

# CAPÍTULO V

## Planeamento das Necessidades de Materiais

Este capítulo tem como objectivo dar a conhecer a técnica MRP, os princípios em que se baseia, a sua lógica de funcionamento, seu enquadramento nos sistemas de planeamento e controlo da produção, vantagens e desvantagens, etc.. Além disso também se apresenta neste capítulo, os tipos de informação de entradas necessárias para o processamento do MRP, entre os quais as listas de materiais e o Planeamento Director de Produção. Alguns exemplos de aplicação do MRP são apresentados para clarificar a sua lógica de processamento e no final do capítulo são propostos alguns exercícios práticos.

### 5.1 Introdução

O planeamento dos requisitos ou das necessidades de materiais consiste em criar condições para que os materiais necessários para fabrico e/ou montagem de produtos intermédios, módulos, opções ou produtos finais, existam em quantidade, qualidade e no momento apropriado por forma a garantir os compromissos de entregas. A título de exemplo: Sabendo que é necessário entregar no dia 10, uma quantidade de 50 computadores, e sabendo que a montagem demora 2 dias, é necessário garantir que no dia 8 haja, preparados para montagem, 50 teclados, 50 placas-mãe, 50 ratos, etc.. Ora, este caso simples pode ser levado a cabo apenas usando as capacidades de memória e organização de uma pessoa. No entanto, se considerarmos centenas de encomendas de produtos diferentes e com necessidades de materiais também diferentes, é fácil notar que se torna muito mais complexo garantir que todos os materiais estarão disponíveis quando necessário.

Uma forma de resolver os problemas de planeamento das necessidades de materiais passa por ter em armazém grandes quantidades de todos os materiais necessários e assim garantir que nunca haverá falta de qualquer material para fabrico e/ou montagem. Esta tática, embora parecendo eficaz tem os seus problemas. Em primeiro lugar há materiais que se deterioram com o tempo, em segundo lugar aconteceria certamente que alguns materiais ao deixarem de ter procura ficariam indefinidamente em armazém e por último, tal tática ficaria extremamente dispendiosa.

Tradicionalmente, e para minimizar os custos de armazenagem, criaram-se modelos de gestão de *stocks* (em português: gestão de inventários) com o objectivo de garantir a satisfação da procura. A aplicação destes modelos não resulta eficiente na maior parte dos sistemas produtivos existentes pois não reflectem adequadamente a realidade dos ambientes produtivos (Orlicky 1975). No entanto hoje, e com a disponibilidade de computadores a preços acessíveis, outras técnicas foram desenvolvidas para levar a cabo, mais economicamente, a tarefa de planeamento das necessidades de materiais. Uma das técnicas mais famosas e mais utilizadas é a técnica MRP. É no entanto importante notar que alguns modelos de gestão de inventários são ainda hoje usados com vantagens competitivas no planeamento de alguns tipos de materiais.

Joseph Orlicky, considerado por muitas autoridades da matéria, como o pai do MRP moderno, trata o MRP como “Revolução Copérnica”. A diferença entre o MRP e as abordagens tradicionais do planeamento e controlo da produção são como a diferença entre a terra andar à volta do sol e o sol andar à volta da terra. Para empresas que fazem montagem de produtos finais a partir de componentes produzidos em lotes, MRP é a pedra angular para a criação de planos detalhados das necessidades.

## 5.2 Conceitos

### 5.2.1 Os Inventários nos sistemas produtivos

Uma grande parte dos tipos de armazenagem existentes nos sistemas produtivos apresentam características que pouco ou nada tem em comum com os modelos clássicos de gestão de inventários. É frequente notar que a aplicação de tais modelos à gestão dos inventários típicos dos sistemas produtivos resulta em fracasso. Um dos principais problemas advém da natureza da procura dos itens em causa. Os inventários típicos de um sistema produtivo são os seguintes :

