolin. - Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2001.

89 f. :il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação, Porto Alegre, BR-RS, 2001. Orientador: Walter, Cláudio.

1. Produção Repetitiva. 2. Sistemas de Manufatura. 3. Sistemas de Produção. 4. Sistemas de Informação. I. Walter, Cláudio. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitora: Profa. Wrana Panizzi

Pró-Reitor de Ensino: Prof. José Carlos Ferraz Hennemann

Superintendente de Pós-Graduação: Prof. Philippe Olivier Alexandre Navaux

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Philippe Olivier Alexandre Navaux

Coordenadora do PPGC: Profa. Carla Maria Dal Sasso Freitas

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Hara

Agradecimentos

No decorrer de qualquer jornada, temos ao nosso lado pessoas e/ou instituições que nos auxiliam, nos fornecem informações, nos dão estímulos para continuarmos e que merecem nossos agradecimentos. Muitas pessoas estiveram ao meu lado e me ajudaram a concretizar este trabalho, em especial agradeço:

Ao Prof. Cláudio Walter, meu orientador, pela oportunidade, apoio, paciência e compreensão dispensados na elaboração deste trabalho;

Ao Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UFRGS, professores e funcionários, pela oportunidade, troca de experiências e idéias que contribuíram para o aprimoramento profissional e pessoal;

Ao CNPq, pelo apoio financeiro;

A meus pais, Angelin e Sandra, pela vida, pelo amor e pelo contínuo incentivo aos estudos. Vocês que sempre estiveram do meu lado, mesmo distantes, contribuindo com afeto e carinho não só durante o mestrado, mas em todos os momentos;

A minha irmã, Luciana, por ter deixado seus momentos de lazer para me ajudar a concluir esta dissertação. Obrigada pela paciência, incentivo, e carinho que me prestou durante o desenvolvimento desta dissertação;

Aos meus grandes amigos, que me acompanharam vivamente nesse trabalho, compartilhando avanços e retrocessos, durante todo o seu desenvolvimento, em especial a Deise, a Vânia e a Elisabete, amigas de muitos choros e risos compartilhados, aquelas para todas as horas;

A Deus, por ter me acompanhado na execução deste trabalho, que sempre ilumina nossos caminhos, e que nos deu o dom da inteligência;

Agradeço a todos que colaboraram com essa pesquisa com opiniões, correções e dúvidas que mantiveram minha disposição para continuar e chegar até aqui.

Sumário

Lista de Abreviaturas.....	6
Lista de Figuras	7
Lista de Tabelas.....	8
Resumo	9
Abstract	10
1 Introdução	11
1.1 Objetivo do Trabalho	12
1.2 Organização do trabalho.....	13
2 Sistemas de Manufatura.....	14
2.1 Sistema	14
2.1.1 Componentes de um Sistema.....	14
2.2 Produção	14
2.3 Sistemas de Manufatura.....	14
2.3.1 Objetivos globais	16
2.3.2 Realimentação	16
2.3.3 Meio envolvente	16
2.3.4 Componentes do Sistema de Manufatura	16
2.4 Tipos de Sistemas de Manufatura	17
2.4.1 Indústria de Propriedade.....	17
2.4.2 Indústria Discreta.....	17
2.4.2.1 Produção Contínua	19
2.4.2.2 Produção Intermitente	19
2.4.2.2.1 Produção Repetitiva.....	19
2.4.2.2.2 Produção Sob Encomenda	19
2.5 Comparação entre Sistemas de Manufatura.....	20
3 Gestão Repetitiva	22
3.1 Ciclo da Produção Repetitiva	24
3.1.1 Requisições de Compra de Materiais e Ordens de Compra.....	26
3.1.2 Planejamento e Controle das Atividades de Fabricação.....	27

3.2	Alguns Aplicativos Comerciais para a Gestão da Produção Repetitiva .	29
3.2.1	COPICS.....	29
3.2.2	ORACLE / Repetitive Manufacturing	29
3.2.3	Glóvia.com/5	29
3.2.4	Parkwood – Repetitive Mfg Software.....	30
3.2.5	KEWILL - MFW / Repetitive Manufacturing	30
4	Análise dos Métodos de Gestão do Ponto de Vista da Gestão Repetitiva	31
4.1	MRP – Material Requeriments Planning	31
4.1.1	Análise do MRP para a Produção Repetitiva	33
4.2	KANBAN	34
4.2.1	Caracterização de Problemas.....	34
4.3	Programação com Capacidade Finita.....	36
4.4	Análise dos métodos estudados	37
4.5	Integração da gestão repetitiva com o MRP.....	38
5	O Modelo de Referência para Gestão da Produção Repetitiva	41
5.1	Introdução	41
5.2	Modelo Conceitual de Dados usado para Implementação do Protótipo Repetitivo.....	42
5.2.1	Descrição das classes e seus atributos:	44
5.3	Implementação	50
5.4	O método “Programação repetitiva”	62
5.4.1	Descrição do algoritmo para reunir todos os dados necessários ao cálculo da produção	63
5.4.2	Descrição do algoritmo para cálculo da produção	63
5.4.3	Descrição do algoritmo para mostrar os dados calculados	66
6	Conclusões	67
	Anexo 1 Modelo Conceitual de Dados Completo	70
	Anexo 2 Modelo E-R Normalizado	85
	Bibliografia.....	86

Lista de Abreviaturas

APICS	American Production and Inventory Control Society
CRP	Capacity Requirements Planning Cálculo das Necessidades de Capacidade
ER	Entidade – Relacionamento
ETO	Engineer-to-Order Engenharia sob encomenda
JIT	Just in Time
MER	Modelo Entidade-Relacionamento
MRP	Material Requirements Planning Planejamento das necessidades de Materiais
MTO	Make-to-Order Fabricação sob encomenda
MTS	Make-to-Stock Fabricado para estoque
OF	Ordem de Fabricação
OPT	Optimized Production Technology Tecnologia da Produção Otimizada
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PMP	Master Production Schedule Programação Mestre de Produção
RCM	Requisições de Compra de Material
SM	Manufacturing System Sistema de Manufatura
TOC	Theory of Constraints Teoria das Restrições
UML	Unified Modeling Language Linguagem de Modelagem Unificada

Lista de Figuras

FIGURA 2.1 - Esquema de um sistema de manufatura	15
FIGURA 2.2 - Processo de transformação nos sistemas de manufatura.....	15
FIGURA 2.3 - Representação de um atributo de uma relação	16
FIGURA 2.4 - Classificação dos Processos Produtivos	17
FIGURA 2.5 - Gradações dos sistemas de manufatura.....	21
FIGURA 3.1 - Programação sem superposição de atividades.....	22
FIGURA 3.2 - Programação com superposição de atividades	23
FIGURA 3.3 - Programação da Produção Repetitiva.....	25
FIGURA 4.1 - Modelo de dados para o MRP	31
FIGURA 4.2 - Elementos que interagem com o sistema MRP	32
FIGURA 4.3 - Programação repetitiva e integração com o algoritmo MRP	39
FIGURA 5.1 - Fases das atividades no processo de modelagem de sistemas.....	41
FIGURA 5.2 - Modelo conceitual de dados para programação repetitiva	43
FIGURA 5.3 - Representação de um roteiro	49
FIGURA 5.4 - Modelo E-R usado para a implementação.....	51
FIGURA 5.5 - Tabela de Itens	52
FIGURA 5.6 - Aviso de modificação.....	52
FIGURA 5.7 - Tabela de Linhas	53
FIGURA 5.8 - Tabela de Roteiros de produção	54
FIGURA 5.9 - Tabela de especificação do plano mestre	55
FIGURA 5.10 - Aviso do verificador de falta de capacidade	56
FIGURA 5.11 - Aviso do verificador de capacidade	56
FIGURA 5.12 - Programação com o uso do verificador de capacidade	57
FIGURA 5.13 - Programação sem o usar a sugestão do verificador de capacidade	58
FIGURA 5.14 - Programação diminuindo o valor do lote de transferência.....	59
FIGURA 5.15 - Programação aumentando o valor do lote de transferência.....	59
FIGURA 5.16 - Programação alterando o PMP do item 5 para 1700.....	60
FIGURA 5.17 - Exemplo de programação alterando o PMP do item 5 para 2000.....	61
FIGURA 5.18 - Layout físico da fábrica.....	62
FIGURA A2.1 Modelo E-R normalizado usado para implementação.....	85

Lista de Tabelas

TABELA 2.1 - Exemplos de Sistemas de Manufatura.....	15
TABELA 2.2 - Diferenciação básica entre indústrias discretas e de propriedade	18
TABELA 4.1 - Adequação dos métodos de gestão para produção repetitiva	37
TABELA 5.1 - Atributos da Classe PlanoMestre	44
TABELA 5.2 - Atributos da Classe Item	45
TABELA 5.3 - Atributos da Classe ItensPlanoMestre.....	46
TABELA 5.4 - Atributos da Classe EstruturaProduto	47
TABELA 5.5 - Atributos da Classe Linha	48
TABELA 5.6 - Atributos da Classe ItensLinha.....	48
TABELA 5.7 - Atributos da Classe CentroTrabalho	49
TABELA 5.8 - Atributos da Classe ItensCentroTrabalho.....	49

Resumo

Um dos principais problemas da área de manufatura é a gestão dos processos de produção. No entanto, a grande maioria dos sistemas existentes está baseada no paradigma da produção intermitente, resultando em soluções não satisfatórias para a gestão da produção repetitiva.

A produção repetitiva tem as seguintes características:

- por períodos relativamente longos, às vezes de algumas semanas, tem-se uma composição ("*mix*") constante ou semelhante de produção;
- no entanto, a variabilidade de composição é maior que a suportada por sistemas kanban, que resultariam em estoques excessivos. Além disso, o kanban em si não suporta processos informatizados de planejamento e controle;
- a utilização de ordens de fabricação no estilo da produção intermitente, usando os sistemas de informação MRP normais, resulta em um *overhead* com complexidade e custos desnecessários.

Por outro lado, os sistemas de informação que usam o algoritmo MRP para a produção intermitente (com os módulos acessórios) são amplamente difundidos, atendendo satisfatoriamente outras funções, tais como a gestão de estoques, compras e administração em geral.

Procura-se, portanto, uma ferramenta que, na medida do possível, conjugue a simplicidade operacional do kanban com os recursos de gestão dos sistemas informatizados do mercado.

O método e a ferramenta devem ser flexíveis, proporcionar o planejamento de capacidade finita, e aceitar variações de demanda, refletindo de maneira mais adequada esta forma de gestão. Para aprofundar o conhecimento do ambiente repetitivo foram estudados e analisados os principais sistemas de gestão comerciais no que se refere à gestão repetitiva.

Os principais resultados da ferramenta são:

- um cronograma ("*schedule*") dos itens a serem produzidos, por centro de trabalho e linha de produção, levando em conta a capacidade fabril;
- uma análise crítica e interação com o plano mestre de produção, permitindo que o algoritmo MRP gere requisições de compra de material compatíveis com a demanda e a capacidade fabril.

Foi desenvolvido um protótipo parcial do módulo de gestão repetitiva, visando a verificação dos principais algoritmos e procedimentos e é mostrada a integração da ferramenta com um sistema de gestão usual, voltado para a produção intermitente.

Palavras-Chave: Produção Repetitiva, Sistemas de Manufatura, Sistemas de Produção, Sistemas de Informação.

TITLE: “REPETITIVE PRODUCTION MANAGEMENT: A DECISION SUPPORT TOOL”

Abstract

One of the main problems found in the manufacturing area is the management of production processes. However, the great majority of existing systems is based on the intermittent production paradigm, resulting in solutions that are not so satisfying for repetitive production.

Repetitive production has the following characteristics:

- for relatively long periods, sometimes some weeks, there is a constant or slightly variable production mix;
- however, the mix variability may be higher than the supported by kanban systems, which would result excessive inventories. Besides, kanban itself does not support computerised planning and control;
- the use of Production Orders in repetitive manufacturing, with the usual MRP information systems, results in a complex task, with considerable overhead

On the other hand, information systems that use the MRP algorithm (with its accessory functions) are widely used, and quite effectively support other aspects, such as inventory management, purchase, and general management.

Therefore, we are looking for a tool that, as far as possible, combines the operational simplicity offered by kanban with the management resources of the computerised systems available in the market.

The method and tools should be flexible, supply finite capacity planning, and accept reasonable demand variations. In order to get a better understanding about the repetitive environment, the main commercial repetitive management systems were analysed.

The main expected results were:

- a production schedule for each work center and production line, taking finite capacity into account;
- a critical and interactive analysis of the master production schedule, allowing the algorithm MRP to generate realistic material purchasing orders, compatible with the demand and production capacity.

The verification of the main algorithms and procedures was performed with a partial prototype of the repetitive management module. Finally, the mechanism for integrating this software tool with commercial production management systems is presented.

Keywords: Repetitive Production, Manufacturing Systems, Production Systems, Information Systems.

1 Introdução

O aumento da população e o desenvolvimento tecnológico influenciaram diretamente o surgimento dos sistemas de manufatura, pois para atender em quantidade e qualidade as exigências do consumidor a produção não poderia mais ser artesanal. O mercado tornou-se mais exigente em termos de flexibilidade e o cliente deseja várias opções para um mesmo produto fazendo com que empresas vivam em constante atualização em busca de qualidade, variedade e preço.

Com o uso dos computadores e a redução dos custos, foi possível desenvolver vários métodos para melhoria da produção. Através do desenvolvimento de sistemas de manufatura mais automatizados é possível alcançar alta produtividade sem perda de qualidade e aceitar rápidas alterações de processos para tratar uma grande variedade de produtos e dar respostas rápidas às necessidades do mercado [BAT97].

Um dos principais problemas da área de manufatura é a gestão dos processos de produção [BIN95]. Várias pesquisas têm sido realizadas envolvendo esta área, levando ao projeto de sistemas de informação para os diferentes ambientes de produção. No entanto, a grande maioria dos sistemas desenvolvidos está baseada no paradigma da produção intermitente, tornando-os mais complexos que o necessário para o controle da gestão repetitiva.

Hoje em dia, empresas com características repetitivas gerenciam suas atividades de produção por meio de sistemas muitas vezes inadequados e complexos demais [DET93]. Um sistema para a gestão repetitiva pode ser um sistema mais simples, sem o gerenciamento de ordens de fabricação (OFs) por exemplo, refletindo de maneira mais adequada a gestão da produção.

Assim, uma das preocupações deste trabalho é o estudo da produção repetitiva, refletindo suas características no desenvolvimento da ferramenta de apoio à decisão para a gestão repetitiva. Neste trabalho estão a modelagem conceitual de dados e um protótipo repetitivo expressando as características específicas da gestão repetitiva para validar o modelo e para demonstrar na prática esta forma de gestão.

Na gestão repetitiva não é necessário emitir OFs, pois a produção pode ser controlada através de taxas médias por período, o que torna mais simples o controle deste ambiente [DET93, ELS96]. O período depende do tempo que cada empresa precisa para produzir todos os produtos da lista de fabricação.

Entre alguns outros possíveis benefícios deste tipo de produção podemos citar a redução de estoque e de material em processo através do planejamento por período, além da simplicidade na operação através do uso de sistemas de controle mais simples (sem o controle de OFs) [API90, QUI84]. Estes e outros benefícios têm levado um número cada vez maior de empresas de manufatura a se interessar por técnicas de gestão repetitiva.

Para aprofundar o conhecimento do ambiente repetitivo são estudados e analisados os principais sistemas de gestão da produção no que se refere à gestão

repetitiva. Os métodos de gestão mais utilizados atualmente para o planejamento e controle da produção são:

- programação com capacidade infinita;
- *kanban*;
- programação com capacidade finita.

Um sistema adequado para produção repetitiva deve ser um sistema flexível, com planejamento de capacidade finita, com superposição de atividades e que aceite variações maiores de demanda. Na ausência de sistemas apropriados para produção repetitiva, muitas empresas hoje atendidas por *kanban*, MRP ou outros métodos de gestão, poderiam ser melhor atendidas por um sistema de gestão repetitivo.

1.1 Objetivo do Trabalho

No intuito de desenvolver novas técnicas de gestão da produção, visando implementar conceitos e melhorias contínuas na cadeia de processos, em busca da excelência, definindo a real necessidade de cada indústria, foi proposto desenvolver uma modelagem e um protótipo do modelo que reflitam de maneira mais adequada as características da gestão repetitiva.

Entre os principais objetivos para estudo deste ambiente e desenvolvimento deste trabalho pode-se citar:

- ✓ fazer um levantamento dos principais aspectos relativos à gestão repetitiva, ainda pouco explorados;
- ✓ coletar as informações necessárias para o desenvolvimento de uma modelagem de dados para a gestão repetitiva com o objetivo de servir como referência para a gestão da produção;
- ✓ disponibilizar um protótipo de um sistema de gestão repetitiva que possa ser integrado a outros sistemas de gestão.

Espera-se tornar o protótipo desenvolvido uma ferramenta capaz de implementar processos de melhorias nas indústrias e viabilizar ao processo produtivo ganhos no tocante à maximização da produção, bem como, à utilização adequada dos recursos disponíveis na empresa, além de tornar a modelagem proposta um padrão de modelagem que possa ser utilizado em qualquer sistema de informação para esta classe de produção.

Como consequência do sistema de informação proposto, espera-se um suporte maior para a tomada de decisão para garantir a competitividade e suportar a concorrência de mercado, e que o sistema reflita de forma mais simplificada e melhor as características da gestão repetitiva do ponto de vista de interface com a decisão e a gestão da produção.

1.2 Organização do trabalho

Para o presente trabalho, adotou-se a estrutura a seguir.

No capítulo 1, o atual, é realizada a apresentação geral do trabalho, incluindo a introdução, os objetivos e a estrutura adotada nesta dissertação.

A seguir, no capítulo 2, são apresentados os principais conceitos referentes aos sistemas de produção que serão utilizados no decorrer do trabalho, além de situar dentro dos sistemas de manufatura a classe de produção estudada e este trabalho.

No capítulo 3, a classe de produção repetitiva é explorada a fim de dar suporte ao trabalho e ao desenvolvimento da modelagem e do protótipo do modelo para gestão repetitiva.

No capítulo 4, é feito um estudo sobre os métodos de gestão usuais para controle da produção e é realizada uma análise do uso desses métodos na gestão repetitiva.

No capítulo 5, é apresentada a ferramenta desenvolvida com base nos capítulos anteriores com o intuito de mostrar como é a programação repetitiva, suas facilidades e aplicação em outros sistemas de gestão. As ferramentas *Rational Rose* (para orientação a objetos) e o modelo E-R são utilizadas para a modelagem e as ferramentas *Access* e *Visual Basic* são utilizadas para a programação do protótipo.

E por fim, no capítulo 6, são feitas as principais considerações e conclusões deste trabalho, bem como indicações para trabalhos futuros.

2 Sistemas de Manufatura

2.1 Sistema

Para se modelar um sistema é necessário entender o conceito de sistema, bem como o limite do mesmo. Sistema é uma coleção de interações de elementos para alcançar um objetivo comum que evolui com o tempo [DIA97, PET81]. Com esta definição, pode-se concluir que aquilo que pode ser definido como um contexto, pode ser apenas um componente em outro dando origem, deste modo, aos subsistemas.

2.1.1 Componentes de um Sistema

Todo sistema apresenta os seguintes componentes:

1. Fronteiras: são os limites do sistema, que podem ter existência física ou apenas uma delimitação imaginária para efeito de estudo.
2. Subsistemas: são os elementos que compõem o sistema.
3. Entradas: representam os insumos ou variáveis independentes do sistema.
4. Saídas: representam os produtos ou variáveis dependentes do sistema.
5. Processamento: engloba as atividades desenvolvidas pelos subsistemas que interagem entre si para converter as entradas em saídas.
6. Realimentação: é a influência que as saídas do sistema exercem sobre as suas entradas no sentido de ajustá-las ou regulá-las ao funcionamento do sistema.

2.2 Produção

Produção é o ato intencional de produzir alguma coisa útil [PAL95]. Ampliando um pouco mais o conceito de produção, ela pode ser definida como um processo que permite a transformação de insumos em um determinado produto, o qual por sua vez pode resultar em insumo de outro processo. Para permitir esta transformação usa-se um conjunto de elementos (máquinas, mão-de-obra, ferramentas, meios de transporte, etc), que em conjunto vêm a compor o chamado Sistema de Produção.

2.3 Sistemas de Manufatura

Para Riggs, citado por [PAL95], um sistema de manufatura (produção) é um processo planejado pelo qual os elementos são transformados em produtos úteis, isto é, um procedimento organizado para se conseguir a conversão de entradas (insumos) em saídas (produtos acabados). Um exemplo de um sistema de manufatura pode ser visto na tabela 2.1.

TABELA 2.1 - Exemplos de Sistemas de Manufatura

ENTRADA	PROCESSO DE CONVERSÃO	SAÍDA
Materiais	Máquinas	Produtos
Dados	Interpretação	Conhecimento
Insumos	Transformação	Produtos úteis
Queda de água	Usina	Energia
Custos variáveis	Custos fixos	Lucro

Um sistema de manufatura, como pode ser visto na figura 2.1, começa a tomar forma no instante em que se formula um objetivo e se elege o produto que vai ser comercializado.

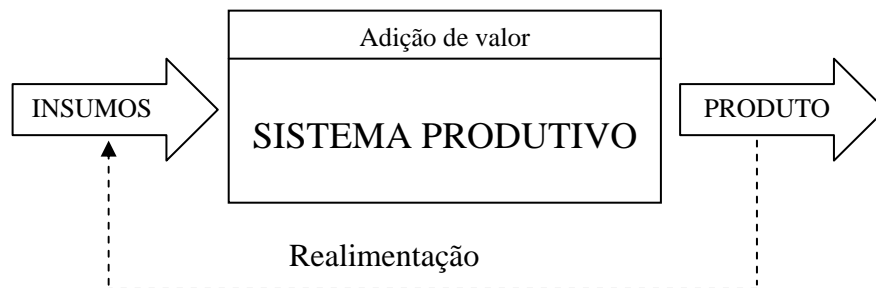


FIGURA 2.1 - Esquema de um sistema de manufatura

Numa perspectiva global todos os sistemas de manufatura possuem um objetivo comum: fornecer produtos (bens ou serviços) aos clientes aos quais se destinam. Na figura 2.2 pode ser visto como ocorre o processo de transformação nos sistemas de manufatura.

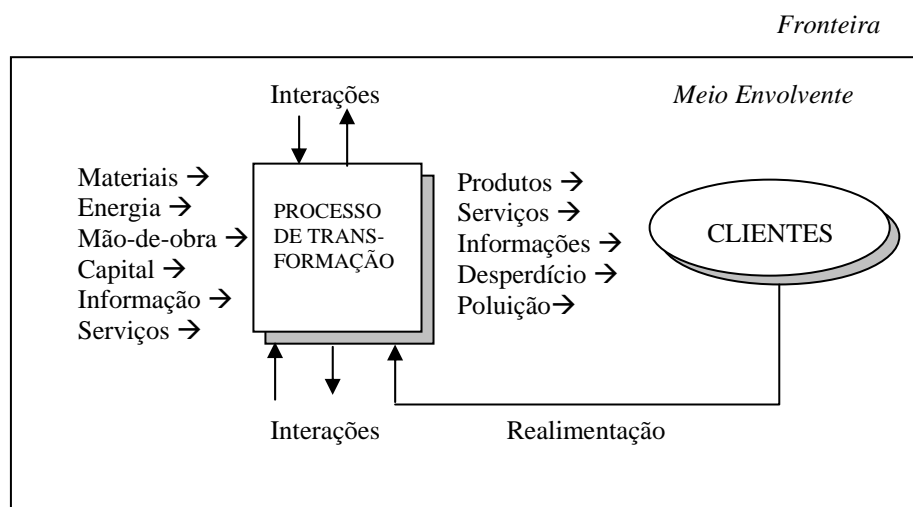


FIGURA 2.2 - Processo de transformação nos sistemas de manufatura

2.3.1 Objetivos globais

Maximizar: a satisfação dos clientes externos e dos clientes internos (pessoas que trabalham na empresa, ou que integram o processo de transformação);
Minimizar: os impactos negativos sobre o ambiente (poluição); a intensidade de todos os fatores de entrada; os desperdícios na saída.

2.3.2 Realimentação

A realimentação (ou *feed-back*) por parte dos clientes proporciona informações que vão influenciar o sistema na forma como transforma os fatores de entrada. Assim, o projeto dos produtos adapta-se constantemente às necessidades e preferências dos clientes e o volume de produção ajusta-se às oscilações da procura.

2.3.3 Meio envolvente

O sistema é também influenciado pelo meio envolvente. Por exemplo, uma falha de energia ou uma greve constituem exemplos de fatores que o sistema de transformação não controla e que provêm do meio social, cultural, econômico, etc. em que se integra.

2.3.4 Componentes do Sistema de Manufatura

Os sistemas de produção são compostos de elementos (peças a fabricar, máquinas, etc.) e das relações entre eles (interconexões físicas, operações, etc.).

A idéia de elemento ou objeto físico pode ser associada a um conjunto de atributos, que podem ser constantes ou variáveis:

- ✓ *atributos constantes:* são aqueles que definem a natureza perene do elemento (tipo de elemento, parâmetros, etc.) e suas características (taxa de falhas, dimensões, etc.);
- ✓ *atributos variáveis:* são aqueles que evoluem com o tempo (estado de ocupação de uma máquina, estado operacional de uma peça em um dado instante, etc.).

As relações são descritas com o auxílio de atributos constantes que informam as características da relação, por exemplo, tempo de operação de cada peça na máquina ou tempo padrão de uma atividade.

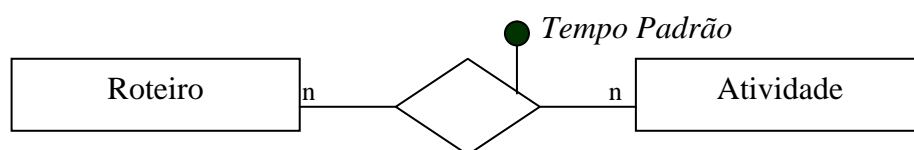


FIGURA 2.3 - Representação de um atributo de uma relação

2.4 Tipos de Sistemas de Manufatura

Os processos produtivos, segundo [SAL87], podem ser agrupados conforme figura 2.4.

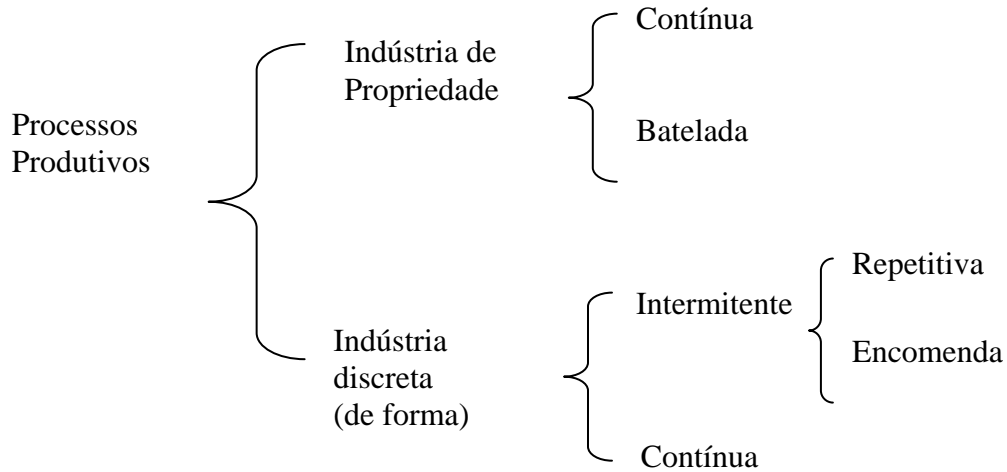


FIGURA 2.4 - Classificação dos Processos Produtivos

2.4.1 Indústria de Propriedade

As indústrias de propriedade, segundo [SAL87], são as indústrias com um processo de trabalho diferente das indústrias discretas como é o caso das indústrias de refino de petróleo, petroquímicas, cimento, setores da produção sucro-alcooleira, etc, onde o que se almeja não é a forma, mas sim uma série de propriedades que o produto deve possuir [HAN96]. Assim, por exemplo, não importa a “forma” ou cor da gasolina, do cimento, do etileno, etc, desde que estes produtos tenham determinadas propriedades.

Nos processos da indústria de propriedade, um complexo integrado e seqüencial de máquinas realiza a produção, cujos parâmetros são controlados e supervisionados, geralmente, sem manipulação humana direta, isto até mesmo devido às condições físicas e ambientais de trabalho.

2.4.2 Indústria Discreta

A indústria de produção discreta (ou de forma) é a industria tradicional de produção em alta série (automobilística, eletrodomésticos, eletrônica de consumo, etc.), séries pequenas e médias (mecânicas) ou por encomenda (certos tipos de bens de capital, por exemplo), nas quais os aspectos formais (aspecto, forma, tipo, dimensões, etc.) têm importância fundamental. As especificações do produto traduzem-se por uma forma de material [SAL87].

A produção na indústria discreta é atingida através de um somatório de atividades discretas independentes, que são aquelas que apresentam início, meio e fim bem determinados, em que a matéria-prima ou produto semi-acabado em estado (ou configuração) estável sofre um processamento atingindo outro estado estável, cuja operação tem uma especificação e função diversa e independente das demais, cujo resultado em termos quantitativos e qualitativos pode ser medido de forma unitária e individual.

A indústria discreta, por ser constituída por um somatório de atividades discretas independentes, poderá ou não apresentar “porosidades” (tempos de não trabalho) ao longo do processo como um todo, o que torna a questão da busca da continuidade, via sincronização, um dos enfoques vitais para a otimização dos resultados da produção. Tal fato, entre outros, tem conduzido à progressiva busca de transformação da disposição dos equipamentos do arranjo por função para o do arranjo por produto.

Considerando a dependência do volume de produção no ritmo de trabalho da indústria discreta, o tempo de atravessamento ou *lead time* (tempo de produção entre a entrada de matéria-prima e saída do produto final) claramente é dependente do ritmo de trabalho neste tipo de produção [MAR97]. Um resumo das diferenciações básicas entre indústrias discretas e de propriedades pode ser visto na tabela 2.2.

TABELA 2.2 - Diferenciação básica entre indústrias discretas e de propriedade

CARACTERÍSTICAS	INDÚSTRIA DISCRETA	INDÚSTRIA DE PROPRIEDADE
Característica básica do produto	Forma (aspecto, dimensão, função...)	Propriedades para uso
Volume de Produção	Dependente do ritmo de trabalho físico direto na produção	Independente do ritmo de trabalho físico direto na produção
Execução da Produção	Homem e máquina realizam a produção	Máquina realiza a produção e homem controla e supervisiona
Medição da Produção	Unitária e discreta	Em volume (não unitária)
Composição da Produção	Somatório das atividades discretas independentes	Atividade contínua e única sem divisibilidade
Controle da Produção	Individualização das atividades e do resultado	Controle global do resultado e supervisão do processo com um todo (parâmetros)
Sincronização da Produção	Existente ou não – depende da gestão da produção	Inerente à concepção do processo
Lead Time	Dependente do ritmo de trabalho e da gestão da produção	Independente do ritmo de trabalho – inerente à concepção do processo
Entrada em regime produtivo	Imediato (sem retardo) dos componentes	Com retardo – dependente dos parâmetros do processo de transformação
Disposição dos Equipamentos de Produção	Por função ou por produto	Somente por produto (característica produtiva)

As indústrias discretas podem ser divididas em produção Contínua e Intermitente. Esta última por sua vez, em Produção Repetitiva (foco deste trabalho) e Produção Sob Encomenda.

2.4.2.1 Produção Contínua

O grande volume de produção, produtos padronizados e produção de grandes lotes de cada vez são características deste tipo de produção. O ritmo de produção é alto e as operações são executadas sem interrupções ou mudanças. O sistema pode ser aperfeiçoado continuamente, pois o produto é sempre o mesmo ao longo do tempo e o processo produtivo não sofre mudanças.

2.4.2.2 Produção Intermitente

Por intermitente pode-se entender situações nas quais as instalações devem ser suficientemente flexíveis para manejar uma ampla variedade de produtos e tamanhos ou onde a natureza básica da atividade impõe mudanças importantes dos insumos.

Como já foi citado, os sistemas de produção intermitente podem ser divididos em duas classes distintas de produção: produção repetitiva e produção sob encomenda.

2.4.2.2.1 Produção Repetitiva

Produção repetitiva é uma forma de produção com vários itens e rotinas similares que são feitos através do mesmo processo quando da ocorrência da produção [API99].

Este tipo de produção é caracterizado por produzir quantidades limitadas de um tipo de produto de cada vez, de forma repetitiva, utilizando rotinas similares para produção. Exemplos de indústrias de produção repetitiva são as de: eletrodomésticos, de materiais elétricos, têxteis, de cerâmicas, etc.

Os próximos capítulos deste trabalho contém maiores informações sobre este tipo de produção.

2.4.2.2.2 Produção Sob Encomenda

A produção se realiza quando do pedido de um cliente. Exemplos deste tipo de produção são: maquinaria especial, turbinas, navios, ferramentas especiais, etc. Geralmente pedidos não repetitivos e quantidades que podem variar de um a centenas do mesmo produto. Não podem ser seguidos planos rotineiros ou padronizados, pois é através do pedido que será definido como a produção deverá ser planejada e controlada, o que torna esta etapa de planejamento e controle da produção muito complexa.

Conforme as especificações dos clientes em relação às atividades de produção, a produção sob encomenda pode ser dividida em três formas de produção a seguir:

✓ **Engineer-to-Order – ETO – engenharia sob encomenda**

Na produção ETO, as especificações do cliente vão desde a engenharia do produto até a fabricação e montagem do produto final. Todos os detalhes são conhecidos pelo cliente. Os principais clientes ETO geralmente são grandes indústrias, que necessitam de máquinas, ferramentas e instrumentos projetados para preencher papéis específicos.

✓ **Make-to-Order – MTO – Fabricação sob encomenda**

Considerada a produção que mais caracteriza os conceitos de produção sob encomenda. Em MTO não existem produtos padrão para que o cliente escolha. O produto desejado é especificado completamente, e após é feita a manufatura deste produto. O cliente pode especificar as configurações que desejar: tamanho, altura, largura, ou qualquer outro atributo que desejar, desde que esteja de acordo com os limites que o produto oferece.

✓ **Assemble-to-Order - ATO - Montagem sob encomenda**

A produção ATO é o tipo de produção onde a montagem é realizada de acordo com as especificações do cliente. Os itens podem ter várias combinações e permutações. Geralmente refere-se a uma produção onde existam uma ou mais famílias de produto e ao final são definidas grandes variedades de produtos dentro de cada família sendo esta variedade oferecida ao cliente. Um exemplo deste tipo de produção poderia ser a montagem de um computador onde o cliente pode escolher as características do equipamento que vai comprar, como tamanho do winchester, velocidade do fax modem, tamanho e definição do vídeo, etc.

2.5 Comparação entre Sistemas de Manufatura

Como pode-se observar, quem determina o tipo de sistema de manufatura a ser adotado pela empresa é o tipo de produto que ela vai fabricar e a alocação de recursos. Em muitas empresas há uma mistura dos tipos de sistemas de manufatura devido à diversidade de produtos que ela fabrica ou produz.

Por exemplo, se a empresa produz um ou mais produtos que permanecem em produção por um longo período e a empresa vende após estocar, então o sistema a ser adotado será o de produção contínua. Mas, se o produto depende da encomenda do cliente e geralmente é de grande porte, então o sistema que deve ser adotado é o de produção sob encomenda. Ou, ainda, se a empresa produz uma grande variedade de produtos que entram e saem da produção, então o sistema a ser adotado será o de produção repetitiva. Cada tipo de sistema de produção a ser adotado por uma empresa tem as suas características, e a empresa deve escolher a que melhor atende as suas necessidades.

Analisando do ponto de vista de continuidade no processo produtivo, pode-se concluir que a produção contínua é a que apresenta menores interrupções de produção, enquanto a produção sob encomenda é a com maior interrupção e a produção repetitiva fica num sistema intermediário, onde a continuidade e descontinuidade se alteram conforme necessidade do produto [BER97]. As gradações de continuidade que apresentam estes tipos de sistemas de produção podem ser vista na figura 2.5.

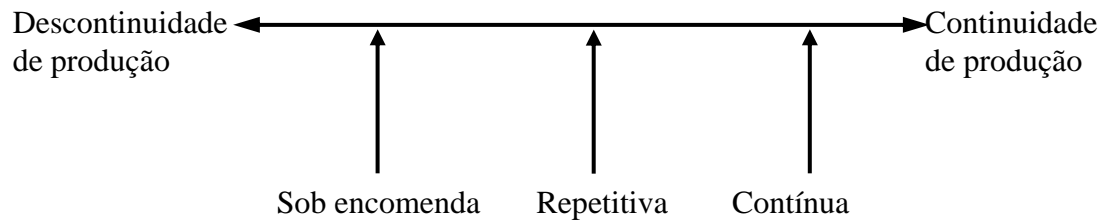


FIGURA 2.5 - Gradações dos sistemas de manufatura

3 Gestão Repetitiva

A *American Production and Inventory Control Society* (APICS), define produção repetitiva como uma forma de produção com vários itens e rotinas similares que são feitos através do mesmo processo quando da ocorrência da produção [API99].

A definição de produção repetitiva pode ser ampliada como um grupo específico da indústria apropriado para empresas que produzem unidades discretas, planejadas e executadas de acordo com a programação, para melhorar suas posições competitivas no mercado [LAY97, GUE85]. Exemplos de indústrias de produção repetitiva são as de: eletrodomésticos, de materiais elétricos, têxteis, de cerâmicas, autopeças, semicondutores, motores, controles automáticos, etc.

As características operacionais e de gerenciamento lógico da gestão repetitiva diferem das operações de outras formas de gestão, mas apesar disso, ainda existem poucos pacotes especificamente adaptados para planejamento e controle em um ambiente repetitivo [DET93].

Hoje em dia muitas empresas produzem de forma repetitiva. E, na realidade, muitas empresas assembler-to-order e make-to-order poderiam rodar mais eficientemente por meio de controle de processos repetitivos, deixando de executar tarefas desnecessárias e, por consequência, atingindo melhores resultados na gestão da produção [HUB97].

Num ambiente de chão fábrica discreto não repetitivo, as operações rotineiras são geralmente realizadas de maneira seqüencial. Por exemplo, a atividade 5 (cinco) não é realizada até que a atividade 4 (quatro) tenha sido completada, conforme pode ser visto na figura 3.1.

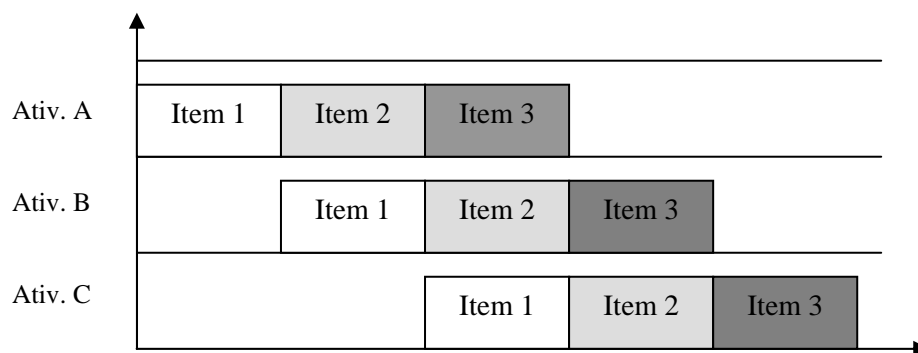


FIGURA 3.1 - Programação sem superposição de atividades

Em contraste, rotinas repetitivas são freqüentemente concorrentes ou sobrepostas, isto é, um mesmo lote pode estar sofrendo atividades diferentes em um mesmo momento, pois através do lote de transferência é possível iniciar a atividade 2 sem que a atividade 1 tenha terminado, conforme figura 3.2. Isto mostra uma das vantagens da gestão repetitiva que é a redução considerável dos tempos de ciclo e custos

da produção. E, também, pode significar um caminho para diminuição de estoques e de tempos de resposta.

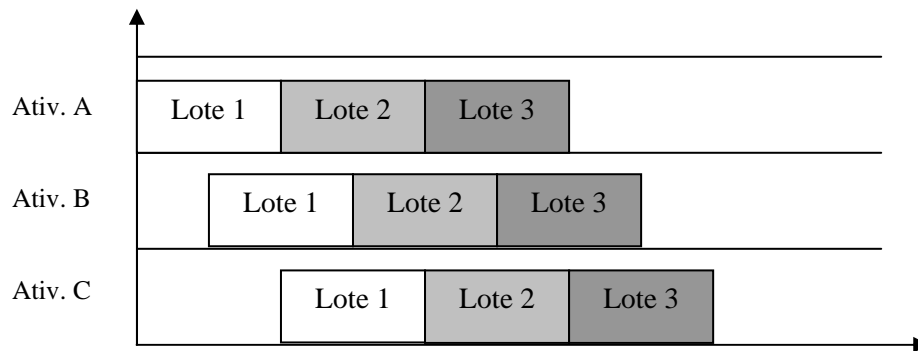


FIGURA 3.2 - Programação com superposição de atividades

Outra vantagem da gestão repetitiva é que não é necessário emitir e controlar OFs (ordens de fabricação), pois toda a produção é controlada através de taxas médias por período, o que torna o controle deste ambiente mais simples [SCH97]. O período depende do tempo que cada empresa precisa para produzir todos os produtos da lista de fabricação, mas geralmente é definido em semanas.

Alguns sistemas de informação inadequados para suportar gestão repetitiva e conseqüentemente, atividades concorrentes ou sobrepostas acabam aumentando a margem de erro entre o planejamento e a execução.

A programação repetitiva requer uma firme integração e comunicação com os fornecedores para se tornar efetiva, pois, em muitos casos, materiais são entregues várias vezes por semana ou por dia e um sistema de gestão repetitivo deve suportar este arranjo dinâmico. Com isto um sistema de informação bem definido deve ser a espinha dorsal desta forma de produção para suportar a concorrência de mercado e oferecer uma grande variedade de produtos de alta qualidade e baixos custos [CAM90].

Na gestão repetitiva, o ponto principal de um sistema de informação é o plano mestre bem definido que é o fator que define a taxa média de produção e coordena toda a produção da fábrica. Geralmente, os pedidos dos clientes são atendidos através de produtos finais já existentes em estoque [CIN90].

Segundo [API99],[API90] e com base nos estudos feitos sobre a gestão repetitiva, pode-se criar algumas regras para o planejamento e controle desta forma de produção que serão usadas no decorrer do trabalho, como:

- quantidade diária aplainada (*smoothed*) para uma ou mais semanas, podendo ser reprogramada para acomodar picos de demanda (geralmente pequenas mudanças);
- quantidade diária igual à necessidade diária (regra: evitar fazer hoje o trabalho de amanhã);

- a produção é limitada pela capacidade (programação com capacidade finita) e pode haver periodicidade de produção (ex. a cada duas semanas);
- o sistema deve calcular e mostrar carga por linha de produção (uma ou várias) definindo os itens a produzir, a seqüência de produção e quantidades a serem produzidas;
- o sistema deve aceitar a superposição de atividades: o mesmo item em centros de trabalho diferentes, pois através do lote de transferência, alguns itens estão na atividade atual outros itens do mesmo lote já estão na atividade seguinte.

3.1 Ciclo da Produção Repetitiva

Controlar os processos de produção ainda é um dos maiores problemas da área de manufatura. O controle do processo de produção refere-se à produção em si e à liberação dos produtos com um aceitável nível de qualidade, dentro de um custo e tempo estimáveis, dado um determinado grau de incerteza.

Para conseguir informações detalhadas do funcionamento de uma indústria de produção repetitiva foi necessário o estudo da bibliografia (manuais, artigos, livros, pesquisas na internet, softwares, etc), bem como o desenvolvimento de um protótipo específico de gestão repetitiva para fazer testes da validade do modelo proposto e mostrar como é esta programação, pois não foi encontrado nenhum software disponível para o estudo.

Durante todo o ciclo de produção de um determinado produto ocorrem atividades consideradas usuais para qualquer ambiente de produção como, por exemplo, atividades relacionadas à compra de materiais ou à gestão de estoques. Assim, além de explorar aspectos relativos apenas ao ambiente de produção repetitiva, é discutido o funcionamento de determinadas atividades relacionadas com produção em geral.

Ao abordar aspectos relativos à produção em geral, assim como características específicas de gestão repetitiva, pretende-se selecionar as informações necessárias para o desenvolvimento do modelo de dados e do protótipo. Estas informações também serão utilizadas para a proposta de modelagem completa de dados para a gestão repetitiva conforme o anexo 1.

Primeiramente, o setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) com base na previsão de demanda e pedidos em carteira, elabora o planejamento da produção chamado de plano agregado de produção, que geralmente é feito a longo prazo. O planejamento agregado especifica as necessidades das famílias de produtos sob a forma de unidades e de horas necessárias por períodos mensais até tipicamente 18 meses. As suas entradas são os planos de produtos, de mercados e de recursos.

O planejamento agregado tem como objetivo encontrar a combinação de regimes de produção e de níveis de estoques que minimiza os custos totais ao longo do período de planejamento.

A seguir, o setor de PCP com base no planejamento agregado, na previsão de demanda e alguns pedidos em carteira, elabora o PMP (Planejamento Mestre da Produção). Nesta fase, são analisados os estoques de produtos acabados e de matéria-prima, além da capacidade da fábrica.

O PMP é a abertura do plano agregado, período a período, por produtos e em volumes de produção e estoques a serem atingidos. A soma das quantidades do plano-mestre deve ser igual ou próxima aos valores definidos pelo plano agregado de produção.

A partir do PMP é feita a explosão de cada item na sua estrutura de produto. Após, são definidas taxas diárias de fabricação de cada item por um período definido pela fábrica, geralmente períodos longos, pois em produção repetitiva, às vezes, pode ser produzido um mesmo produto durante meses. O período pode ser definido em dias, semanas, quinzenas, meses, etc., dependendo da necessidade de cada empresa.

O fluxograma que mostra a programação da gestão repetitiva pode ser visto na figura.3.3.