- Armazenamento de matérias primas
- Armazenamento de componentes semiacabados
- Armazenamento de componentes acabados
- Armazenamento de subconjuntos para montagem
- Armazenamento de componentes em curso de fabrico
- Armazenamento de subconjuntos para montagem em curso de fabrico
- Armazenamento de produtos acabados

Num ambiente produtivo, a gestão de inventários não pode ser considerada separadamente da gestão da produção com a qual está completa e estreitamente relacionada. De acordo com Orlicky (1975), a função do sistema de inventário de um sistema produtivo é o de traduzir o plano director de produção em planos detalhados das necessidades de componentes. Este sistema determina, item por item, o que deve ser produzido e quando. Nada é comprado ou produzido sem que o sistema o dite. Assim, a gestão do inventário está completamente fundida com a gestão da produção. A gestão de inventários faz sentido para produtos cuja procura é directamente relacionada com o cliente final. Assim, produtos de supermercado por exemplo, obedecem a este tipo de procura. Devemos pesar o custo de ter em armazém uma determinada quantidade e o benefício das vendas obtidas pela disponibilidade do produto em causa. Ora isto não é o que se passa na maioria dos sistemas produtivos industriais. Na maior parte dos casos, os clientes fazem encomendas de produtos finais a serem produzidos durante um determinado prazo de entrega.

### 5.2.2 Procura dependente versus procura independente

Diz-se que um item está sujeito a procura independente quando a sua procura não pode ser relacionada com a procura de outro qualquer item. Deste modo a procura deste tipo de item só pode ser prevista e nunca calculada em função da procura de outro item. Os produtos cujo cliente é o consumidor final seguem normalmente os princípios da procura independente e como tal podem ser tratados usando modelos de previsão e os modelos clássicos de gestão de inventários. Exemplos desse tipo de itens são: carros, máquinas de lavar, computadores, meias, relógios, câmaras de vídeo, etc.. Por outro lado, um item está sujeito a procura dependente quando a sua procura é relacionada com a procura de outro item. Exemplos de itens sujeitos a este tipo de procura são infundáveis: A procura de pneus numa fábrica de montagem de automóveis depende directamente da procura de carros, a procura de tecido numa fábrica de confecção de camisas depende da procura de camisas, a procura de memórias numa fábrica de montagem de computadores depende da procura de computadores, etc.. É no entanto importante notar que o mesmo item pode estar sujeito a procura dependente num determinado sistema produtivo e sujeito a procura independente noutra sistema produtivo. Vejamos o exemplo da procura de pneus: no ponto de vista do fabricante de pneus, este item está sujeito a procura independente enquanto que para o fabricante de automóveis este item está sujeito a procura dependente. A procura dependente é calculável e é função da procura de um outro item. Assim, a este tipo de item não faz sentido fazer previsão da procura. Uma alternativa ao uso de modelos de controlo estatístico de inventários aplicados aos itens sujeitos a procura dependente é o MRP. Estes dois tipos de procura devem ter um

tratamento diferente de acordo com o princípio de Orlicky (Courtois et al 1997): “A procura independente pode ser estimada de acordo com previsões. A procura dependente, pelo contrário de ser calculada”.

### 5.3 Definição e Objectivos do MRP

A função de planeamento das necessidades de materiais representa o sistema central da fase 2 da figura 5.1 (Vollmann 1992). Em empresas que preparam planos detalhados de materiais usando MRP, tomam do plano director de produção um grupo de requisitos de produtos finais faseados no tempo e produzem, também faseados no tempo, os requisitos dos componentes ou matérias primas.

A informação de entrada do MRP é dividida em três grupos: (1) plano director de produção, (2) a estrutura do produto ou lista de materiais e (3) o estado do inventário. A lista de materiais (Bill Of Materials) mostra para cada produto final, quais os itens requeridos como componentes directos. O estado do inventário é importante pois é subtraído às quantidades requeridas resultando nas quantidades a produzir ou a comprar. O MRP torna possível a construção das necessidades faseadas no tempo de todo e qualquer componente. Essa informação pode também ser usada como entrada do planeamento de capacidades.