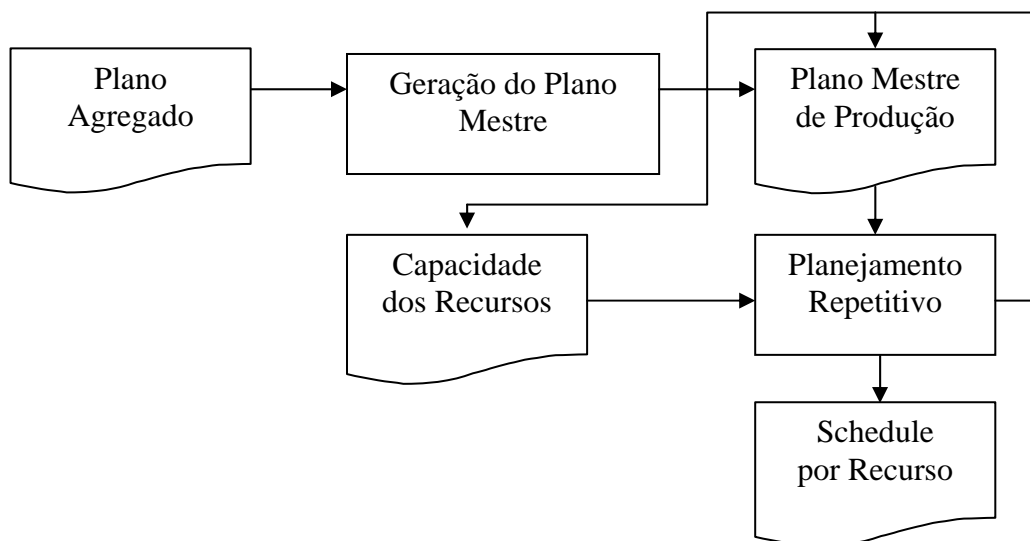


FIGURA 3.3 - Programação da Produção Repetitiva

Para se definir o PMP deve-se levar em conta a demanda e os recursos, pois as quantidades definidas pelo PMP tornam-se a base para a explosão dos itens a serem fabricados. Explodir um item significa saber sua estrutura de produto, ou seja, saber que itens ou sub-itens fazem parte do item final a ser produzido. Como demanda entendem-se as projeções de vendas, a previsão de pedidos e os pedidos existentes em carteira. E os recursos abrangem dados sobre os roteiros de produção e sobre o consumo dos diversos tipos de recursos na produção unitária de cada produto.

3.1.1 Requisições de Compra de Materiais e Ordens de Compra

Quando é gerado o PMP para determinado período, é necessário verificar os itens a serem comprados e os itens a serem fabricados, especificando as datas para aquisição e fabricação dos mesmos. Se o item for comprado, é realizada uma RCM (Requisição de Compra de Material). Nesta requisição de compra de material deve estar a quantidade e data prevista para entrega do item a ser comprado. Após a requisição de compra de material é feita uma ordem de compra.

Normalmente, os sistemas de controle da produção utilizam um algoritmo denominado MRP (*Material Requirements Planning*) para realizar as compras necessárias à produção.

O algoritmo MRP tem por objetivo definir os requisitos de material e de trabalho necessários para suprir determinado plano mestre de produção. O algoritmo leva em consideração a estrutura de produto e os tempos de passagem (*lead times*) de cada atividade do roteiro.

Através da exploração de toda a estrutura de produto, o algoritmo identifica todos os materiais necessários para compor cada item. O algoritmo leva em conta o estoque atual de cada item e o estoque futuramente esperado em função das ordens de compra já emitidas.

Como resultado, o algoritmo MRP fornece a data e a quantidade líquida necessária de um item comprado. Estas necessidades de compra de insumos geram requisições denominadas Requisições de Compra de Material (RCM).

Nestes sistemas, geralmente uma requisição de compra de material pode ser gerada de duas maneiras: manual ou automática. O algoritmo MRP pode automaticamente gerar a requisição de compra de material ou esta pode ser gerada pelo planejador a partir das necessidades líquidas geradas pelo MRP.

Uma requisição de compra de material pode se apresentar nos seguintes estados:

- ✓ sugerida - a requisição de compra de material é gerada, mas precisa ser confirmada pelo planejador. Esta situação ocorre quando o MRP a gera automaticamente e quando não há nenhuma Ordem de Compra associada a ela;
- ✓ firmada - a requisição de compra de material já foi confirmada pelo planejador e ela é mantida mesmo que o MRP seja executado novamente;
- ✓ item de OC - a requisição de compra de material já está fazendo parte de uma Ordem de Compra;
- ✓ recebimento - o material solicitado já está sendo recebido; e
- ✓ concluída - a quantidade total de material já foi recebida.

Quando é emitida uma requisição de compra de material, o setor que a recebe realiza uma consulta a fornecedores, preços, prazos de entrega, entre outros, e emite uma OC (Ordem de Compra). Uma Ordem de Compra pode atender um conjunto de requisições de compra de material, porém, uma requisição de compra de material pode fazer parte de apenas uma OC.

Uma OC pode apresentar os seguintes estados:

- ✓ aberta: a OC se encontra neste estado quando é criada e a sua lista de itens (requisição de compra de material) ainda pode ser alterada;
- ✓ fechada: sua lista de itens não pode ser alterada e é emitida para o fornecedor;
- ✓ em recebimento: a OC se encontra neste estado na primeira chegada de material em inspeção ou em estoque; e
- ✓ concluída: a OC se encontra neste estado quando seu último item (requisição de compra de material) vai para o estado de concluído.

Ao ser concluída uma OC, ou seja, quando os itens solicitados chegam à empresa, é necessário realizar uma fatura da mesma, para verificar o que foi recebido, e as condições dos materiais. Em seguida é preciso armazenar estes materiais em um estoque, ou já liberá-lo para o chão-de-fábrica, caso esteja sendo esperado.

Na gestão repetitiva, os itens de níveis intermediários normalmente não são gerenciados a nível de estoque. Muitas vezes, somente ordens de compra são emitidas, o que torna o trabalho do MRP relativamente simples.

Às vezes as ordens de compra podem ocorrer antes mesmo do PMP estar totalmente concluído. Isto ocorre, principalmente, pelo fato de que alguns materiais comprados podem demorar muito tempo para ser entregues. Se a empresa esperar para comprar os insumos necessários, pode ser que alguns destes insumos não estejam disponíveis no momento da fabricação.

Em geral, o funcionamento das ordens de compra não é diferente em se tratando de gestão repetitiva. Por este motivo, classes referentes ao controle de compras serão incluídas apenas no modelo completo de dados (no anexo 1). Será também analisado neste trabalho como fazer a integração do MRP ao protótipo desenvolvido.

3.1.2 Planejamento e Controle das Atividades de Fabricação

O planejamento da produção desempenha um papel vital para a gestão repetitiva. O sistema de informação deve expressar dados reais para fazer o cálculo dos planos de produção, em especial, os de programação de produção como a Programação Mestre de Produção (PMP).

Na gestão repetitiva, para se estabelecer a programação são requeridas especificações de uma taxa média de produção por período. Desta forma, os programas que especificam as quantidades a serem produzidas num determinado período são, na verdade, reguladores dos sistemas de produção.

Como já foi citado, a partir do PMP é feita a explosão de cada item em sua estrutura de produto, sendo nesta etapa verificado se a peça é comprada ou fabricada. Se o item for fabricado, são analisados os roteiros de produção, as disponibilidades de material e capacidade da fábrica. A distribuição dos itens nas linhas obedece a uma seqüência de produção que é estabelecida no programa (*Scheduling*) de produção. A partir deste ponto, são estabelecidos os itens, as quantidades a serem produzidas, os

roteiros e a prioridade de produção. Esta prioridade é seguida até o término de todas as atividades do produto final.

É importante saber a seqüência de produção de cada item para garantir que ao final das linhas todos os componentes de um mesmo item tenham sido fabricados e possam ser montados se for o caso, e também devido à redução de estoques de chão-de-fábrica e, conseqüente, redução de custos e prazos. Entretanto, se o sistema de gestão usado for o *kanban*, o sequenciamento é feito de forma simples pelos próprios operários de "chão-de-fábrica", que identificam o que é preciso ser produzido a cada momento, caracterizando assim uma descentralização das ações do PCP.

Na gestão repetitiva, as quantidades de insumos nas linhas de produção são especificadas no planejamento diário da produção e não de acordo com as necessidades de ordens de fabricação. Para cada linha de produção é gerada uma lista de itens com a quantidade diária e período em que deve ser fabricado (datas e tempos de fabricação, ex.: produzir o item A, dos dias 12/10 à 30/10, das 8:00 às 12:00). Este procedimento é realizado para todas as fabricações, submontagens e montagem do produto final.

Como na gestão repetitiva trabalha-se muito com previsões e estas nem sempre estão totalmente corretas, podem ser geradas "folgas" entre as datas agendadas para execução das atividades de fabricação. Estas folgas são intervalos gerados entre o término de uma atividade e o início da atividade posterior a ela. Se, por qualquer motivo, houver um atraso na entrega da primeira atividade, pode ser que todo o processo não seja prejudicado, pois foi agendado o início da próxima atividade com um determinado espaço de tempo após o término da primeira.

No decorrer do processo de fabricação de um produto, caso uma atividade atrase de tal maneira a ultrapassar esta folga, é necessário alterar as datas de início das atividades posteriores. Nestes casos, a data de entrega do produto deve ser postergada. Caso esta opção não seja aceitável, é necessário fazer horas-extras ou alocar mais mão-de-obra para realizar as atividades de modo a não atrasar a entrega. Se houver capacidade pode-se reprogramar para os dias seguintes passando a produzir segundo a nova taxa estabelecida.

Além disso, itens não acabados e/ou comprados podem ser armazenados temporariamente em áreas especiais ou estoque de chão no final de cada linha para acesso mais rápido. O movimento de materiais entre o depósito central e os estoques de chão é regulado por uma lista que é definida com base na taxa de produção diária, o que torna ainda mais importante um sistema de informação eficiente entre os depósitos e a programação definida, para não haver falta nem excesso de material e, conseqüente, prejuízo.

Os estoques são trazidos para o chão-de-fábrica na noite anterior à produção. Os estoques intermediários são armazenados no chão-de-fábrica e obedecem a prioridade de produção do item. A baixa de estoque é feita no final do dia por refluxo (*backflush*), que é a baixa feita com base na estrutura do produto final e não a baixa de cada item da estrutura quando ele sai do estoque.

3.2 Alguns Aplicativos Comerciais para a Gestão da Produção Repetitiva

A seguir as principais características de alguns aplicativos comerciais para a gestão da produção repetitiva. Cabe ressaltar que a análise foi feita com base em manuais destes softwares e de suas páginas na internet. *Downloads* não são disponibilizados.

3.2.1 COPICS

Este software utiliza linhas de produção e está baseado em técnicas de produção *Just-in-time* (JIT). Como principais funções deste software pode-se citar:

- cadastrar e manter informações de itens de produção repetitiva;
- registrar programas de entregas de clientes;
- preparar um plano de materiais (MRP) para todos os tipos de materiais e componentes.
- produção por linhas;
- especificar uma seqüência preferencial de fabricação por linha de produção;
- registrar a produção da linha e devolver componentes se necessário;
- fornecer opções de reprogramação.

Software baseado nas regras de produção intermitente, apenas aderindo a alguns conceitos da gestão repetitiva. Trabalha com ordens de fabricação e não por taxas médias por período. Utiliza o MRP para cálculo das necessidades de materiais e aceita o conceito de superposição (mesmo componente em estações de trabalho diferentes). Informações retiradas do manual do produto [COP98].

3.2.2 ORACLE / Repetitive Manufacturing

Sistema desenvolvido pela *Oracle Applications*.

- gerencia as atividades de produção através do uso de linhas;
- a produção é definida baseada em taxas médias por período;
- a necessidade de materiais é feita através do módulo MRP incluso no sistema;
- sistema bastante flexível a mudanças e reprogramações;
- sistema com vários módulos, alguns adaptados a outros tipos de produção. A parte referente a gestão repetitiva é apenas um pequeno módulo deste contexto.

Informações disponíveis no *site* do produto [ORA99] e [ORA99a].

3.2.3 Glóvia.com/5

Software baseado na gestão repetitiva, mas principalmente adequado à montagens e à produção contínua.

- programações por linha de produção;
- fluxo de cada item repetitivo por taxas de produção, com base na demanda;
- MRP para controlar as necessidades de materiais;
- produtos finais vão para estoque ou para atender a um pedido em específico;
- *backflush* (refluxo) de materiais individual ou por lote;

Informações disponíveis no *site* do produto [GLO2000].

3.2.4 Parkwood – Repetitive Mfg Software

Software desenvolvido pela *Parkwood Computer Services Inc.* Consiste de um software de manufatura geral com um módulo para programação repetitiva.

- usa MRP para controle de materiais;
- trabalha com OFs e não com taxas por período;
- sistema não totalmente adequado à gestão repetitiva. Não usa o conceito de linhas de produção e nem de *backflush* para baixa de estoque.

Informações disponíveis no *site* do produto [PAR2000].

3.2.5 KEWILL - MFW / Repetitive Manufacturing

O módulo *KEWILL - MFW / repetitive manufacturing* é desenvolvido pela *Kewill Systems*;

- PMP baseado em taxas médias por período, mas com emissão de OFs;
- *backflush* para baixa de estoque; e
- MRP para controle de materiais.

Não é um sistema desenvolvido especificamente para gestão repetitiva, apenas uma proposta em forma de um módulo embutido no sistema. Informações disponíveis no *site* do produto [KEW2000].

4 Análise dos Métodos de Gestão do Ponto de Vista da Gestão Repetitiva

Os métodos de gestão mais utilizados atualmente para o Planejamento e Controle da Produção são:

- programação com capacidade infinita;
- *kanban*;
- programação com capacidade finita.

4.1 MRP – Material Requirements Planning

Um dos sistemas de planejamento e controle de materiais mais divulgados é o MRP (*Material Requirements Planning* – Planejamento das necessidades de material). Este método foi proposto por Joseph Orlick e está entre os primeiros métodos computadorizados de gestão da produção [BER90]. É um método relativamente simples e, apesar de suas deficiências, ainda continua sendo o mais utilizado. Em adição ao método MRP foram criados alguns sucessores (MRPII, etc.), mas do ponto de vista de seu algoritmo básico eles são idênticos.

O MRP é definido mais precisamente como um sistema que estabelece uma série de procedimentos e regras de decisão, de modo a atender as necessidades de produção numa seqüência de tempo logicamente determinada para cada item componente do produto final [CHA95]. O MRP é capaz de replanejar as necessidades de materiais a cada alteração na programação da produção, registros de inventários ou composição de produtos. Em outras palavras, trata-se de um sistema que se propõe a definir as quantidades necessárias e o tempo exato para utilização dos materiais na fabricação dos produtos finais.

O método consiste na explosão dos itens pedidos ou programados, considerando-se o tempo de passagem (*lead-time*) para cada item. Um modelo E-R para o MRP pode ser visto a seguir na figura 3.1.

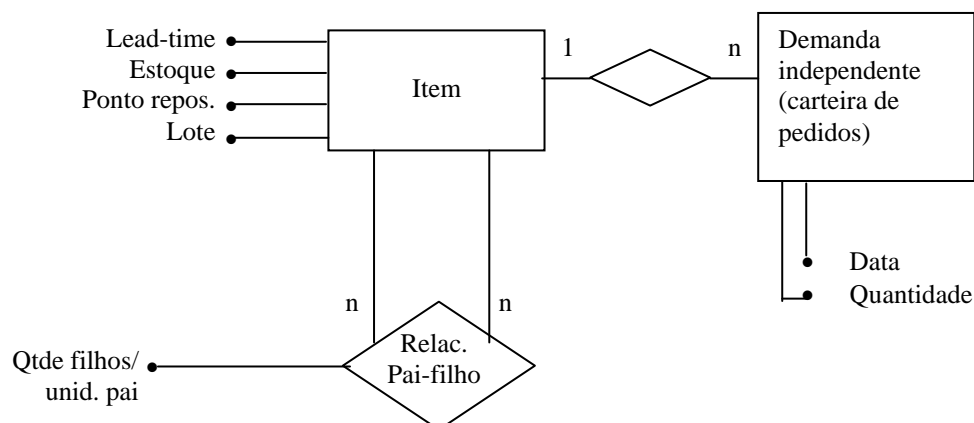


FIGURA 4.1 - Modelo de dados para o MRP

O resultado do MRP é um conjunto de requisições de compra de material (para os itens que são comprados) e de ordens de fabricação (para os itens que são fabricados). O resultado é expresso através da tripla (item, quantidade e data).

Os principais objetivos do MRP podem ser apresentados como:

- ✓ garantir a disponibilidade de materiais, componentes e produtos para atendimento ao planejamento da produção e a entrega de produtos;
- ✓ manter os inventários no nível mais baixo possível;
- ✓ planejar as atividades de manufatura, de suprimentos e de programações de entregas.

Um conceito importante na concepção do MRP é o da natureza da demanda, que pode ser dependente ou independente. A demanda de um item é dita dependente quando este item vai fazer parte ou se transformar em outro, ou seja, é dependente porque depende dos planos de produção de outro item, que é chamado de pai. Tratar demandas de partes e componentes como dependentes faz sentido apenas quando podemos identificar perfeitamente quais os pais destes itens. A demanda é chamada de independente quando não se identifica claramente os pais daquele item ou quando simplesmente não se pode determiná-lo por meios de cálculos, e sim através de previsões, como é o caso dos produtos acabados.

O processo inicia-se a partir da informação de quanto e quando o cliente deseja consumir. O MRP, então, explode essas informações para cada item do componente do produto final. A figura 4.2 permite visualizar a operação do sistema MRP e os elementos que interagem com o mesmo.

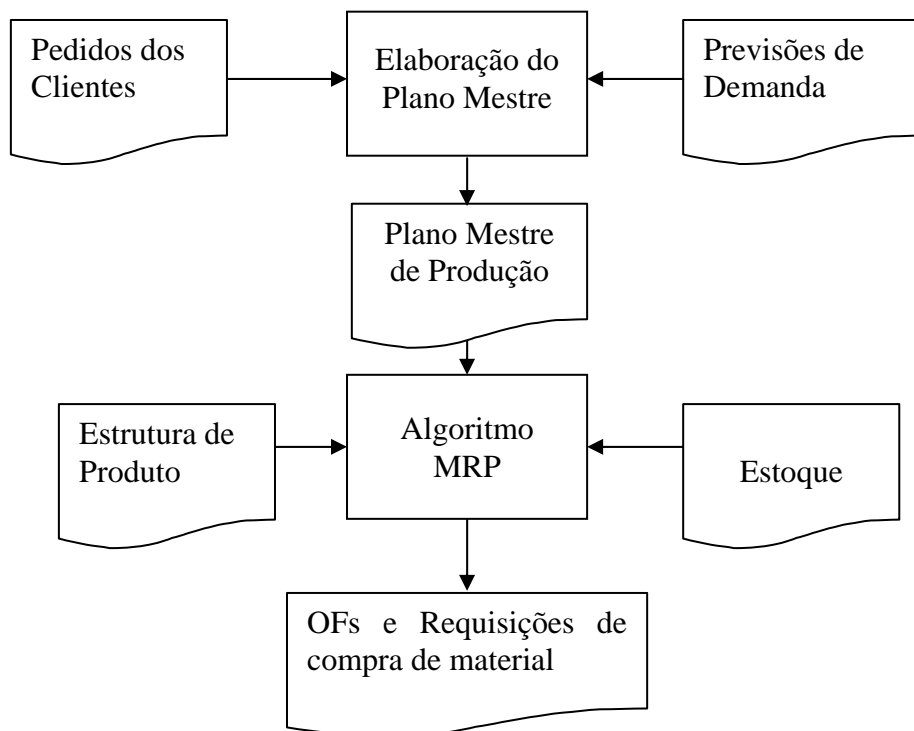


FIGURA 4.2 - Elementos que interagem com o sistema MRP

Plano mestre de Produção - PMP (*Master Production Schedule*): baseado na carteira de pedidos dos clientes e nas previsões de demanda é quem orienta o MRP. Ele determina quais produtos finais serão feitos, em que quantidades e em que datas.

Estrutura de Produto: é uma lista estruturada de todos os componentes de um produto final. Ela mostra a relação hierárquica entre o produto e seus componentes, quanto de cada componente é necessário para cada unidade de produto.

Estoque: permitem a identificação, em qualquer momento, das posições de estoque e pedidos em aberto, de modo que se possa obter as necessidades líquidas de materiais. Os registros de inventário também possuem informações sobre estoques de segurança e lead-times.

Algoritmo MRP: Baseado nas necessidades do produto final especificadas no plano mestre de produção e nas informações provenientes da estrutura de produto de materiais, o algoritmo MRP transforma a demanda do produto final em necessidades brutas para cada item ou componente. A partir das informações constantes nos estoques, são calculadas as necessidades líquidas e liberadas as ordens de compra ou fabricação.

OFs e Requisições de Compra de Material: completado o ciclo do algoritmo MRP, o sistema produz alguns relatórios e informações úteis no gerenciamento do processo de manufatura emitindo as ordens de fabricação e as requisições de compra de material.

4.1.1 Análise do MRP para a Produção Repetitiva

Em sistemas de programação com capacidade infinita, implementados através do algoritmo MRP, o grande problema é que sob a ótica do planejamento da capacidade, este algoritmo considera a capacidade infinita em todos os níveis (tempos de passagem “*lead-times* fixos”). Como já foi dito, é um sistema relativamente simples, e que apesar de suas deficiências ainda continua sendo o mais utilizado. Além de considerar a capacidade como sendo infinita, pode-se citar outros problemas como:

- sistema pouco sensível às flutuações de curto prazo de demanda;
- o excesso de material impresso para fabricação de um item desde a elaboração do plano mestre de produção até o produto final;
- processamentos computacionais pesados e de difícil interferência quando em operação;
- não avaliação dos custos de colocação de ordens e transportes que podem crescer na medida da redução dos inventários e tamanhos dos lotes;
- necessidade de alta acuracidade dos dados e implementação geralmente complexa;
- e, em alguns casos, o sistema torna-se inadequado, um tanto complexo e não funciona como o esperado.

Como já foi citado, um dos sucessores do MRP é o MRP II. Este método possui um módulo de cálculo das necessidades de capacidade - CRP (*Capacity Requirements Planning*). O CRP calcula as necessidades de capacidade produtiva para cumprir o

plano de necessidades de materiais, utilizando-se dos seguintes dados cadastrais: roteiros de produção e consumo de recurso por operação. Comparando a necessidade de capacidade ao longo do tempo com a capacidade máxima, em cada centro produtivo, o CRP pode identificar possíveis inviabilidades do plano de materiais, assim como futuras ocorrências de ociosidades excessivas de recursos. Isto pode indicar a revisão do plano de materiais ou, até mesmo, do plano mestre de produção.

Embora o MRP II possua este recurso para o gerenciamento da capacidade fabril, ele sozinho é limitado para lidar com ambientes produtivos que apresentam alto grau de complexidade em termos de programação detalhada da fábrica. O CRP apenas detecta a inviabilidade de produção, mas não propõe a solução. Para lidar com essa dificuldade foram desenvolvidos os sistemas de programação com capacidade finita que serão vistos no item 4.3.

4.2 KANBAN

A palavra *kanban* é de origem japonesa e significa cartão. Ele é um método de regulação da produção utilizável principalmente quando a demanda é constante de um item ou família deste item e existe um conjunto de equipamentos dedicados à produção desta família. A orientação da técnica do *kanban* é no sentido de se reduzir os tempos de partida das máquinas e os tamanhos dos lotes e produzir apenas as quantidades necessárias à alimentação da demanda [SHI88].

O *kanban* também é um sistema de “puxar” estoques e tem características simples e custo menor que outros, como MRP, por exemplo. Entretanto, o *kanban* é uma solução simples e viável somente quando o problema não for muito complexo.

Apesar do *kanban* ser um sistema de sinais e utilizar normalmente cartões, dada sua conceituação, pode-se usar qualquer tipo de sinal: mecânico, elétrico ou eletrônico. Deve-se destacar que o *kanban* é uma ferramenta ou um importante mecanismo utilizado para atingir as metas do JIT (*Just-in-time*). A disposição ou layout das fábricas dispostas em células de produção viabiliza o *kanban* [SAL87, DET93].

A análise sistêmica do processo, ou seja, o detalhamento dos processos entre as células de produção foca prioritariamente um fator extremamente relevante que é o fator estoque ou tamanho dos lotes, o que possibilita uma harmonia no tocante às quantidades necessárias à alimentação da demanda dentro da cadeia produtiva [PIN99].

4.2.1 Caracterização de Problemas

Como toda a técnica, o sistema *kanban* possui vantagens e limitações. Dentre suas limitações gerais pode-se salientar:

- sua aplicação limitada a condições de demanda relativamente estáveis, bem como de uma produção nivelada e bem próxima do programado, devendo-se tentar estabelecer condições que permitam associar o tipo de produção da fábrica ao modelo de produção contínua;

- requer mudança no *layout* da fábrica para propiciar um fluxo de produção unitário e uniforme, o que, dependendo do tipo de produção e das características de produtos e processos, pode ser difícil de se conseguir; e
- requer mudanças de equipamentos para diminuir os tempos de preparação de ferramentas e requer mudanças dos procedimentos de trabalho para uniformizar o fluxo de produção, o que significa aumento do número de tarefas diferentes que cada operário deve executar.

Dentre as limitações específicas do *kanban* está a necessidade de sistemas de informação suplementares para o registro histórico e análise das atividades operacionais no chão-de-fábrica. Isto quer dizer que se precisa de outros meios para complementar tarefas de planejamento, como análise de variações e flutuações nas linhas de produção, acompanhamento e análise de gargalos e análises temporais de desempenho das estações de trabalho, dentre outras; pois o *kanban* é um sistema controlador do fluxo de materiais, mas não gera informações que realimentam o processo de planejamento da produção.

O acesso rápido e a disponibilidade às informações do que está acontecendo no chão-de-fábrica facilita ao planejador fazer as mudanças necessárias no planejamento e programação da produção de maneira imediata, visando acompanhar as condições do chão-de-fábrica sem a necessidade de estar no local. Obviamente, esta limitação do *kanban* está vinculada a uma necessidade de caráter gerencial, não operativa.

Além disto, o sistema de cartões tradicional pode ser afetado na sua eficiência, dependendo das distâncias percorridas e das quantidades de produtos controlados, tanto na fábrica quanto nos fornecedores. No sistema tradicional manual de *kanban* pode ser difícil reduzir o tempo de processamento das informações, já que os *kanbans* circulam fisicamente entre dois lugares geograficamente distantes. O mesmo fator limitante é encontrado na circulação do *kanban* externo entre clientes e fornecedores. Esta condição de distanciamento entre os lugares de produção e consumo pode tornar-se um obstáculo para um melhor desempenho do sistema de cartões ao diminuir a rapidez da resposta do fluxo de materiais. Em outras palavras, deve-se diminuir ao máximo o lead-time informacional que possui o *kanban* de cartões.

Por outro lado, as organizações em geral, além de preocuparem-se em melhorar o desempenho dos processos de manufatura, estão cientes da necessidade de integração de seus sistemas, especialmente dos sistemas de informação. O objetivo da integração é permitir acesso fácil, rápido e seguro à informação, visando agilizar o processo de tomada de decisões, o que obviamente reflete-se na possibilidade de responder rapidamente às variáveis condições de exigência dos clientes. Estes fatores assumem especial importância quando constata-se que a maioria dos sistemas de informação gerencial, tais como, contabilidade financeira, contabilidade de custos, gerenciamento de operações, planejamento de materiais e da produção, dentre outros, são tipicamente mantidos em sistemas informatizados. O sistema *kanban* de cartões, sendo um sistema manual de informação na fábrica, fica em desvantagem quanto à integração com os outros sistemas informatizados de apoio à decisão da empresa.

Para o *kanban* ser utilizado na gestão repetitiva, a demanda de um item não pode oscilar muito, caso contrário os níveis de estoque tornam-se muito elevados ou baixos demais. Outro problema é assegurar que todos os itens de um produto estarão disponíveis para montagem, principalmente quando a estrutura de produto é mais

complexa. É necessário haver uma sincronização e uma comunicação muito grande dentro do processo.

4.3 Programação com Capacidade Finita

Os sistemas de programação com capacidade finita, que são implementados através de softwares como o OPT (*Optimized Production Technology* - Tecnologia da produção otimizada), o STPOINT, o F2, o Factor, o Throughput e muitos outros, são aplicáveis a sistemas produtivos com grandes variações de demanda e mix de produtos.

Os sistemas de programação com capacidade finita têm como característica principal o fator de considerar a capacidade produtiva e as características tecnológicas do sistema produtivo como uma restrição a priori para a tomada de decisão de programação, buscando garantir que o programa de produção resultante seja viável, ou seja, caiba dentro da capacidade disponível.

A programação com capacidade finita apresenta algumas restrições:

- é muitas vezes incompreensível para o utilizador devido à complexidade dos algoritmos de otimização e às regras de prioridade;
- obriga a um replanejamento constante do programa de fabricação;
- suas operações, principalmente as de simulação, necessitam de recursos de informática importantes;
- os algoritmos localizam cada atividade sobre um determinado item de forma que não haja superposição com outra no mesmo recurso e cada atividade só pode ser iniciada quando suas atividades precedentes estiverem concluídas.

A programação com capacidade finita fornece um plano mestre realista. Apesar da complexidade e das restrições desta forma de controle da produção, é de esperar que esta técnica tenha um bom desenvolvimento (acompanhando o desenvolvimento da informática) e divulgar-se-á cada vez mais nos próximos anos.

Os algoritmos são mais complexos e de difícil entendimento que os outros métodos. Eles geram resultados melhores que os métodos anteriores, mas nem sempre são viáveis, ou seja, nem sempre existe um algoritmo de capacidade finita que opere sobre determinado sistema de manufatura [WAL99, CLE92].

Com a convicção de que um sistema para controle da produção repetitiva deve ser um sistema de capacidade finita, e como, a maioria dos softwares existentes estão baseados na teoria das restrições (OPT, *Throughput*, etc.), que são bastante caros e complexos, resolveu-se desenvolver um algoritmo de capacidade finita que reflita de maneira mais adequada às características da gestão repetitiva e que procure ser menos complexo que os existentes. O algoritmo, bem como a interface do sistema proposto são analisados no capítulo 5.

4.4 Análise dos métodos estudados

Cabe ressaltar que a decisão e uso de cada sistema de produção depende dos tipos de processos que a empresa possui, sendo que muitas misturam mais de um tipo de sistema de produção e, por consequência, usam mais de um método de gestão.

De modo algum pode-se afirmar que qualquer destes sistemas abordados seja considerado ideal, ou mais adequado. Tampouco se pode colocá-los em escala de valor e afirmar que um seja superior ao outro. O que pode-se dizer é que um sistema adere melhor ou pior a determinadas características do sistema de produção de uma empresa [DIA97]. Cada um destes sistemas tem seus pontos fortes e fracos. O ideal seria um sistema que mesclasse os três da seguinte forma:

- o Planejamento com Capacidade Finita poderia ser utilizado para fornecer um PMP mais realista, visto que não considera a capacidade de produção da fábrica infinita como o MRP;
- o MRP poderia ser utilizado para gerar as necessidades de materiais no horizonte do planejamento;
- o *kanban* poderia ser utilizado para controlar o chão-de-fábrica para produtos repetitivos com pouca variação de demanda.

A adequação dos métodos de gestão para produção repetitiva pode ser visualizada na Tabela 4.1.

TABELA 4.1 - Adequação dos métodos de gestão para produção repetitiva

Método de Gestão	Adequado para
MRP	Definir as necessidades de materiais
<i>kanban</i>	Produção estável, sem oscilações de demanda
Programação com Capacidade Finita	Demanda com alguma variação e planejamento de capacidade.

Um sistema adequado para gestão repetitiva deve ser um sistema flexível, com planejamento de capacidade finita, com superposição e que aceite variações maiores de demanda. Na ausência de sistemas apropriados para a gestão repetitiva, muitas empresas hoje atendidas por *kanban*, MRP ou outros métodos de gestão poderiam ser melhor atendidas por um sistema repetitivo.

4.5 Integração da gestão repetitiva com o MRP

Como explicado anteriormente, neste trabalho foi desenvolvida somente a parte da produção repetitiva que difere das demais formas de gestão, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos e de simular o funcionamento específico desta forma de gestão da produção. Com isso é importante verificar como seria a integração com compras ou a gestão de estoques. Um sistema normal MRP é apresentado na figura 4.3.

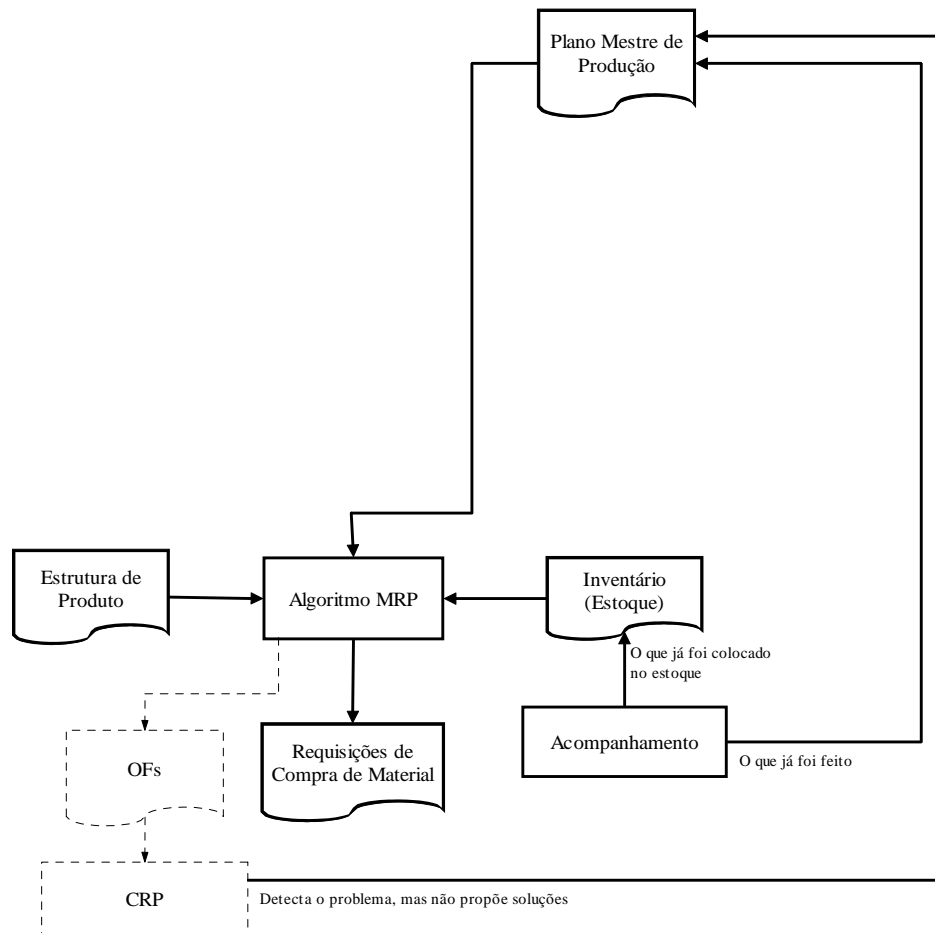


FIGURA 4.3 - Algoritmo MRP

A sugestão para integração com o MRP é apresentada na figura 4.4.

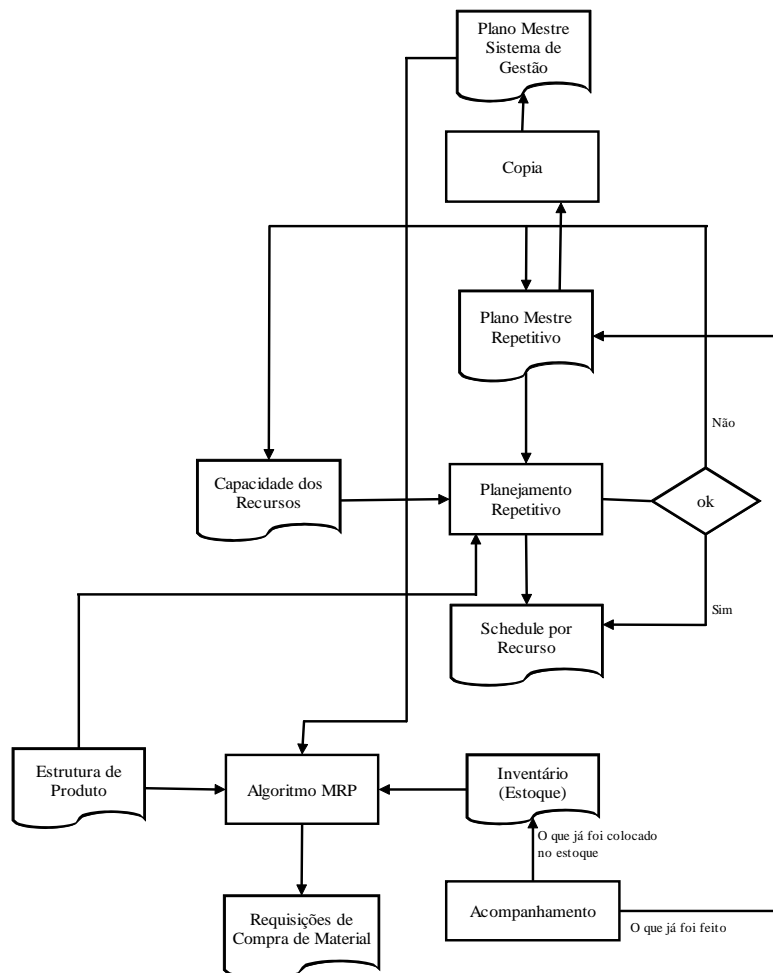


FIGURA 4.4 - Programação repetitiva e integração com o algoritmo MRP

Desta maneira, a saída do MRP ficaria reduzida à requisição de compra de material. O algoritmo MRP também pode emitir OFs, mas como visto no capítulo 3 e 4, não é um sistema muito adequado à gestão repetitiva devido à não consideração da capacidade e também por não trabalhar com taxas médias de produção por período como deve ser a gestão repetitiva. Então a proposta é que o MRP faça as requisições de compra de material com base no plano mestre estabelecido e nos registros de inventário, e o módulo para gestão repetitiva desenvolvido neste trabalho, faça o planejamento repetitivo (que substitui as OFs).

O uso do módulo de gestão repetitiva interage com o plano mestre de produção, permitindo que o algoritmo MRP gere requisições de compra de material compatíveis com a demanda e a capacidade fabril. Como visto, o MRP considera a capacidade como sendo infinita e, mesmo com o auxílio do CRP, não gera bons resultados do ponto de vista de capacidade. Desta forma, uma integração entre o módulo de planejamento repetitivo e o MRP para indústrias repetitivas atinge bons resultados: o planejamento repetitivo ajusta o PMP e, por consequência, o MRP.

O acompanhamento da produção pode ser feito através da criação de um campo na tabela de Plano Mestre com a quantidade realizada. E o acompanhamento diário pode ser conferido através de um campo chamado realizado na tabela de *schedule* por recurso. Assim, pode ser comparado o programado diário com o executado diário e fazer novas programações.

5 A Ferramenta desenvolvida para Gestão da Produção Repetitiva

5.1 Introdução

O uso de um modelo conceitual de dados é de vital importância para o desenvolvimento de um sistema de informações, pois através de um modelo de dados pode-se abstrair a representação de parte da realidade que será usada para implementação.

A primeira etapa do desenvolvimento de um modelo de dados é a definição dos requisitos. É necessário analisar o ambiente a ser modelado, seu funcionamento e problemas apresentados, a fim de solucioná-los ou pelo menos amenizá-los.

No decorrer deste trabalho, foi apresentado o funcionamento da gestão repetitiva e problemas encontrados no seu controle pelos métodos usuais de gestão. Neste capítulo, primeiramente, é apresentada uma proposta de modelo conceitual de dados para gestão repetitiva. A seguir, é apresentado o protótipo implementado, suas características e o método usado para o cálculo da programação.

Para Riggs, citado por [PAL95], um modelo é uma réplica ou uma abstração da característica essencial de um processo. Modelo é, portanto, uma representação simplificada de alguma parte da realidade, sendo a natureza do problema aquela que vai determinar que tipo de modelo será mais apropriado.

Os modelos são muito importantes na representação de sistemas. Uma das principais razões para uso de modelos é a possibilidade de estudar um determinado sistema sem custo, perigo, inconveniência; e até mesmo a possibilidade de observar o comportamento do sistema real visando observar propriedades ainda não identificadas para avaliar e posteriormente sugerir mudanças ou melhorias no sistema modelado.

A modelagem de um sistema envolve uma série de atividades as quais podem ser organizadas visando auxiliar este processo, como pode ser visto na figura 5.1.

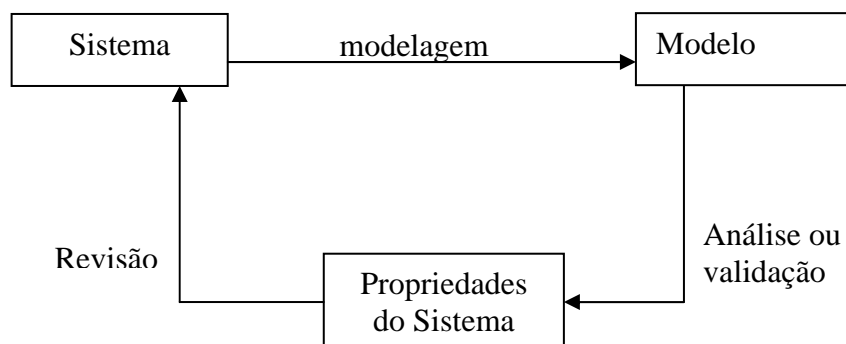


FIGURA 5.1 - Fases das atividades no processo de modelagem de sistemas

Existem vários tipos de modelos que podem ser utilizados para a representação, sendo os mais conhecidos:

- modelo entidade-relacionamento;
- modelo orientado a objetos;
- modelo binário;
- modelo infológico;
- modelo funcional de dados; e
- modelo semântico de dados.

Para a construção de um bom modelo de dados, é necessário considerar todos os tipos de entidades/classes, todos os atributos necessários para descrever as características desejadas e todas as relações necessárias entre estas entidades/classes [BOO99].

Para o desenvolvimento do modelo de dados, será utilizado o modelo de dados orientado a objetos, utilizando a técnica de modelagem de objetos UML – *Unified Modelling Language* [RAT2000, RUM99, VIS2000]. Alguns motivos podem ser citados para a utilização de orientação a objetos:

- ✓ **compartilhamento:** as técnicas baseadas em objetos permitem o compartilhamento em vários níveis, utilizando os conceitos de herança das estruturas de dados;
- ✓ **maior abstração do domínio do problema:** a abstração consiste na concentração nos aspectos essenciais de um problema, limitando-se no que um objeto é e faz, antes de decidir como ele deve ser implementado. O uso da abstração durante a análise significa lidar apenas com conceitos do domínio da aplicação, e não ter que tomar decisões sobre o projeto e a implementação antes de o problema ser compreendido;
- ✓ **reuso facilitado:** a utilização de abordagens baseadas no paradigma de OO, tais como generalização e especialização, permite que sejam realizadas extensões ao modelo.

Também será usado o modelo E-R para representar as entidades que serão usadas na programação do protótipo repetitivo (desenvolvido com a ferramenta *Visual Basic*).

5.2 Modelo Conceitual de Dados usado para Implementação do Protótipo Repetitivo

A ferramenta utilizada para o desenvolvimento do modelo foi a *Rational Rose* pelo fato desta ferramenta suportar a modelagem orientada a objetos, podendo ser utilizados todos os conceitos de orientação a objetos [LAR2000].

Para representar as classes que envolvem o ambiente de gestão repetitiva foi usado o diagrama de classes do *Rational Rose 98*. A projeção deste diagrama representa

os conceitos no domínio que está sendo estudado. Estes conceitos são naturalmente relacionados às classes que vão executá-los, mas freqüentemente não existe um mapeamento direto. Um modelo conceitual de dados deve ser projetado com pouca ou nenhuma preocupação com o software que poderá implementá-lo, portanto ele pode ser considerado independente da linguagem [BOO99, FOW2000].

O modelo desenvolvido mostra os principais atributos relacionados a cada classe e algumas funcionalidades pertinentes, como por exemplo, as condições para os relacionamentos. Os nomes de algumas classes e atributos são um pouco extensos mas, para fins didáticos, estão sem abreviações.

Quando um objeto de uma classe é instanciado, cada instância recebe um identificador (OID- *Object identifier*) que diferencia cada ocorrência desta Classe [QUA2000]. No momento da modelagem conceitual de dados não se deve explicitar os identificadores de cada classe, mas caso o modelo seja mapeado para um modelo entidade-relacionamento por exemplo, será necessário a criação de identificadores para as ocorrências de uma classe.

A parte do modelo conceitual de dados que é específica da gestão repetitiva pode ser vista na figura 5.2. O modelo conceitual de dados completo está no anexo 1.

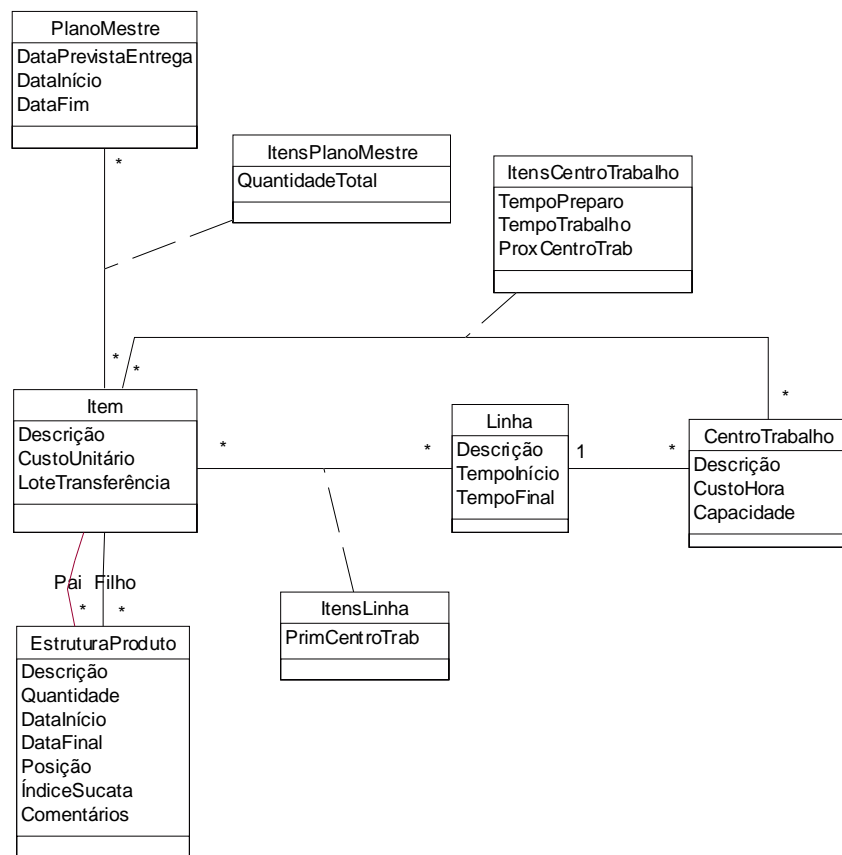


FIGURA 5.2 - Modelo conceitual de dados para programação repetitiva

5.2.1 Descrição das classes e seus atributos:

Classe PlanoMestre

A classe PlanoMestre é responsável por calcular e armazenar os dados referentes a um período de produção. Através da análise de previsão de demanda, dos pedidos em carteira, e da capacidade da fábrica é gerado o plano mestre de produção. Os principais atributos desta classe estão descritos na tabela 5.1.