Um sistema MRP presta um papel central no planeamento e controlo de materiais. Ele transforma plano director de produção nos passos individuais detalhados necessários para conseguir satisfazer esse plano. Fornece informação para o desenvolvimento de planos de capacidade e faz a ligação ao sistema fabril que leva de facto a cabo a produção. O MRP combina os dois princípios seguintes: (1) Cálculo da procura dos componentes e (2) faseamento no tempo – segmentação numa escala de tempo, os dados do estado do inventário.

É importante notar que o termo componente será usado aqui para todos os itens que não são produtos finais. Assim, a procura de componentes é sempre uma procura dependente e será sempre gerida pelo sistema MRP.

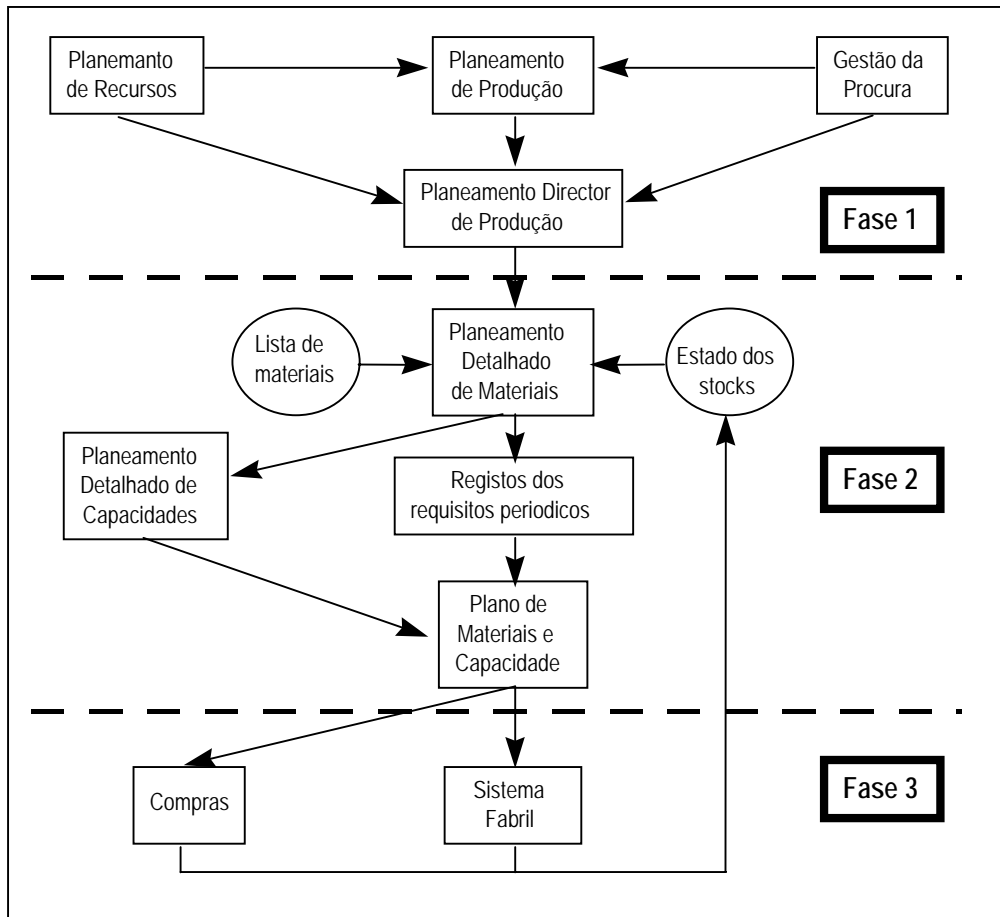


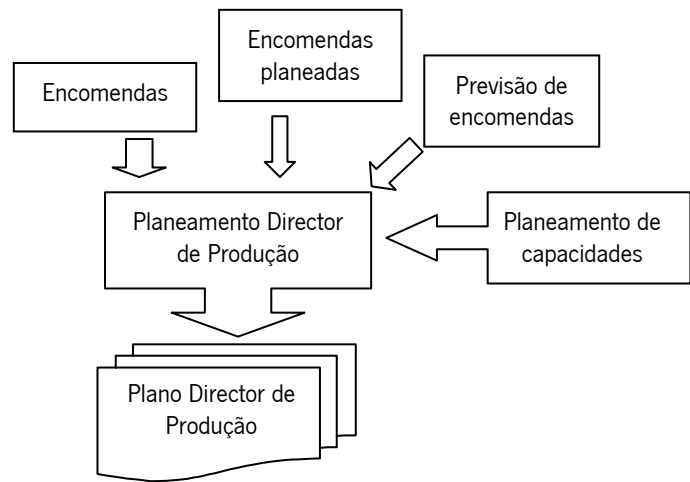
Figura 5.1. Sistema de planeamento e controlo da produção

A técnica MRP, com base no plano director de produção, permite determinar: o que é necessário produzir ou adquirir, quando se deve iniciar a produção ou emitir a aquisição e as quantidades do que é necessário adquirir ou produzir. Todos os sistemas MRP tem um objectivo comum, que é o de determinar os requisitos brutos e líquidos, ou seja, a procura em períodos discretos para cada componente. Esta procura será traduzida em ordens de compra ou em ordens de produção caso se trate de um componente produzido no próprio sistema produtivo ou tenha que ser comprado a um fornecedor.

## 5.4 Entradas e saídas num sistema MRP

### 5.4.1 Plano Director de Produção

O Plano Director de Produção expressa o plano geral de produção. Este plano é expresso em termos de itens finais, que podem ser produtos finais ou módulos para montagem. **Os módulos ou opções para montagem** são usados por forma a que diferentes combinações de montagem possam gerar produtos finais diferentes (ver abaixo o ponto: montagem por encomenda). O período de tempo