TABELA 5.1 - Atributos da Classe PlanoMestre

Atributo	Descrição
DataPrevistaEntrega	Data prevista para entrega completa do item.
DataInício	Data de início da execução do plano mestre.
DataFim	Data de término da execução do plano mestre.

Semântica:

1. Uma instância da classe PlanoMestre está associada a zero ou mais instâncias da classe Item.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.9 (parte superior da tela), apresentada neste capítulo.

Classe Item

Um item é qualquer elemento identificável (matéria-prima, peça, embalagem, componente, montagem, submontagem ou produto único), sobre o qual são exercidas operações de manufatura e pode estar pronto (concluído) ou em processo (quando a primeira atividade do roteiro já iniciou e a última ainda não foi concluída). Um item pode ser fabricado (peça), ou comprado (matéria-prima) ou beneficiado [PET81, PIN99].

Os itens fabricados podem ser classificados em:

- ✓ Make-to-Stock (MTS): fabricados para estoque. Quando o item é produzido ainda não se sabe seu destino.
- ✓ Make-to-Order (MTO): fabricados sob encomenda. O item só é fabricado para um determinado cliente e o projeto é conhecido.
- ✓ Engineer-to-Order (ETO): projetados sob encomenda. Cada item é projetado de acordo com especificações e exigências do cliente.

Podemos também classificar os itens de acordo com sua procedência, como:

- comprado para estoque;
- comprado específico;
- fabricado para estoque;

- fabricado específico;
- beneficiado para estoque;
- beneficiado específico; e
- item fantasma.

Os itens beneficiados são itens fabricados em centros de trabalho externos, ou seja, fora da empresa. Alguns dos motivos para isso são o acúmulo de serviço ou a falta de tecnologia da empresa para fabricar determinado item. Muitas vezes, a opção por terceirização acaba sendo a melhor das opções para atingir prazos e reduzir custos.

Os itens fantasmas são, geralmente, conjuntos de itens que serão utilizados em uma montagem de nível superior. Eles não existem fisicamente e não são estocados.

Os itens que são para estoque são geralmente relacionados à produção MTS (estoque) e os específicos são usados principalmente na produção sob encomenda, onde são utilizados para atender a um pedido específico de um cliente. Os principais atributos desta classe estão descritos na tabela 5.2.

TABELA 5.2 - Atributos da Classe Item

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição do item.
CustoUnitário	Custo unitário para fabricação ou compra do item.
LoteTransferência	Quantidade a ser transferida a outros centros de trabalho.

O lote de transferência é a quantidade de peças que são transferidas de um lote de produção para o centro de trabalho seguinte após terminada a atividade. Geralmente o lote de transferência corresponde à capacidade do recipiente de peças. O lote de produção é também chamado de lote de preparação ou de fabricação e pode ser definido como a quantidade de atividades de um mesmo tipo que são realizadas consecutivamente.

Outros atributos como quantidade em estoque, estoque mínimo e máximo, procedência e data de validade estão no modelo de dados completo definido no anexo 1, pois neste modelo não são necessários à implementação do protótipo.

Semântica:

1. Uma instância da classe Item está associada a zero ou mais instâncias da classe PlanoMestre;
2. Uma instância da classe Item está associada a zero ou mais instâncias da classe Linha;
3. Uma instância da classe Item está associada a zero ou mais instâncias da classe EstruturaProduto, em dois papéis: pai e filho;
4. Uma instância da classe Item está associada a zero ou mais instâncias da classe CentroTrabalho.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.5, apresentada neste capítulo.

Classe ItensPlanoMestre

Um plano mestre pode ter especificado mais de um item a ser fabricado, assim como um item pode estar associado a vários planos mestre. Desta forma, para modelar corretamente o relacionamento entre as classes PlanoMestre e Item, uma classe auxiliar foi criada para guardar os atributos de ligação entre uma classe e outra. Estes atributos podem ser vistos na tabela 5.3.

TABELA 5.3 - Atributos da Classe ItensPlanoMestre

Atributo	Descrição
QuantidadeTotal	Quantidade total de cada item produzido.

Semântica:

1. Uma instância da classe ItensPlanoMestre está associada a uma e somente uma instância da classe PlanoMestre;
2. Uma instância da classe ItensPlanoMestre está associada a uma e somente uma instância da classe Item.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.9 (parte inferior da tela), apresentada neste capítulo.

Classe EstruturaProduto

A Classe EstruturaProduto armazena informações sobre as estruturas de cada produto, ou seja, sobre todos os itens filhos responsáveis pela fabricação do item pai.

A estrutura de um produto ou peça em uma atividade do roteiro é o conjunto de outras peças recebidas por uma atividade do roteiro da peça considerada, ou seja, contém todos os itens (insumos) utilizados em sua fabricação [SCH85, OLI98].

Em um ambiente de manufatura, muitos itens ou produtos diferentes precisam ser controlados. Não apenas itens finais ou comprados são importantes, mas também itens semi-acabados como, por exemplo, semi-montagens precisam ser controlados. Para compor um produto final, os itens são relacionados uns com os outros, indicando a seqüência em que determinados itens são necessários para a manufatura de outros.

Os relacionamentos existentes entre os itens são chamados de relacionamento *pai-filho*. Eles representam o fato de que um item é consumido no processo de manufatura ou montagem por um outro item. O item que está sendo produzido é chamado *item pai*, e os itens requeridos na sua produção são chamados *itens filhos* ou componentes. Um item pode ser um componente pai em uma determinada estrutura e ser componente filho de uma ou mais estruturas de produto. Além disso, ele pode ser componente pai e filho dentro de uma mesma estrutura de produto.

A estrutura de produto é uma das principais tabelas do sistema de manufatura. Ela contém uma lista de todos os materiais necessários para a manufatura de um

produto. Os dados de um produto são informações sobre um único item e dados da estrutura do produto são informações sobre o relacionamento *pai-filho* entre pelo menos dois itens.

Os principais atributos da classe *EstruturaProduto* podem ser vistos na tabela 5.4.

TABELA 5.4 - Atributos da Classe *EstruturaProduto*

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição do Item filho. Este item é igual ao especificado na classe de itens.
Quantidade	Quantidade de itens filho por item pai.
DataInício	Data de início da efetividade do item na estrutura.
DataFinal	Data em que este item se tornará obsoleto na estrutura.
Posição	Posição do filho no item pai, pois pode haver itens filhos em posições diferentes no item pai.
ÍndiceSucata	Índice de itens com algum defeito na fabricação.
Comentários	Comentários sobre o item. Podem ser instruções do planejamento ou para o pessoal de chão-de-fábrica.

Um item pode ou não ter uma estrutura de produto, assim como um item pode participar de mais de uma estrutura de produto.

O índice de sucata é também chamado de índice de perdas, índice de refugo ou índice de rejeição. Pode-se determinar o índice ou percentagem de peças rejeitadas após a realização de uma atividade de maneira estatística. Existem dois tipos de índice de sucata:

- ✓ o índice de sucata de material: conseqüência do mau aproveitamento ou falta de qualidade do insumo.
- ✓ o índice de sucata de processo: conseqüência de defeitos ocorridos ao item pela má realização da atividade.

Semântica:

1. Uma instância da classe *EstruturaProduto* está associada a uma ou mais instâncias da classe *Item*, no papel de pai e filho.

Esta classe não será implementada neste trabalho devido a sua complexidade e por ser comum aos demais sistemas de produção.

Classe Linha

Uma linha é um conjunto de centros de trabalho e é responsável pela fabricação de um ou mais itens. Um item pode ser fabricado em mais de uma linha e a decisão de qual delas deve ser usada é definida pelo programador da produção.

Os principais atributos da classe Linha podem ser vistos na tabela 5.5.

TABELA 5.5 - Atributos da Classe Linha

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição da atividade.
TempoInício	Hora de início de operação da linha
TempoFinal	Hora de parada de operação da linha

Semântica:

1. Uma instância da classe Linha está associada a zero ou mais instâncias da classe CentroTrabalho;
2. Uma instância da classe Linha está associada a zero ou mais instâncias da classe Item.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.7 (parte superior da tela), apresentada neste capítulo.

Classe ItensLinha

Uma linha pode produzir mais de um item, assim como um item pode ser fabricado por mais de uma linha. Desta forma, para modelar corretamente o relacionamento entre as classes Item e Linha, foi criada a classe de ItensLinha para guardar os atributos de ligação entre uma classe e outra. Estes atributos podem ser vistos na tabela 5.6.

TABELA 5.6 - Atributos da Classe ItensLinha

Atributo	Descrição
PrimCentroTrab	Primeiro centro de trabalho desta linha. Importante para saber o roteiro do processo.

Semântica:

1. Uma instância da classe ItensLinha está associada a uma instância da classe Linha;
2. Uma instância da classe Linha está associada a uma instância da classe Item.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.8 (parte superior da tela), apresentada neste capítulo.

Classe CentroTrabalho

Um centro de trabalho é constituído de um ou mais equipamentos ou pessoas. Podem ser ativados mais centros de trabalhos quando aumentar a carga de trabalho, mas cada centro de trabalho segue um calendário indicando sua disponibilidade ou capacidade. Um centro de trabalho pode estar disponível (quando ocioso ou sofrendo *setup*) e indisponível (entre manutenções, greves, falhas, etc.).

Um centro de trabalho de uma linha pode ser utilizado para execução de várias atividades. Os principais atributos podem ser vistos na tabela 5.7.

TABELA 5.7 - Atributos da Classe CentroTrabalho

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição do centro de trabalho
CustoHora	Custo por hora gasta no centro de trabalho.
Capacidade	Capacidade do centro de trabalho. Pode ser definido em quantidade de itens em tempo total disponível.

Semântica:

1. Uma instância da classe CentroTrabalho está associada a uma instância da classe Linha;
2. Uma instância da classe CentroTrabalho está associada a zero ou mais instâncias da classe Item.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.7 (parte inferior da tela), apresentada neste capítulo.

Classe ItensCentroTrabalho

Um centro de trabalho pode produzir mais de um item, assim como um item pode ser fabricado por mais de um centro de trabalho. Com isso é muito importante saber o roteiro de um item, pois conforme o roteiro, alguns valores de atributos podem variar. Como visto anteriormente, para modelar corretamente o relacionamento entre as classes CentroTrabalho e ItensPlanoMestre, foi criada a classe de ItensCentroTrabalho para guardar os atributos de ligação entre uma classe e outra. Estes atributos podem ser vistos na tabela 5.8.

TABELA 5.8 - Atributos da Classe ItensCentroTrabalho

Atributo	Descrição
TempoPreparo	Tempo gasto no preparo do centro de trabalho.
TempoTrabalho	Tempo de operação do centro de trabalho.
ProxCentroTrab	Próximo centro de trabalho na linha. Importante para o roteiro.

Um roteiro é um conjunto de atividades, normalmente consecutivas, que resultam em um item. Um peça pode ter mais de um roteiro e a decisão de qual deles deve ser usado é definida a nível de chão-de-fábrica. Um roteiro pode ser representado através de uma Rede de Petri como mostra a figura 5.3.

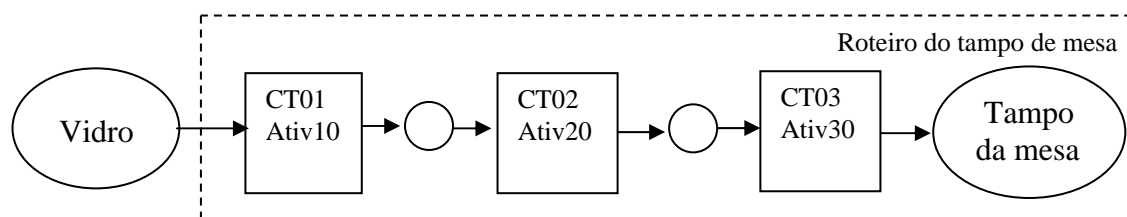


FIGURA 5.3 - Representação de um roteiro

O tempo de trabalho ou tempo padrão é o tempo necessário para realização de uma atividade sobre uma peça, isto é, o tempo útil gasto por um centro de trabalho.

No tempo padrão não está incluído o tempo de espera em filas. O tempo padrão pode ser dependente da quantidade, como em máquinas operatrizes de um centro de trabalho, onde o tempo padrão é calculado sobre um item, ou independente da quantidade, como no caso de fornos para tratamentos térmicos, em que o tempo padrão é definido sobre a realização de um lote de peças.

O tempo de preparação (representação através do atributo *TempoPreparo*) é também chamado de tempo de *setup*. É o tempo necessário para preparar um equipamento (ou centro de trabalho) para a atividade, quando a mesma é diferente da atividade que estava sendo realizada.

Semântica:

1. Uma instância da classe *ItensCentroTrabalho* está associada a uma instância da classe *CentroTrabalho*;
2. Uma instância da classe *ItensCentroTrabalho* está associada a uma e somente uma instância da classe *Item*.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.8 (parte inferior da tela), apresentada neste capítulo.

5.3 Implementação

Com o intuito de expressar todas as características da gestão repetitiva e verificar a validade do modelo, foi desenvolvido um protótipo da modelagem proposta. Foi implementada neste protótipo somente a parte em que esta classe de produção difere das demais. Para tanto, somente tabelas e atributos necessários para demonstrar o funcionamento da gestão repetitiva foram especificados e implementados a fim de fornecer um maior suporte e apoio à tomada de decisão. Um modelo completo de dados para produção repetitiva pode ser visto no anexo 1.

Neste sentido, utilizando a ferramenta *Visual Basic 5.0*, foi desenvolvido um protótipo para a programação da gestão repetitiva. Para desenvolvimento em *Visual Basic*, o modelo de classes foi transformado em um modelo E-R suportado pela ferramenta *Access*, onde se encontra o banco de dados. O modelo E-R usado para implementação pode ser visto na figura 5.4.

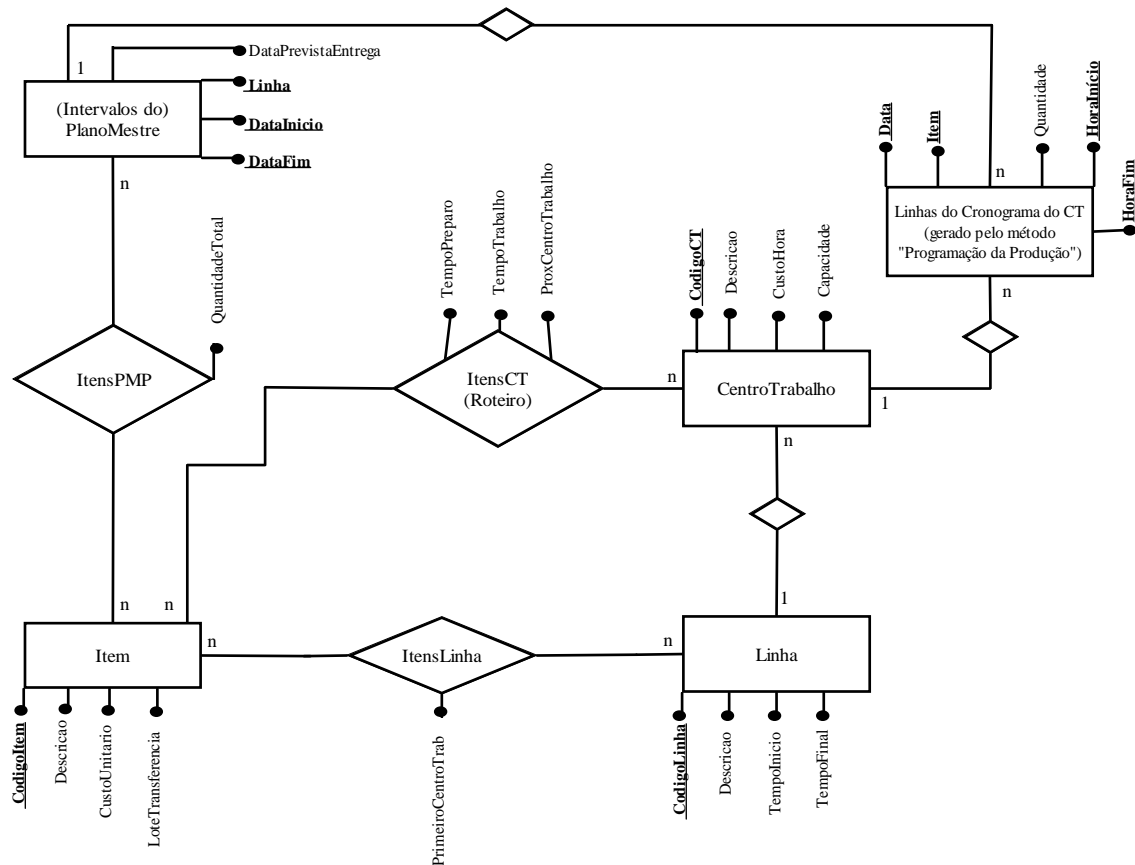


FIGURA 5.4 - Modelo E-R usado para a implementação

Como já foi colocado no momento da definição do modelo conceitual de dados, quando se passa um modelo de classes orientado a objetos para um modelo E-R, tem-se que explicitar os atributos identificadores. Estes atributos estão definidos no modelo acima e são usados para a programação do protótipo desenvolvido. Este modelo E-R não está normalizado para uma melhor visualização, mas o modelo normalizado pode ser visto na Figura A2.1, no anexo 2.

Os conjuntos de dados podem ser bem mais complexos, mas para a apresentação neste trabalho são bastante simples, visto o espaço que seria ocupado para mostrar uma programação extensa e que não acrescentaria maiores informações a este trabalho.

A primeira tela do sistema proposto é a de cadastro de itens, que pode ser vista na figura 5.5.

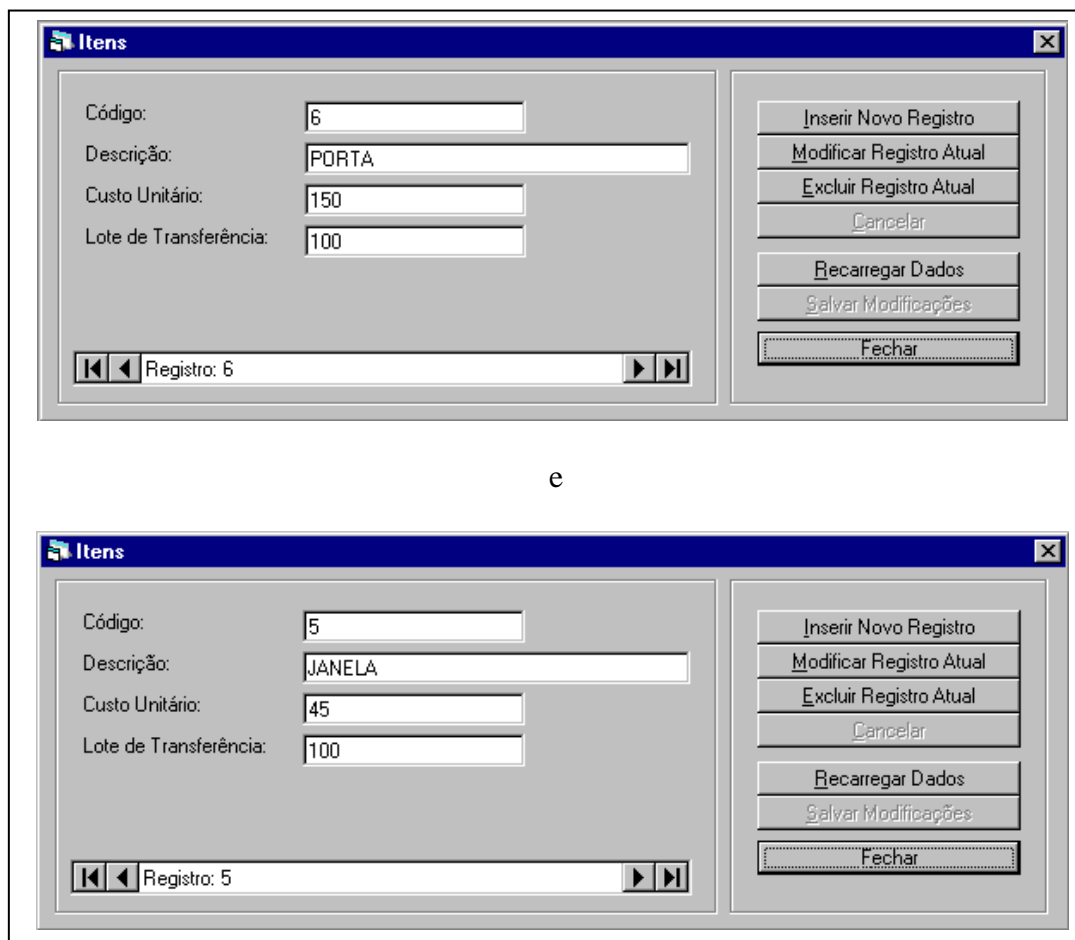


FIGURA 5.5 - Tabela de Itens

Nesta tela são cadastrados todos os itens do sistema de manufatura. Esta tabela pode ter mais atributos, mas para fins de implementação e de cálculo da programação repetitiva, os atributos especificados são suficientes.

Devido à grande interação entre as tabelas, foi definido que uma alteração só é efetivada no banco de dados quando for clicado em *modificar* e após fazer as alterações necessárias for clicado em *salvar modificações*. Esta regra vale para as demais telas desta implementação. Além de ter que clicar em *salvar modificações*, uma tela avisando sobre a propagação da alteração será enviada, pois para o banco funcionar adequadamente, todas as informações devem ser consistentes. A tela de aviso pode ser vista na figura 5.6.

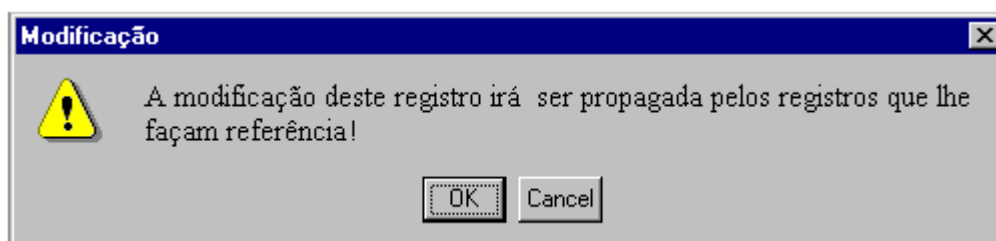


FIGURA 5.6 - Aviso de modificação

Outra tela importante do sistema é a tela onde são cadastradas as linhas de produção e seus centros de trabalho. A tela de cadastro de linhas pode ser vista na figura 5.7 a seguir.

Código do CT	Descrição	Capacidade	Custo/Hora
1	CT1	1000	10
2	CT2	1000	20
3	CT3	1500	15
4	CT4	1500	10
5	CT5	2000	12

FIGURA 5.7 - Tabela de Linhas

Nesta tela são cadastradas todas as linhas da fábrica. E para cada linha são especificados todos os centros de trabalho com informações necessárias para o cálculo de capacidade e programação da fábrica, pois para cada centro de trabalho é especificado sua capacidade. Outras informações contidas nesta tela também são muito importantes como, por exemplo, os atributos *hora de início* e *hora de fim* de cada linha que especificam a hora de início de operação da linha e a hora de término de operação diária, indispensáveis ao cálculo de capacidade.

Esta tela pode ter mais atributos, mas para os fins em que foi proposto, somente foram implementados atributos necessários à gestão repetitiva.

Os roteiros de um determinado item em cada centro de trabalho de uma linha devem ser bem especificados para a correta programação da produção. A tela de cadastro de roteiros pode ser visualizada na figura 5.8.

Código do CT	Tempo Preparo	Tempo Trabalho	Próximo Centro de
1	00:00:20	00:00:30	2
2	00:00:30	00:00:10	3
3	00:00:12	00:00:10	0

FIGURA 5.8 - Tabela de Roteiros de produção

Nesta tela são cadastrados todos os roteiros de produção de cada item na linha. Um mesmo item pode ser fabricado em linhas diferentes e por conseqüência, em centros de trabalho diferentes, podendo assim variar dados como o primeiro centro de trabalho ou tempo de trabalho de um item em um determinado centro. Por esta razão são atributos importantes desta tela: *tempo de preparo*, *tempo de trabalho* e também qual é o *próximo centro* em que este item deve passar para o correto seqüenciamento da produção. Quando no campo *próximo centro de trabalho* for especificado 0 (zero) significa que este centro é o último para fabricação do item.

Esta tela pode ter mais atributos, mas pelos motivos já explicados, estes são suficientes.

Após a inclusão dos itens, das linhas e seus centros de trabalho, e dos roteiros de produção é possível programar a produção através da tela de especificação do plano mestre de produção. A tela que especifica os planos mestre para cada linha de produção da fábrica pode ser vista na figura 5.9.

Item	Quantidade Total
5	1500
6	1600

FIGURA 5.9 - Tabela de especificação do plano mestre

Nesta tela são cadastrados todos os planos mestre para cada linha da fábrica. Para cada linha são especificados todos os itens e quantidades a produzir em um dado período. Os campos *data de entrega*, *data de início* e *data de fim* correspondem, respectivamente, a data prevista para conclusão total da fabricação de todos os itens especificados, a data prevista para início da fabricação e a data de término da mesma.

Caso a quantidade total especificada de um item no plano mestre não seja divisível pela quantidade de dias de processamento então o sistema arredonda para o inteiro superior. O que sobra vai para o estoque e é aproveitado na próxima elaboração de plano mestre, pois se já existe em estoque não precisa produzir.

A função “Programação Repetitiva”, na parte central da tela irá calcular a programação dos itens para cada linha. Para programação de capacidade, o programa verifica se a quantidade de dias definidos para início e fim das atividades é ou não suficiente.

Se o prazo especificado para início e fim das atividades de fabricação não for suficiente para atender a programação (falta capacidade para atender a produção), o sistema automaticamente indicará o número de dias necessários à produção e mostrará o relatório de programação ajustado com base na capacidade real da fábrica, como pode ser visto na figura 5.10.

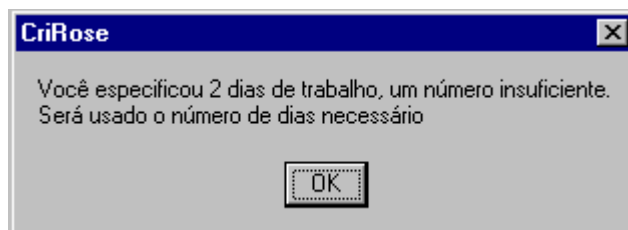


FIGURA 5.10 - Aviso do verificador de falta de capacidade

Após este aviso, o sistema mostrará o relatório usando o número de dias necessários, conforme pode ser visto na figura 5.12.

Já se o prazo especificado for maior do que o número de dias necessário (sobra capacidade), o sistema diz em quantos dias a produção pode ser feita e o programador pode ou aceitar a sugestão do programa ou calcular com base nas datas especificadas por ele, conforme figura 5.11 a seguir:

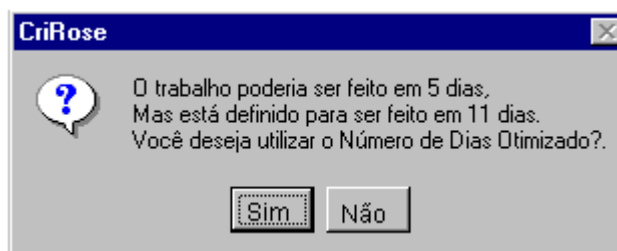


FIGURA 5.11 - Aviso do verificador de capacidade

Se a resposta for **Sim**, o sistema vai gerar um relatório de programação utilizando o cálculo do verificador e alterando a data final de produção à data necessária para produção do plano mestre especificado, conforme pode ser visto na figura 5.12.

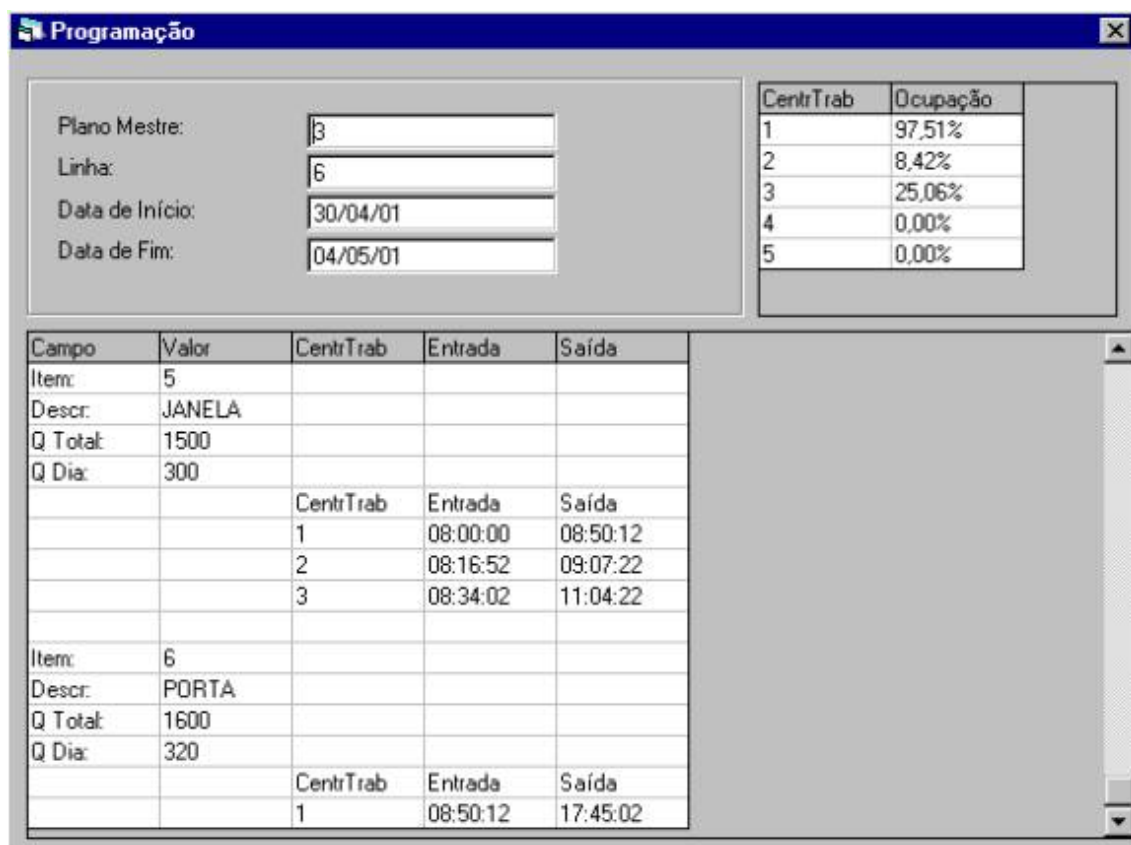


FIGURA 5.12 - Programação com o uso do verificador de capacidade

Como podemos ver na parte superior direita da tela, existe uma tabela com os percentuais de ocupação para cada centro de trabalho, fornecendo assim dados para o programador analisar a programação e alterá-la caso necessário. Os percentuais dos centros 4 e 5 são 0,00% porque como pode-se ver na figura 5.8 - tabela de especificação dos roteiros, os itens 5 e 6 desta programação não utilizam estes centros.

Nesta tela, pode-se também verificar uma das vantagens da gestão repetitiva: um lote pode estar sofrendo mais de uma atividade no mesmo tempo. Através do lote de transferência especificado no cadastro de itens, é possível otimizar a produção reduzindo os tempos totais de fabricação. Por exemplo, o item cinco (5 - janela) da figura 5.12 que entra no centro de trabalho dois (2) às 08:16:52, se fosse programado sem superposição, este mesmo item só entraria às 08:50:12 quando o lote inteiro fosse terminado.

Este cronograma de produção é seguido até o final do período (04/05/01, neste exemplo) ou até haver uma nova reprogramação para adequar picos de demanda ou outras mudanças necessárias na programação.

Entretanto, se a resposta à tela mostrada na figura 5.11 for **Não**, o sistema vai gerar um relatório utilizando o número de dias especificado pelo programador, conforme pode ser visto na figura 5.13, com os dados necessários à produção da linha especificada.

Programação				
Plano Mestre:	3			
Linha:	6			
Data de Início:	30/04/01			
Data de Fim:	10/05/01			
		CentrTrab	Ocupação	
		1	44,64%	
		2	3,89%	
		3	11,47%	
		4	0,00%	
		5	0,00%	
Campo	Valor	CentrTrab	Entrada	Saída
Item:	5			
Descr:	JANELA			
Q Total:	1500			
Q Dia:	137			
		CentrTrab	Entrada	Saída
		1	08:00:00	08:23:02
		2	08:16:52	08:40:12
		3	08:34:02	09:42:52
Item:	6			
Descr:	PORTA			
Q Total:	1600			
Q Dia:	146			
		CentrTrab	Entrada	Saída
		1	08:23:02	12:27:52

FIGURA 5.13 - Programação sem o usar a sugestão do verificador de capacidade

Nesta tela, pode-se se verificar uma grande ociosidade de capacidade devido à opção do programador em não usar a sugestão do cálculo verificador e sim as datas especificadas por ele no plano mestre.

É possível também, com o relatório de programação, analisar o percentual de ocupação de cada centro de trabalho, podendo assim reprogramar a produção a fim de atender as necessidades e metas da fábrica.

A seguir outras situações para exemplificar melhor o algoritmo.

a) se diminuirmos o lote de transferência (figura 5.4) do item 5 (Janela) de 100 unidades para 50, pode-se verificar um aumento de sobreposição em relação aos próximos centros de trabalho. No exemplo 5.12 pode-se verificar que este item só passa ao centro de trabalho 2 (dois) às 08:16:52 quando 100 unidades já passaram pela atividade do centro de trabalho 1 (um), mas se o lote de transferência for 50, conforme exemplo 5.14, pode-se ver que o mesmo item entra neste centro às 08:08:32.

Programação				
Plano Mestre:	3			
Linha:	6			
Data de Início:	30/04/01			
Data de Fim:	04/05/01			
		CentrTrab	Ocupação	
		1	97,51%	
		2	8,42%	
		3	25,06%	
		4	0,00%	
		5	0,00%	
Campo	Valor	CentrTrab	Entrada	Saída
Item:	5			
Descr:	JANELA			
Q Total:	1500			
Q Dia:	300			
		CentrTrab	Entrada	Saída
		1	08:00:00	08:50:12
		2	08:08:32	08:59:02
		3	08:17:22	10:47:42
Item:	6			
Descr:	PORTA			
Q Total:	1600			
Q Dia:	320			
		CentrTrab	Entrada	Saída
		1	08:50:12	17:45:02

FIGURA 5.14 - Programação diminuindo o valor do lote de transferência

b) se aumentarmos o valor do lote de transferência do item 5 (Janela) de 100 unidades para 150, pode-se verificar uma diminuição de sobreposição em relação aos próximos centros de trabalho conforme figura 5.15, a seguir:

Programação				
Plano Mestre:	3			
Linha:	6			
Data de Início:	30/04/01			
Data de Fim:	04/05/01			
		CentrTrab	Ocupação	
		1	97,51%	
		2	8,42%	
		3	25,06%	
		4	0,00%	
		5	0,00%	
Campo	Valor	CentrTrab	Entrada	Saída
Item:	5			
Descr:	JANELA			
Q Total:	1500			
Q Dia:	300			
		CentrTrab	Entrada	Saída
		1	08:00:00	08:50:12
		2	08:25:12	09:15:42
		3	08:50:42	11:21:02
Item:	6			
Descr:	PORTA			
Q Total:	1600			
Q Dia:	320			
		CentrTrab	Entrada	Saída
		1	08:50:12	17:45:02

FIGURA 5.15 - Programação aumentando o valor do lote de transferência

c) se aumentarmos ou diminuirmos a quantidade de um item no plano mestre, pode-se verificar que a taxa de ocupação de cada centro de trabalho mudará, pois a produção é definida em taxas diárias sendo seguida até o último dia de programação. Como por exemplo, se for especificado 1700 itens 5 (janela) ao invés de 1500 como o que foi definido para as telas de programação anteriores, as taxas de ocupação de cada centro de trabalho irão mudar, como pode ser visto na figura 5.16.

The screenshot shows a software window titled "Programação" with the following data:

Plano Mestre: 3
 Linha: 6
 Data de Início: 30/04/01
 Data de Fim: 04/05/01

CentrTrab	Ocupação
1	98,62%
2	9,53%
3	28,39%
4	0,00%
5	0,00%

Campo	Valor	CentrTrab	Entrada	Saída
Item:	5			
Descr:	JANELA			
Q Total:	1700			
Q Dia:	340			
		CentrTrab	Entrada	Saída
		1	08:00:00	08:56:52
		2	08:25:12	09:22:22
		3	08:50:42	11:41:02
Item:	6			
Descr:	PORTA			
Q Total:	1600			
Q Dia:	320			
		CentrTrab	Entrada	Saída
		1	08:56:52	17:51:42

FIGURA 5.16 - Programação alterando o PMP do item 5 para 1700.

d) se aumentarmos a produção do item 5 para 2000, pode-se verificar que a taxa de ocupação do centro de trabalho 1 diminuiu de 98,62 % para 83,73% ao dia, conforme figura 5.17. Isso deve-se ao fato de ser necessário mais um dia na programação e como são estabelecidas taxas de produção diárias iguais, este índice diminuiu, o que pode facilitar uma reprogramação neste período, caso a meta seja diminuir o tempo ocioso nos centros de trabalho da linha.

Plano Mestre: 3
 Linha: 6
 Data de Início: 30/04/01
 Data de Fim: 05/05/01

CentrTrab	Ocupação
1	83,73%
2	9,36%
3	27,89%
4	0,00%
5	0,00%

Campo	Valor	CentrTrab	Entrada	Saída
Item:	5			
Descr:	JANELA			
Q Total:	2000			
Q Dia:	334			
		CentrTrab	Entrada	Saída
		1	08:00:00	08:55:52
		2	08:25:12	09:21:22
		3	08:50:42	11:38:02
Item:	6			
Descr:	PORTA			
Q Total:	1600			
Q Dia:	267			
		CentrTrab	Entrada	Saída
		1	08:55:52	16:22:22

FIGURA 5.17 - Exemplo de programação alterando o PMP do item 5 para 2000

Deste modo, pode-se citar como contribuições do sistema proposto:

- ✓ simplificação dos sistemas usuais: um sistema mais simples que os tradicionais existentes no mercado pode controlar a produção de maneira adequada e condizente com a realidade;
- ✓ geração automática de cronograma de produção: Como pode ser visto nas figuras 5.12 e 5.13, após a elaboração do plano mestre, são lançados automaticamente os relatórios de programação da produção, sendo de fácil reprogramação e adequação com base na capacidade fabril;
- ✓ superposição de atividades: conforme figuras 5.12 e 5.13 pode-se observar a superposição de atividades, pois através do lote de transferência é possível um mesmo lote sofrer atividades diferentes, o que contribui para a redução de tempos de fabricação e de entrega do produto;
- ✓ seqüenciamento das atividades por unidade de produção: a programação é realizada por linha de produção, fornecendo assim, um controle mais efetivo e mais simples a nível de chão-de-fábrica; e
- ✓ suporte à tomada de decisão: o relatório de programação gerado com ocupação por centro de trabalho de cada plano mestre, fornece informações claras e de fácil entendimento necessárias a nível de tomada de decisão, sendo possível simular ou reprogramar a produção sempre que necessário, visando a correta utilização dos recursos fabris e alcance das metas da fábrica.

5.4 O método “Programação repetitiva”

Neste tópico é apresentado o método para cálculo da gestão repetitiva que é chamado pelo evento *on click* do botão “Programação Repetitiva”, conforme figura 5.9. Este método gera o cronograma de produção de cada centro de trabalho (com os atributos: *data, item, quantidade, horainicio e horafim*) de uma determinada linha. Para entender o layout físico entre centro de trabalho e linhas sobre o qual este método foi implementado, é interessante observar a figura 5.18.

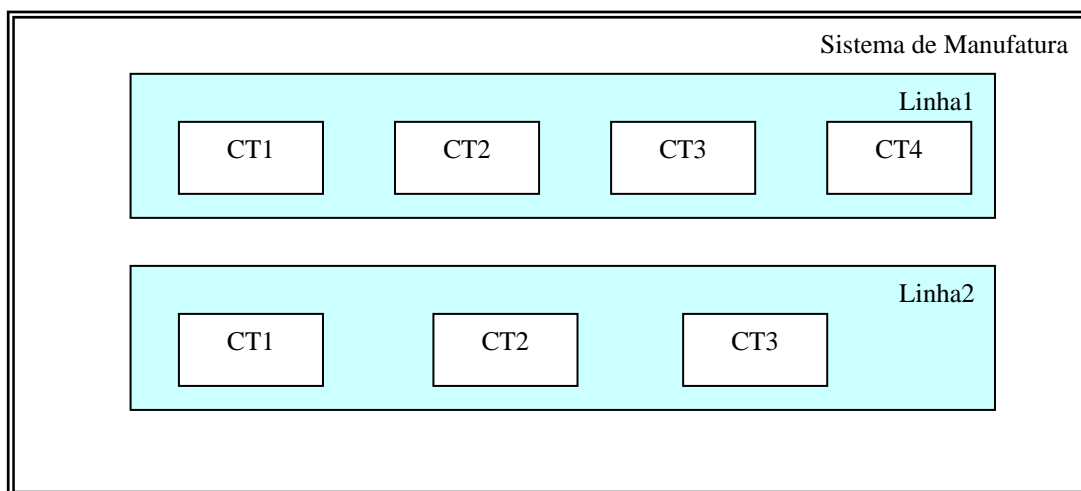


FIGURA 5.18 - Layout físico da fábrica

Desta forma, um sistema de manufatura é composto de uma ou mais linhas e, cada linha, por um ou mais centros de trabalho.

A seguir a definição do método “programação repetitiva”.

O primeiro passo é reunir todos os dados necessários. Isso é feito através das seguintes rotinas:

- PegaPMP
- PegaDadosLinha
- PegaItens
- PegaItensCT

O segundo passo é calcular a produção com base no plano mestre especificado. Analisar se os dias especificados são suficientes e qual é a melhor ordem de produção. As principais rotinas podem ser vistas a seguir:

- DefineAlternativas
- EscolheMelhorAlternativa

O último passo é mostrar as janelas com o relatório de programação e os percentuais de ocupação de cada centro de trabalho para cumprimento da programação ou para reprogramação caso seja desejado. As principais rotinas para mostrar os relatórios são as seguintes:

- ArrumaGrid
- MostrarOcupação

5.4.1 Descrição do algoritmo para reunir todos os dados necessários ao cálculo da produção

- PegaPMP

Consulta a tabela de PMP para pegar dados de PMP (*CodigoPMP*, *DataPrevistaEntrega*, *DataInicio* e *DataFim*); e

Consulta a tabela de ItensPMP para pegar *CodigoPMP*, *CodigoItem* e *QuantidadeTotal*. O atributo *QuantidadeTotal* será usado para saber o quanto produzir de cada item.

- PegaDadosLinha

Consulta a tabela Linha e guarda os campos: *CodigoLinha*, *Descricao*, *TempoInicio* e *TempoFinal*. O tempo de trabalho da Linha (*HoraInicio* e *HoraFim*) são os atributos que dizem quantas horas a linha fica em operação por dia. Isto é importante para o calculo de capacidade da linha; e

Consulta a tabela CentroTrabalho e vê quais centros são da linha especificada, guardando a *capacidade* de cada centro de trabalho.

- PegaItens

Consulta a tabela Item e através do código pega o atributo *LoteTransferencia* e após, de posse do código consulta a tabela ItensLinha para saber qual o primeiro centro de trabalho deste item na linha através do atributo *PrimeiroCentroTrab*.

- PegaItensCT

Consulta a tabela ItensCT e, para cada item, vê os centros de trabalho que ele passa e guarda os seus tempos de preparo (*TempoPreparo*) e de trabalho (*TempoTrabalho*), além do roteiro (ordem dos centros de trabalho) de cada item na linha (*ProxCentroTrabalho*).

De posse de todos os dados necessários para o cálculo, é definido a melhor alternativa de programação.

5.4.2 Descrição do algoritmo para cálculo da produção

O primeiro passo é saber o número de combinações de elementos (sem repetições) para o sequenciamento da produção. Isso é feito através da rotina *DefineAlternativas* que diz o número de alternativas sem repetições para programação da produção.

- *DefineAlternativas*

Define as possíveis combinações de produção, sem repetições, para o PMP da Linha. Por exemplo para os itens 1, 2 e 3 especificados no plano mestre, existem as seguintes alternativas de prioridade: (1 - 2 - 3) ou (1 - 3 - 2) ou (2 - 1 - 3) ou (2 - 3 - 1) ou (3 - 1 - 2) ou ainda (3 - 2 - 1). Como visto anteriormente pode-se fazer uso de modelos matemáticos ou regras para implementar o sequenciamento, mas neste trabalho foi implementado através de pesquisa operacional (varredura) onde através do cálculo de cada alternativa é possível saber o tempo que seria gasto em cada sequenciamento de produção e então escolher o melhor.

A seguir, para cada alternativa é calculado o seu tempo, escolhendo a que melhor condiz com a capacidade da fábrica.

- *EscolheMelhorAlternativa*

Aqui é verificado, para cada alternativa, seu tempo total. Esta rotina diz quando se chega ao melhor número de dias para a produção e qual a melhor ordem.

Para cada alternativa:

Zera os tempos dos itens;

Para cada Item do PMP (tabela *ItensPMP*), por ordem de prioridade (seqüência estipulada para cada alternativa);

Ordena os centros de trabalho por onde passa.

Pega o valor do primeiro centro de trabalho em *ItensLinha.PrimeiroCentroTrab* e percorre os centros de trabalho de cada item na tabela *ItensCT* em ordem através do atributo *ItensCT.ProxCentroTrabalho* armazenando informações importantes desta tabela (*ItensCT.TempoPreparo* e *ItensCT.TempoTrabalho*) até encontrar o próximo centro de trabalho ou que o valor *ItensCT.ProxCentroTrabalho* = 0. Se o valor do próximo centro de trabalho for zero, significa que o centro especificado é o último do roteiro.

Para cada centro de trabalho usado pelo item (em ordem) calcula variáveis úteis:

Se $ItensPMP.QuantidadeTotal \geq Item.LoteTransferencia$ então

$$(ItensCT.TempoTrabalho \times ItensPMP.QuantidadeTotal) + ItensCT.TempoPreparo$$

senão

Para cada item

Para cada centro de trabalho

$$(ItensCT.TempoTrabalho \times Item.LoteTransferencia) + ItensCT.TempoPreparo$$

(para saber a que horas pode passar para o próximo centro de trabalho) e

$$(ItensCT.TempoTrabalho \times ItensPMP.QuantidadeTotal) + ItensCT.TempoPreparo$$

(para saber a que horas termina o lote. Esta informação é importante para passar o tempo de início do próximo item no mesmo centro de trabalho).

O próximo passo é verificar onde deve inserir:

Se estiver vazio, põe no início (primeiro horário definido em *Linha.TempoInicio*). Se não pega o horário anterior ocupado (variável auxiliar *cont*) e coloca no próximo disponível. Isto significa que este lote depende do centro de trabalho anterior e que o item depende do item anterior.