para o qual é mantido o plano director de produção, o chamado horizonte de planeamento, depende dos prazos de entrega acumulados de todos os componentes. Este horizonte de planeamento normalmente excede ligeiramente os prazos de entrega acumulados de todos os componentes. O plano director de produção é a informação principal de entrada para o sistema MRP, na medida em que a principal função deste é transformar o PDP nas necessidades de cada um dos componentes numa escala de tempo. Os outros tipos de informação de entrada são meros dados de referência necessários para se conseguir a função principal.



**Figura 5.2 – Entradas e saídas no PDP.**

O plano director de produção para um determinado produto final é expresso em unidades do produto em causa a ser processado em cada um dos períodos (ex. semanas) durante um determinado horizonte de planeamento. A forma como esse plano é gerado varia de sistema produtivo para sistema produtivo, sendo função das encomendas existentes em carteira, das encomendas planeadas, da previsão da procura e dos planos de capacidade dos recursos do sistema produtivo (figura 5.2).

O plano director de produção para um determinado produto final é expresso em unidades do produto em causa a ser processado em cada um dos períodos (ex. semanas) durante um determinado horizonte de planeamento. A forma como esse plano é gerado varia de sistema produtivo para sistema produtivo, sendo função das encomendas existentes em carteira, das encomendas planeadas, da previsão da procura e dos planos de capacidade dos recursos do sistema produtivo (figura 5.2).

#### **Tipos clássicos de abordagens ao PDP**

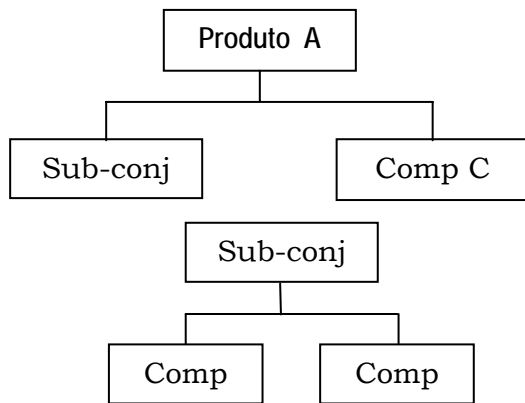
O tipo de PDP depende do tipo de produção, da variedade dos produtos produzidos e dos mercados servidos pela empresa. Há três tipos de abordagens a conhecer: Fabrico para inventário, fabrico por encomenda e montagem por encomenda.