E assim sucessivamente até atender a quantidade total de todos os itens do plano mestre.

Verifica se já não tinha dado uma melhor opção, se sim descarta, se não guarda em variáveis auxiliares e assim percorre cada alternativa guardando a melhor.

Ao final, verifica a otimização do número de dias.

Se *NumDias* (variável auxiliar) > *NumDiasEspecificado* (*PlanoMestre.DataFim* – *PlanoMestre.DataInicio*) então

Pega o número de dias necessários (*NumDias*) e manda a mensagem:

“Foi especificado um número de dias de trabalho insuficiente e será usado o número de dias necessário”

Senão

Se *NumDias* < *NumDiasEspecificado* então

Diz em quantos dias a produção poderia ser feita e cabe ao programador aceitar ou não. A mensagem que será mostrada será:

“O trabalho poderia ser feito em *NumDias* dias, mas está definido para ser feito em *NumDiasEspecificado* dias. Você deseja utilizar o número de dias otimizado?”

Copia a melhor ordem dos itens;
Copia o melhor tempo calculado;
Verifica a ocupação de cada centro de trabalho.

5.4.3 Descrição do algoritmo para mostrar os dados calculados

- *ArrumaGrid*

Arruma o grid para mostrar todos os campos (fixos e dados) necessários para a execução da programação.

- *MostrarOcupação*

Mostra a janela de percentual de ocupação por centro de trabalho.

6 Conclusões

O objetivo deste trabalho é o estudo do ambiente de produção repetitiva com o propósito de apresentar os requisitos para o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão para esta forma de produção. Espera-se com esta ferramenta refletir melhor as características da gestão repetitiva no que se refere à tomada de decisão e controle da gestão, procurando solucionar ou amenizar problemas encontrados no controle da produção por outros métodos de gestão.

Entre os principais objetivos para estudo deste ambiente e desenvolvimento deste trabalho pode-se citar:

- ✓ fazer um levantamento dos principais aspectos relativos à gestão repetitiva;
- ✓ coletar as informações necessárias para o desenvolvimento de um modelo de gestão repetitivo com o objetivo de servir como referência para controle desta forma de gestão; e
- ✓ disponibilizar um protótipo repetitivo que possa ser integrado a outros sistemas de gestão (mais integrado ao MRP).

Para aprofundar o conhecimento do ambiente repetitivo foram estudados e analisados os principais sistemas de gestão no que se refere à gestão repetitiva.

Os sistemas de gestão usuais têm características como a geração e controle de ordens de fabricação, que tornam o ambiente complexo. Atualmente, muitos sistemas para gestão repetitiva estão baseados no paradigma da produção intermitente, o que faz com que apresentem algumas deficiências ou inaplicabilidades que precisam ser eliminadas. Os métodos de gestão mais utilizados atualmente para o planejamento e controle da produção são:

- programação com capacidade infinita (MRP-Material Requirements Planning);
- *kanban*; e
- programação com capacidade finita.

Em sistemas de programação com capacidade infinita, implementados através do algoritmo MRP, o grande problema é que não considera de forma realista as restrições de capacidade. É um sistema relativamente simples, que, por isso mesmo, e apesar de suas deficiências, ainda continua sendo o mais utilizado.

O *kanban* é uma técnica de controle visual para regulação da produção que tem características simples de controle da produção. Para o *kanban* ser utilizado na produção repetitiva, a demanda de um item não pode oscilar muito, caso contrário os níveis de estoque tornam-se muito elevados ou baixos demais. Outro problema é assegurar que todos os itens de um produto estarão disponíveis para montagem, principalmente

quando a estrutura de produto é mais complexa e, também, o fato de que *kanban* em geral não suporta processos informatizados de planejamento e controle.

Os sistemas de programação com capacidade finita são aplicáveis a sistemas produtivos com grandes variações de demanda e *mix* de produtos. São mais complexos, mais caros e geram resultados melhores que os anteriores, mais nem sempre são viáveis.

Um sistema adequado para gestão repetitiva deve ser um sistema flexível, com planejamento de capacidade finita, com superposição de lotes no tempo, e que aceite variações maiores de demanda.

A análise dos problemas peculiares à gestão repetitiva, leva a concluir que o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão para gestão da produção repetitiva se torna interessante, pois os programas usuais existentes no mercado, apesar de auxiliarem, não suprem em sua totalidade todos os requisitos necessários para solucionar os problemas que envolvem o controle deste tipo de produção.

O sistema proposto é mais simples que os existentes atualmente, incluindo a interface com o usuário. O planejador pode definir a produção de uma forma mais agregada sem gerar ordens de fabricação para cada item e o sistema gera um cronograma, em que é especificada a seqüência de atividades por unidade de produção.

Na implementação do protótipo, um mesmo lote pode encontrar-se em mais de uma atividade e isto é controlado pelo sistema, não sendo necessário esperar a conclusão total de um lote para passar a atividade seguinte. Este sistema possui uma flexibilidade maior que os métodos usuais como o MRP, para reprogramação da produção.

Como principais características do modelo desenvolvido, pode-se citar:

- ✓ geração automática de cronograma de produção: após a elaboração do plano mestre, é lançado automaticamente os relatórios de programação da produção, sendo de fácil reprogramação e adequação caso necessário, sempre com base na capacidade fabril, como pode ser visto nas figuras 5.12, 5.13 e nos demais exemplos de programação mostrados no capítulo 5;
- ✓ superposição de atividades: através do lote de transferência é possível um mesmo lote sofrer atividades diferentes, o que contribui para a redução de tempos de fabricação e de entrega do produto;
- ✓ seqüenciamento das atividades por unidade de produção: é possível realizar a programação por linha de produção fornecendo assim um controle efetivo e mais simples a nível de chão-de-fábrica;
- ✓ suporte à tomada de decisão: o relatório de programação gerado com ocupação por centro de trabalho de cada plano mestre, fornece informações claras e de fácil entendimento necessárias a nível de tomada de decisão, sendo possível simular ou reprogramar a produção sempre que necessário, visando a correta utilização dos recursos fabris e nas metas da fábrica.

- ✓ algoritmo de capacidade finita que pode se integrar ao MRP, conforme item 4.5, para ajudar na elaboração das requisições de compra de material, fornecendo dados mais realistas da capacidade fabril.

Neste ponto do trabalho, pode-se citar alguns melhoramentos e sugestões para trabalhos futuros:

- ✓ estender o modelo conceitual de forma a controlar todas as atividades, como por exemplo a baixa de estoques, naquilo que for específico da gestão repetitiva;
- ✓ realizar a integração do protótipo desenvolvido com outros sistemas de gestão, visto que somente foi analisada a viabilidade desta operação no presente trabalho;
- ✓ extensões do modelo, do algoritmo e do protótipo:
 - plano mestre contínuo, sem períodos, que podem ser definidos posteriormente, durante o planejamento;
 - permitir a distribuição não uniforme da produção ao longo de cada período;
 - incluir a estrutura de produto. Um item mais complexo pode ser formado por outros, com diversos níveis de estrutura de produto;
 - incluir indicadores de desempenho, como por exemplo de estoque, de produtividade, de pontualidade, etc. que dêem ao planejador informações quantitativas a respeito da qualidade dos cronogramas.

Anexo 1 Modelo Conceitual de Dados Completo

O modelo conceitual de dados completo para gestão da produção, incluindo a produção repetitiva pode ser visto na figura A1 a seguir:

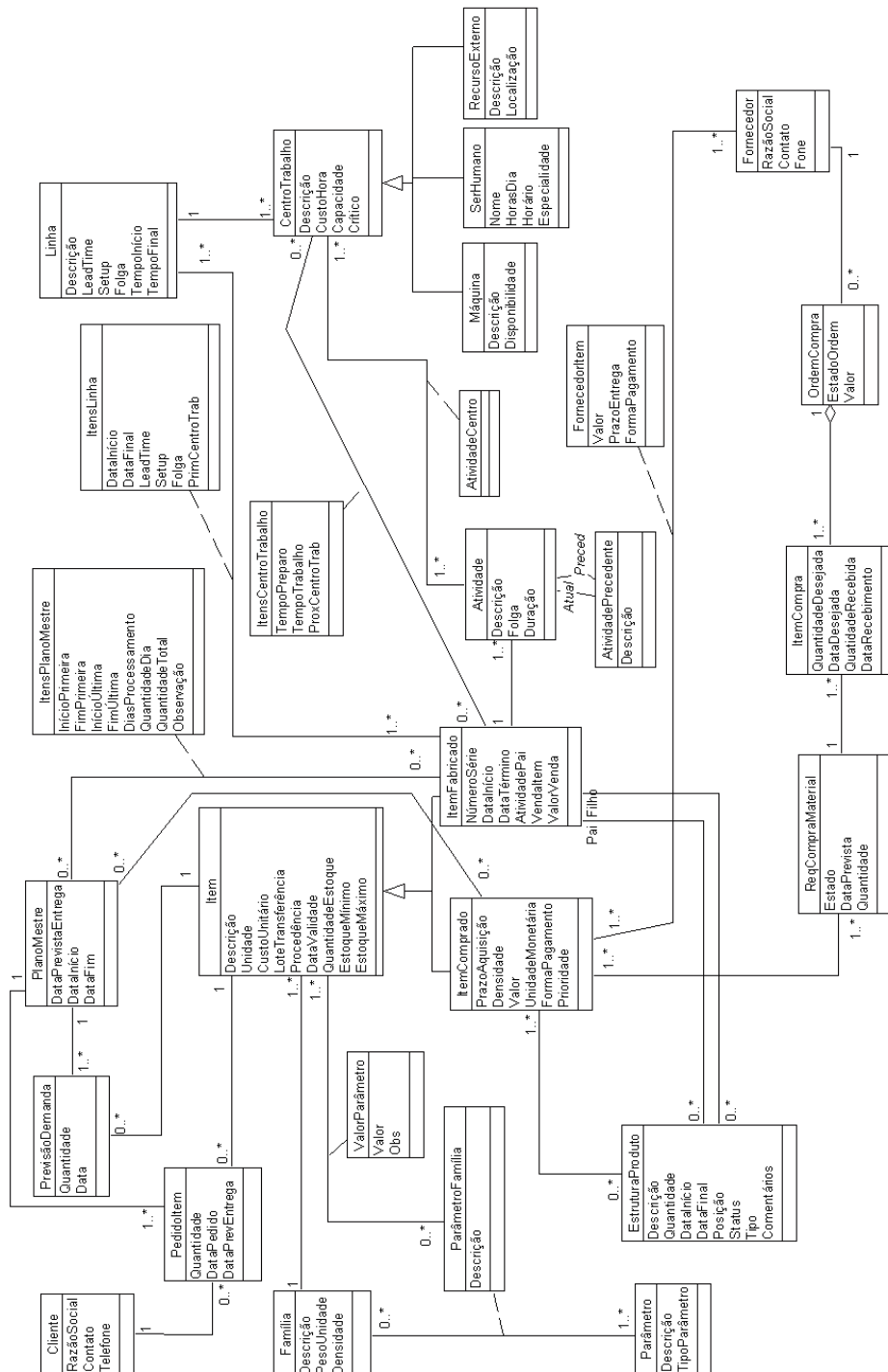


FIGURA A1 – Modelo Conceitual de Dados Completo para Controle da Produção Repetitiva

A.1 Descrição das classes e seus atributos:

Classe Cliente

Um cadastro de clientes se faz necessário quando o cliente faz um pedido de um ou mais itens. A classe cliente é considerada auxiliar, sendo adicionada ao modelo apenas para complementar a inclusão de um pedido. Desta forma foram especificados apenas alguns atributos a fim de não deixar esta classe vazia. Os atributos da classe cliente podem ser vistos na tabela A1.

TABELA A1 – Atributos da Classe Cliente

Atributo	Descrição
RazãoSocial	Razão Social do cliente.
Contato	Nome da pessoa de contato na empresa.
Telefone	Telefone de contato

Semântica:

1. Uma instância da classe Cliente pode estar associada a zero ou mais instâncias da classe PedidoItem.

Classe PedidoItem

Nesta classe, são cadastrados os pedidos dos clientes. Como já foi visto nos capítulos anteriores, em produção repetitiva, os pedidos dos clientes geralmente são atendidos através de produtos já acabados, mas isso não é uma regra e esta classe de pedidos se faz necessária para atender a novas demandas dos consumidores. Os atributos desta classe estão descritos na tabela A2.

TABELA A2 – Atributos da Classe PedidoItem

Atributo	Descrição
Quantidade	Quantidade Pedida.
DataPedido	Data que o pedido foi feito.
DataPrevEntrega	Data prevista para entrega do item.

Semântica:

1. Uma instância da classe PedidoItem está associada a uma e somente uma instância da classe Cliente.
2. Uma instância da classe PedidoItem está associada a uma e somente uma instância da classe PlanoMestre.
3. Uma instância da classe PedidoItem está associada a uma e somente uma instância da classe Item.

Classe PrevisãoDemanda

Nesta classe são cadastrados os dados referentes a previsão de demanda. Estes dados são baseados em históricos de outros anos e previsões de aumento, manutenção

ou diminuição de produção que são estabelecidos pelo setor de PCP- Planejamento e Controle da Produção. Os principais atributos desta classe são descritos na Tabela A3.

TABELA A3 – Atributos da Classe PrevisãoDemanda

Atributo	Descrição
Quantidade	Quantidade prevista de um item.
Data	Data prevista para a necessidade do item.

Semântica:

1. Uma instância da classe PrevisãoDemanda está associada a uma e somente uma instância da classe PlanoMestre.
2. Uma instância da classe PrevisãoDemanda está associada a somente uma instância da classe item.

Classe PlanoMestre

A classe PlanoMestre é responsável por calcular e armazenar os dados referentes a um período de produção. Através da análise de previsão de demanda, dos pedidos em carteira, e da capacidade da fábrica é gerado o plano mestre de produção. Os principais atributos desta classe estão descritos na tabela A4.

TABELA A4 – Atributos da Classe PlanoMestre

Atributo	Descrição
DataPrevistaEntrega	Data prevista para entrega completa do item.
DataInício	Data de início da execução do plano mestre.
DataFim	Data de término da execução do plano mestre.

Semântica:

1. Uma instância da classe PlanoMestre está associada a zero ou mais instâncias da classe ItemFabricado.
2. Uma instância da classe PlanoMestre está associada a zero ou mais instâncias da classe ItemComprado.
3. Uma instância da classe PlanoMestre está associada a uma ou mais instâncias da classe PedidoItem.
4. Uma instância da classe PlanoMestre pode ter uma ou mais instâncias da classe PrevisãoDemanda.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.9 (parte superior da tela), apresentada no capítulo 5.

Classe Item

Um item é qualquer produto único, matéria-prima, peça, componente, embalagem, montagem ou submontagem manufaturado ou comprado. Os itens podem ser comprados, fabricados ou beneficiados. Os itens beneficiados neste modelo serão

considerados itens fabricados, onde os centro de trabalho serão cadastrados como RecursoExterno. Os principais atributos desta classe estão na tabela A5.

TABELA A5 – Atributos da Classe Item

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição do item.
Unidade	Descrição da medida utilizada (peças, Kg, metros, etc.)
CustoUnitário	Custo unitário para fabricação ou compra do item.
LoteTransferência	Quantidade a ser transferida a outros centros de trabalho.
Procedência	Procedência do item. Relata a origem do item, por exemplo, comprado, fabricado, beneficiado, etc.
DataValidade	Data de validade do item. Após esta data o item é considerado obsoleto ou vencido e pode ou não ser removido da classe.
QuantidadeEstoque	Quantidade em estoque do item.
EstoqueMínimo	Valor informado para estoque mínimo deste item. Se o valor for inferior ou igual, deverá ser feita nova compra ou fabricação.
EstoqueMáximo	Utilizado para controle dos estoques.

Semântica:

1. Uma instância da classe Item pode ser especialidade em instâncias da classe ItemComprado ou ItemFabricado.
2. Uma instância da classe Item está associada a zero ou mais instâncias da classe PrevisãoDemanda.
3. Uma instância da classe Item está associada a zero ou mais instâncias da classe PedidoItem.
4. Uma instância da classe Item está associada a uma e somente uma instância da classe Família.
5. Uma instância da classe Item está associada a zero ou mais instâncias da classe ParâmetroFamília.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.9, apresentada no capítulo 5.

Classe ItensPlanoMestre

Um plano mestre pode ter mais de um item fabricado, assim como um item fabricado pode estar associado a vários planos mestre. Desta forma, para modelar corretamente o relacionamento entre as classes PlanoMestre e ItemFabricado, uma classe auxiliar foi criada para guardar os atributos de ligação entre uma classe e outra. Estes atributos podem ser vistos na tabela A6.

TABELA A6 – Atributos da Classe ItensPlanoMestre

Atributo	Descrição
InícioPrimeira	Data/Hora de início da primeira unidade de cada item a ser fabricado. Este valor pode ser preenchido pelo sistema.
FimPrimeira	Data/Hora de término da primeira unidade de cada item a ser fabricado. Este valor pode ser preenchido pelo sistema.

InícioÚltima	Data/Hora de início da última unidade de cada item a ser fabricado. Este valor pode ser preenchido pelo sistema.
FimÚltima	Data/Hora de término da última unidade de cada item a ser fabricado. Este valor pode ser preenchido pelo sistema.
DiasProcessamento	Em quantos dias de processamento o item estará concluído. Calculado pelo sistema.
QuantidadeDia	Quantidade diária a ser produzida. Calculado pelo Sistema.
QuantidadeTotal	Quantidade total de cada item produzido.
Observação	Observações sobre o item.

Semântica:

1. Uma instância da classe ItensPlanoMestre está associada a uma e somente uma instância da classe PlanoMestre;
2. Uma instância da classe ItensPlanoMestre está associada a uma e somente uma instância da classe ItemFabricado;

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.7 (parte inferior da tela), apresentada no capítulo 5.

Classe ItemComprado

Uma das especializações da classe Item é a classe de ItemComprado, que armazena informações sobre os itens comprados na fábrica. Os principais atributos desta classe são descritos na tabela A7.

TABELA A7 – Atributos da Classe ItemComprado

Atributo	Descrição
PrazoAquisição	Prazo para aquisição do item.
Densidade	Quantidade de unidades usadas na fabricação que correspondem a uma unidade de compra. Ex: comprado em Kg e utilizado em metros.
Valor	Valor do item comprado.
UnidadeMonetária	Unidade monetária do item usada para a compra.
FormaPagamento	Forma de pagamento: à vista, a prazo ou faturado.
Prioridade	Nível de urgência na compra deste item.

Semântica:

1. Esta classe é uma especialização da classe Item. Existe o conceito de herança.
2. Uma instância da classe ItemComprado está associada uma ou mais instâncias da classe ReqCompraMaterial.
3. Uma instância da classe ItemComprado está associada a um ou mais fornecedores.
4. Uma instância da classe ItemComprado está associada a zero ou mais instâncias da EstruturaProduto.

Classe ItemFabricado

Uma das especializações da classe Item é a classe de ItemFabricado, que armazena informações sobre os itens que são fabricados. Para se fabricar algum item sempre é necessário analisar a capacidade da fábrica e se existe matéria-prima para a fabricação. Os principais atributos desta classe são descritos na tabela A8.

TABELA A8 – Atributos da Classe ItemFabricado

Atributo	Descrição
NúmeroSérie	Número atribuído a cada ocorrência do item ou lote.
DataInício	Data prevista para o início da fabricação do item.
DataTérmino	Data prevista para a finalização da fabricação do item.
AtividadePai	Em qual atividade do item pai este item faz parte do produto final.
VendaItem	Analisa se o item é para venda (produto final) ou é um componente da estrutura.
ValorVenda	Valor de venda do item caso VendaItem seja afirmativo.

É importante salientar que nem todos os itens fabricados são itens finais, muitos fazem parte da estrutura do produto e são usados como componentes de um item fabricado.

Semântica:

1. Uma instância da classe ItemFabricado é uma especialização de uma instância da classe Item. Existe o conceito de herança;
2. Uma instância da classe ItemFabricado está associado a zero ou mais instâncias da classe EstruturaProduto nos papéis de pai e filho dentro da estrutura;
3. Uma instância da classe ItemFabricado está associado a uma ou mais instância da classe Linha;
4. Uma instância da classe ItemFabricado está associado a uma ou mais instância da classe Atividade;
5. Uma instância da classe ItensFabricado está associada a zero ou mais instâncias da classe CentroTrabalho;

Classe Família

Conforme [SCH98], a entrada dos requisitos de um item são o guia para as atividades de produção da empresa. Portanto, a tarefa mais importante da empresa é preencher de forma adequada tais requisitos.

A partir da especificação dos produtos a serem fabricados, a indústria é responsável por mapear os requisitos funcionais especificados em requisitos técnicos de acordo com os propósitos interno da empresa. Uma das formas para modelar cada produto a ser produzido é usar a parametrização dos itens.

A parametrização é uma forma de expressar os aspectos comuns e as variações de um mesmo objeto [GAR98]. Inicialmente, todos os itens são classificados em famílias. Esta classificação é realizada em função das características físicas, similares apresentadas entre os itens.

Os principais atributos da classe Família podem ser vistos na tabela A9.

TABELA A9 – Atributos da Classe Família

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição da família.
PesoUnidade	Peso por unidade de engenharia.
Densidade	Quantidade de unidades de engenharia que correspondem a uma unidade de compra.

Semântica:

1. Uma instância da classe Família está associada a uma ou mais instâncias da classe Parâmetro.
2. Uma instância da classe Família está associada a uma ou mais instâncias da classe Item.

Classe Parâmetro

Para cada família de itens é associado um número de parâmetros identificadores, que quando associados a valores, descrevem as características de cada item da família. Como exemplo, a família de parafusos pode ter como parâmetros o material, a espessura, o tipo, etc.

Os principais atributos da classe Parâmetro podem ser vistos na tabela A10.

TABELA A10 – Atributos da Classe Parâmetro

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição do parâmetro.
TipoParâmetro	Indica se o parâmetro é numérico, alfanumérico, caracter, etc.

Semântica:

1. Uma instância da classe Parâmetro está associada a zero ou mais instâncias da classe Família.

Classe ParâmetroFamília

Uma família de itens pode apresentar mais de um parâmetro, assim como um parâmetro pode estar associado a várias famílias. Desta forma, para modelar corretamente o relacionamento entre as classes Família e Parâmetro, uma classe auxiliar foi criada para guardar os atributos de ligação entre uma classe e outra. Estes atributos podem ser vistos na tabela A11.

TABELA A11 – Atributos da Classe ParâmetroFamília

Atributo	Descrição
Descrição	Comentário da funcionalidade de um parâmetro dentro da família.

Semântica:

1. Uma instância da classe ParâmetroFamília está associada a uma instância da classe Família.
2. Uma instância da classe ParâmetroFamília está associado a uma instância da classe Parâmetro.
3. Uma instância da classe ParâmetroFamília está associado a uma ou mais instâncias da classe Item.

Classe ValorParâmetro

Todo parâmetro recebe um valor de acordo com o item que está utilizando este parâmetro. Um parâmetro de uma família pode fazer parte de mais de um item desta família, como um item pode ter vários parâmetros da família. Desta forma pelos mesmos motivos relatados anteriormente optou-se pela criação de atributos de ligação para valorar os parâmetros de um item.

Os principais atributos da classe ValorParâmetro podem ser vistos na tabela A12.

TABELA A12 – Atributos da Classe ValorParâmentro

Atributo	Descrição
Valor	Valor informado ao parâmetro.
Obs	Comentário sobre o parâmetro.

Semântica:

1. Uma instância da classe ValorParâmetro está associada a uma instância da classe Item;
2. Uma instância da classe ValorParâmetro está associada a uma instância da classe ParâmetroFamília.

Classe EstruturaProduto

A Classe EstruturaProduto armazena informações sobre as estruturas de cada produto, ou seja, sobre todos os itens filhos responsáveis pela fabricação do item pai.

Os principais atributos da classe EstruturaProduto podem ser vistos na tabela A13.

TABELA A13 – Atributos da Classe EstruturaProduto

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição do Item filho. Este item é igual ao especificado na classe de itens.
Quantidade	Quantidade de itens filhos por itens pai.
DataInício	Data de início da efetividade do item na estrutura.

DataFinal	Data em que este item se tornará obsoleto na estrutura.
Posição	Posição do filho no item pai, pois pode haver itens filhos em posições diferentes no item pai.
Status	Referente a origem do item: fabricado, comprado ou beneficiado.
Tipo	Tipo do item.
Comentários	Comentário sobre o item. Podem ser instruções do planejamento ou para o pessoal de chão-de-fábrica.

Um item pode ou não ter uma estrutura de produto, assim como um item pode participar de mais de uma estrutura de produto.

Semântica:

1. Uma instância da classe EstruturaProduto está associada a uma ou mais instâncias da classe ItemComprado;
2. Uma instância da classe EstruturaProduto está associada a uma ou mais instâncias da classe Item ItemFabricado, no papel de pai e filho.

Classe Linha

Cada linha de produção é responsável pela fabricação de um ou mais itens e possui um ou mais centros de trabalho. Os principais atributos da classe Linha podem ser vistos na tabela A14.

TABELA A14 – Atributos da Classe Linha

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição da atividade.
LeadTime	Duração da atividade independente da ocupação do centro de trabalho. Inclui o tempo de espera em filas do centro de trabalho.
Setup	Tempo gasto, em horas, para preparar o centro de trabalho para execução desta atividade.
Folga	Distância entre o final de uma atividade e o início da próxima.
TempoInício	Hora de início de operação da linha.
TempoFinal	Hora de parada de operação da linha.

Semântica:

1. Uma instância da classe Linha está associada a uma ou mais instâncias da classe CentroTrabalho;
2. Uma instância da classe Linha está associada a uma ou mais instâncias da classe ItemFabricado.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.7 (parte superior da tela), apresentada no capítulo 5.

Classe ItensLinha

Uma linha pode produzir mais de um item, assim como um item pode ser fabricado por mais de uma linha. Desta forma, para modelar corretamente o relacionamento entre as classes ItemFabricado e Linha, foi criada a classe de ItensLinha para guardar os atributos de ligação entre uma classe e outra. Estes atributos podem ser vistos na tabela A15.

TABELA A15 – Atributos da Classe ItensLinha

Atributo	Descrição
DataInício	Data/Hora de início da fabricação do item na linha.
DataFinal	Data/Hora de término da fabricação do item na linha.
LeadTime	Duração da atividade independente da ocupação do centro de trabalho. Inclui o tempo de espera em filas do centro de trabalho. Para itens com <i>Lead Time</i> variável.
Setup	Tempo de <i>Setup</i> da linha.
Folga	Distância entre o final de uma atividade e o início da próxima. Para itens com a folga variável.
PrimCentroTrab	Primeiro centro de trabalho desta linha.

Semântica:

1. Uma instância da classe ItensLinha está associada a uma instância da classe Linha;
2. Uma instância da classe Linha está associada a uma instância da classe ItemFabricado.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.8 (parte superior da tela), apresentada no capítulo 5.

Classe CentroTrabalho

Um centro de trabalho de uma linha pode ser utilizado para execução de várias atividades. Um centro de trabalho pode ser especializado nas classes Máquina, Ser Humano e RecursoExterno. Os principais atributos podem ser vistos na tabela A16.

TABELA A16 – Atributos da Classe CentroTrabalho

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição do centro de trabalho
CustoHora	Custo de cada hora do centro de trabalho.
Capacidade	Capacidade do centro de trabalho.
Crítico	Indica se o centro é crítico ou não.

Semântica:

1. Uma instância da classe CentroTrabalho está associada a uma instância da classe Linha;
2. Uma instância da classe CentroTrabalho está associada a zero ou mais instâncias da classe ItemFabricado.
3. Uma instância da classe CentroTrabalho está associada a uma ou mais instâncias da classe Atividade.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.5 (parte inferior da tela), apresentada no capítulo 5.

Classe ItensCentroTrabalho

Um centro de trabalho pode produzir mais de um item, assim como um item pode ser fabricado por mais de um centro de trabalho. Como visto anteriormente, para modelar corretamente o relacionamento entre as classes CentroTrabalho e ItensPlanoMestre, foi criada a classe de ItensCentroTrabalho para guardar os atributos de ligação entre uma classe e outra. Estes atributos podem ser vistos na tabela A17.

TABELA A17 – Atributos da Classe ItensCentroTrabalho

Atributo	Descrição
TempoPreparo	Tempo gasto no preparo do centro de trabalho.
TempoTrabalho	Tempo de operação do centro de trabalho.
ProxCentroTrab	Próximo centro de trabalho na linha.

Semântica:

1. Uma instância da classe ItensCentroTrabalho está associada a uma instância da classe CentroTrabalho;
2. Uma instância da classe ItensCentroTrabalho está associada a uma e somente uma instância da classe ItemFabricado.

A implementação desta classe pode ser vista na figura 5.8 (parte inferior da tela), apresentada no capítulo 5.

Classe Máquina

Os principais atributos da classe Máquina podem ser vistos na tabela A18.

TABELA A18 – Atributos da Classe Máquina

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição da máquina.
Disponibilidade	Disponibilidade da máquina.

Semântica:

1. A classe Máquina é uma especialização da classe CentroTrabalho.

Classe SerHumano

Os principais atributos da classe SerHumano podem ser vistos na tabela A19.

TABELA A19 – Atributos da Classe SerHumano

Atributo	Descrição
Nome	Nome da pessoa.

HorasDia	Número de Horas/Dia que a pessoa está trabalhando.
Horário	Horário que a pessoa esta na fábrica.
Especialidade	Especifica as especialidades e/ou atividades que a pessoa sabe fazer para que caso necessário, seja utilizada.

Semântica:

1. Uma classe SerHumano é uma especialização da classe CentroTrabalho.

Classe RecursoExterno

A função da classe RecursoExterno é armazenar todas as informações sobre os centros de trabalho externos utilizados para os itens beneficiados (feitos fora da empresa).

Os principais atributos da classe RecursoExterno podem ser vistos na tabela A20.

TABELA A20 – Atributos da Classe RecursoExterno

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição do centro de trabalho externo.
Localização	Localização do centro de trabalho externo.

Semântica:

1. Uma classe RecursoExterno é uma especialização da classe CentroTrabalho.

Classe Atividade

Esta classe armazena as atividades de cada item nos seus respectivos centros de trabalho. Um item, em um centro de trabalho, pode sofrer uma ou mais atividades. Um mesmo centro de trabalho pode ser utilizado para execução de várias atividades.

Os principais atributos da classe Atividade podem ser vistos na tabela A21.

TABELA A21 – Atributos da Classe Atividade

Atributo	Descrição
Descrição	Descrição da atividade
Folga	Tempo entre o final de uma atividade e o início da próxima.
Duração	Duração de cada atividade.

Semântica:

1. Uma instância da classe Atividade está associada a uma instância da classe ItemFabricado;
2. Uma instância da classe Atividade está associada a uma ou mais instâncias da classe CentroTrabalho.

3. Uma instância da classe Atividade está associada a uma ou mais instâncias da classe AtividadePrecedente sob dois papéis: atual e precedente.

Classe AtividadePrecedente

A classe de atividades pode estar associada às atividades precedentes. É importante saber a ordem em que as atividades devem ser executadas, assim como saber se as anteriores já foram concluídas para o início da atividade atual. Inicialmente, a classe de atividade precedente armazena o identificador da atividade e o identificador da atividade precedente a ela e uma breve descrição. De acordo com a implementação, novos atributos poderão surgir.

Os principais atributos da classe AtividadePrecedente podem ser vistos na tabela A22.

TABELA A22 – Atributos da Classe AtividadePrecedente

Atributo	Descrição
Descrição	Breve descrição referente a atividade e sua precedente.

Semântica:

1. Uma instância da classe AtividadePrecedente está associada a uma, e somente uma instância da classe Atividade sob dois papéis: atividade atual e atividade precedente.

Classe AtividadeCentro

Um centro de trabalho pode ser utilizado para execução uma ou mais atividades, assim como uma atividade pode ser executada por um ou mais centros de trabalho. Como já visto anteriormente, este tipo de relacionamento gera os atributos de ligação, transformados em classes. Inicialmente, esta classe não possui atributos, podendo ser adicionados durante a implementação.

Classe ReqCompraMaterial

Com base nas necessidades líquidas dos itens são feitas as Requisições de Compra de Material – RCM.

Os principais atributos da classe ReqCompraMaterial podem ser vistos na tabela A24.

TABELA A24 – Atributos da Classe ReqCompraMaterial

Atributo	Descrição
Estado	Estado da RCM – Req. De Compra de Material.
DataPrevista	Data prevista para chegada deste item.
Quantidade	Quantidade desejada deste item.

Semântica:

1. Uma instância da classe ReqCompraMaterial está associada a uma ou mais instâncias da classe ItemComprado.
2. Uma instância da classe ReqCompraMaterial está associada a uma ou mais instâncias da classe ItemCompra.

Classe OrdemCompra

Após a geração de uma ReqCompraMaterial, esta é enviada para o setor de compras, que irá gerar ordens de compra para suprir as ReqCompraMaterial.

Os principais atributos da classe OrdemCompra podem ser vistos na tabela A25.

TABELA A25 – Atributos da Classe OrdemCompra

Atributo	Descrição
EstadoOrdem	Estado da ordem de compra. Pode ser: Aberta, fechada, etc.
Valor	Valor total da ordem de compra.

Semântica:

1. Uma instância da classe OrdemCompra agrega uma ou mais instâncias da classe ItemCompra;
2. Uma instância da classe OrdemCompra está associada a uma instância da classe Fornecedor.

Classe ItemCompra

Os principais atributos da classe ItemCompra podem ser vistos na tabela A26.

TABELA A26 – Atributos da Classe ItemCompra

Atributo	Descrição
QuantidadeDesejada	Atributo inicialmente valorado de acordo com a RCM.
DataDesejada	Atributo inicialmente valorado de acordo com a RCM.
QuantidadeRecebida	Quantidade recebida do item.
DataRecebimento	Data de recebimento do item.

Semântica:

1. Uma instância da classe ItemCompra é um agregado de OrdemCompra;
2. Uma instância da classe ItemCompra está associada a uma instância da classe ReqCompraMaterial.

Classe Fornecedor

Uma ordem de compra sempre é emitida para um fornecedor. A classe Fornecedor é uma classe auxiliar, assim como a classe Cliente, mas necessária para mapear os relacionamentos entre itens e ordens de compra. Desta forma, somente alguns atributos desta classe foram descritos e podem ser vistos na tabela A27.

TABELA A27 – Atributos da Classe Fornecedor

Atributo	Descrição
RazãoSocial	Razão Social do fornecedor.
Contato	Nome de um contato do fornecedor.
Fone	Telefone para contato.

Semântica:

1. Uma instância da classe Fornecedor está associada a uma ou mais instâncias da classe ItemComprado.
2. Uma instância da classe Fornecedor está associada a zero ou mais instâncias da classe OrdemCompra.

Classe FornecedorItem

Um fornecedor pode fornecer vários itens, assim como um item pode ser fornecido por vários fornecedores. Para mapear corretamente os atributos deste relacionamento foi criada a classe FornecedorItem.

Os principais atributos da classe FornecedorItem podem ser vistos na Tabela A28.

TABELA A28 – Atributos da Classe FornecedorItem

Atributo	Descrição
Valor	Custo do item.
PrazoEntrega	Prazo de entrega para o item.
FormaPagamento	Condições de pagamento oferecidas por este fornecedor.

Semântica:

1. Uma instância da classe FornecedorItem está associada a uma instância da classe Fornecedor;
2. Uma instância da classe FornecedorItem está associada a uma instância da classe ItemComprado.

Anexo 2 Modelo E-R Normalizado

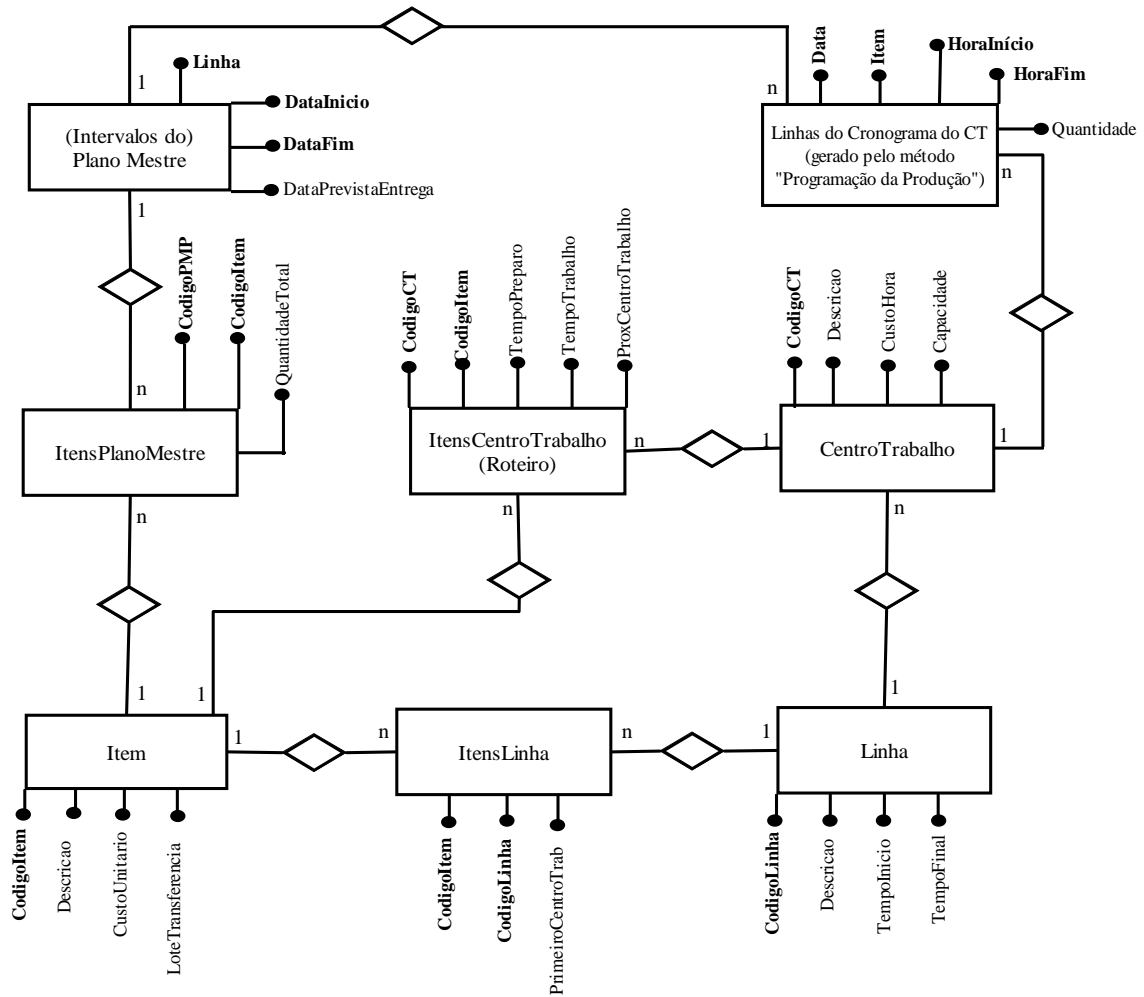


FIGURA A2.1 Modelo E-R normalizado usado para implementação

Bibliografia

- [API99] APICS – American Production and Inventory Control Society. **Repetitive Manufacturing**. Disponível em: <<http://www.apics.org>>. Acesso em: 19 nov. 2000.
- [API90] APICS. **Repetitive Manufacturing Reprints**. [S.l.]: The Library of American Production, 1990. 207 p.
- [BAT97] BATOCCHIO, A. **Manufatura Integrada por Computador**. Passo Fundo: Curso de Pós-graduação em Automação Industrial da UPF, 1997. Apostila de Aula.
- [BOO99] BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar. **The Unified Modeling Language User Guide**. New York: Addison-Wesley, 1999.
- [BER97] BERNARDI, G. **Características dos Sistemas de Informação para a Gestão da Produção One-of-a-Kind**. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, 1997. p. 13-18 (TI – 657).
- [BER90] BERTRAND, J.W.M.; WORTMANN, J.C.; WIJNGAARD, J. Information systems. In: **Production Control – A Structural and Design-Oriented Approach**. Amsterdam: Elsevier, 1990.
- [BIN95] BING, W.X. **Planejamento e Controle da Produção Moderna**. Passo Fundo: Curso de Especialização em Automação Industrial, 1995. Apostila de Aula.
- [CAM90] CAMPOS, J.; COLOM, J.M.; SILVA, M. Performance Evaluation on Repetitive Automated Manufacturing Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING, 1990. **Proceedings...** New York: Ed. Troy, 1990.
- [CHA95] CHASE, R.B.; AQUILANO, N.J. **Production and Operation Management: manufacturing and Services**. 7th ed. Chicago: Ed. Irwin, 1995.
- [CIN90] CINCOM Systems, **Repetitive Manufacturing Control: User Manual** Cincinnati. [S.l.:s.n.], 1990.
- [CLE92] CLEMENT, J.; COLDRICK, A.; SARI, J. **Manufacturing data structures: building foundations for excellence with bills of material and process information**. Atlanta: Oliver Wight, 1992.
- [COP98] COPICS. **COPICS Repetitivo: Manual**. [S.l.:s.n.], 1998.
- [DET93] DE TONI, A.; PANIZZOLO, R. Operation Management Techniques in

Intermittent and Repetitive Manufacturing: a Conceitual Framework. **International Journal of Operations and Production management**, Chicago, v. 8, n.5, p. 500-508, 1993.

- [DIA97] DIAS, M.A. **Administração de Materiais**: Administração da produção. [S.l.]: 1997. p.126-142;130-156.
- [ELS96] ELSTER, B. **Repetitive Requeriments for MRPII Software Systems**. Reprinted from the Repetitive Manufacturing SIG NEWS, 1996. Disponível em: <<http://www.apics-houston.org/apics/may96/book.html>>. Acesso em: 12 dez. 1999.
- [FOW2000] FOWLER, Martin; SCOTT, Kendall. **UML Essencial**: um breve guia para a linguagem-padrão de modelagem de objetos. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- [GLO2000] GLÓVIA. **Glovia.com/5 Repetitive Manufacturing**. [S.l.]: Glóvia Applications. Disponível em: <[Http://www.glovia.com/prod/production/repetitive.htm](http://www.glovia.com/prod/production/repetitive.htm)>. Acesso em: 16 nov. 2000.
- [GUE85] GUESS, V.C. **APICS training aid**: bills of material. Alexandria: American Production and Inventory Control Society, 1999.
- [HAN96] HANSEN, P.B. **Um método multicriterial de avaliação e gestão de processos produtivos da indústria de propriedade contínua**. Porto Alegre: Engenharia da Produção/UFRGS, 1996. Dissertação de Mestrado.
- [HUB97] HUBBARD, D.T.; TAYLOR, S.G.; BOLONDER, S.F. Process Flow Scheduling in a High-Volume Repetitive Munufacturing Enviroment. **Production and Inventory Management Journal**, Toronto, v. 6, n.7, p. 130-141, 1998.
- [LAR2000] LARMAN, Craig. **Utilizando UML e padrões**: uma introdução à análise e ao projeto orientado a objetos. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- [LAY97] LAYDEN, J. **Sign of the Times**. Wheaton: Manufacturing Systems. 1997.
- [KEW2000] KEWILL. **Kewill – MFW**: Kewill - Multi-carrier Shipping Automation Solutions. Disponível em: <<http://www.kewill.com/products/mfw/>>. Acesso em: 25 nov. 2000.
- [MAR97] MARTINICH, J.S. **Production and Operation Management – An Applied Modern Approach**. New York: John Wiley & Sons, 1997.
- [OLI98] OLIVEIRA, C.B.M. **Estruturação e identificação de produtos em ambientes integrados**. Disponível em: <<http://www.numa.org.br>>. Acesso em: 25 mar. 2000.
- [ORA99] ORACLE APLICATIONS. **Oracle Work in Process Help - Overview of**

- Repetitive Manufacturing. Disponível em:
<[Http://sandbox.aiss.uiuc.edu/oracle/nca/wip/ovwrm.htm](http://sandbox.aiss.uiuc.edu/oracle/nca/wip/ovwrm.htm)>. Acesso em: 16 set. 1999.
- [ORA99a] ORACLE APLICACIONES. **Discrete Versus Repetitive Manufacturing**. Disponível em: <<http://sandbox.aiss.uiuc.edu/oracle/nca/wip/index.htm>>. Acesso em: 18 set.1999.
- [PAL95] PALOMINO, R. C. **Uma abordagem para a Modelagem, Análise e Controle de Sistemas de Produção Utilizando Redes de Petri**. Florianópolis: UFSC, 1995. Dissertação de Mestrado.
- [PAR2000] PARKWOOD. **Parkwood - Repetitive Manufacturing**: Parkwood Computer Services Inc. Disponível em:
<<http://www.parkwoodcs.com/repmfg.html>>. Acesso em: 16 nov. 2000.
- [PET81] PETERSON, J.L. **Petri Net Theory and Modeling of system**. New York: Prentice-Hall, 1981.
- [PIN99] PINEDO, M.; CHAO, X. **Operations Scheduling with Applications in Manufacturing and Services**. Netherlands: McGraw-Hill, 1999. p. 209-233.
- [QUA2000] QUATRANI, Terry. **Visual Modeling with Rational Rose and UML ACM's**. Disponível em:
<<http://www.acm.org/crossroads/bookstore/books/prog006.html>>. Acesso em: 06 out. 2000.
- [RAT2000] RATIONAL UNIFIED PROCESS. **UML Quick Reference**. UML Resource Center- Quick Reference - UML Documentation. Disponível em:
<<http://www.rational.com/uml/resources/quick/index.jtml>>. Acesso em: 12 ago. 2000.
- [RUM99] RUMBAUGH, James; BOOCH, Grady; JACOBSON, Ivar. **The Unified Modeling Language Reference Manual**. New York: Addison-Wesley, 1999.
- [SAL87] SALERNO, M.S. Automação e processos de trabalho na indústria de transformação. In: ENCONTRO ANUAL ANPOCS, 11.,1987. **Anais...** Águas de São Pedro: ANPOCS, 1987.
- [SCH97] SCHAAP, D. **Scheduling Repetitive Production**. Wheaton: Manufacturing Systems, 1997.
- [SHI88] SHINGO, Shigeo. **Non-Stock production: the Shingo system for continuous improvement**. Cambridge: Productivity Press, 1988.
- [SCH85] SCHROEDER, R.G. **Operation Management**. 2nd ed. New York: MacGrw Hill, 1985.

- [QUI84] QUILLEN, L. D. Repetitive manufacturing information systems. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE APICS, 27., 1984. **Proceedings...** Las Vegas: APICS, 1984. p. 45-54.
- [VIS2000] VISUAL Modeling, UML, Rational Rose. **Rose Architect Magazine**, [S.l.]. Disponível em: <<http://www.rosearchitect.com/>>. Acesso em: 08 set. 2000.
- [WAL99] WALTER, Cláudio. **Modelagem e Análise de Sistemas de Manufatura**. 2. ed. Porto Alegre: PPGEP da UFRGS, 1998. Apostila de aula.