Fabrico para inventário: o plano director de produção é definido em termos de unidades de produtos finais a serem produzidos de forma a satisfazer a procura. As encomendas dos clientes são satisfeitas directamente dos inventários de maneira a obter pequenos prazos de entrega para produtos padrão. Com esta abordagem, a empresa geralmente produz por lotes e mantém em inventário eventualmente todos os artigos acabados. Nestes casos o PDP define quanto e quando os artigos devem ser produzidos.

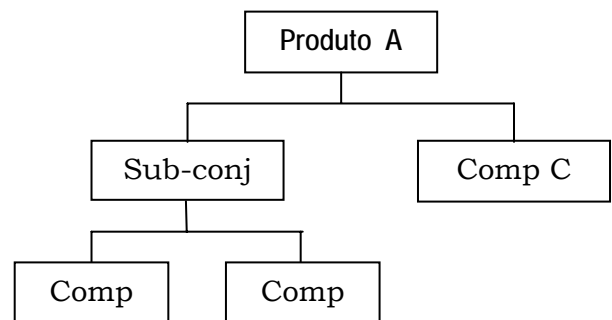
Fabrico por encomenda: tipicamente utilizada quando o produto é produzido segundo especificações do cliente expressas nas encomendas. O sistema de planeamento e controlo da produção (PPC) deve incluir as actividades anteriores à produção propriamente dita, assim como as actividades relacionadas com a produção e fornecimento de materiais. Os prazos de entrega são definidos com base na estrutura do produto (lista de materiais) e na qualidade das matérias primas envolvidas. A utilização de técnicas para a determinação do caminho crítico com base nos dados disponíveis faz com que exista um grande nível de incerteza nos prazos propostos uma vez que cada encomenda é praticamente um caso particular. Nestes casos as

empresas não têm artigos acabados em inventário e a produção é feita para satisfazer encomendas de clientes apenas quando necessário. Este género de produção é geralmente utilizado quando podem existir inúmeros produtos finais diferentes e é praticamente impossível prever as necessidades exactas do cliente. Também os clientes tem que estar dispostos a esperar algum tempo para o projecto do produto e consequente produção. O PDP é difícil de obter na medida em que este deve referenciar artigos cuja estrutura e necessidades de materiais poderá ainda não estar definida.

Montagem por encomenda: esta abordagem é geralmente utilizada quando o produto final é o resultado de uma determinada combinação de montagem de módulos ou opções. Para este caso existem duas fases importantes: a fase de fabrico dos módulos ou opções e a fase de montagem desses módulos para obtenção do produto



**Figura 5.3 – Lista de nível único.**



**Figura 5.4 – Lista de vários níveis.**

encomendado pelo cliente. São mantidos em inventário os módulos ou opções de forma a garantir um prazo de entrega que apenas depende do tempo de montagem. Nestes casos o plano director de produção não refere produtos finais mas sim e apenas os módulos, caso contrário o número de itens definidos no plano poderia ser extremamente elevado.

#### 5.4.2 Lista de materiais

Pode-se dizer, de uma forma simplista, que uma lista de materiais é um documento de engenharia que especifica os ingredientes ou os componentes subordinados requeridos para que se possa obter fisicamente cada produto final ou módulo. A lista de materiais é necessária para que o sistema MRP possa transformar o PDP em planos de necessidades de montagem dos produtos e dos sub conjuntos, fabrico de componentes, compra de componentes, etc.. Uma lista de materiais, designada na bibliografia de língua inglesa por “Bill Of Materials” ou “BOM”, embora contendo a mesma informação, pode ser expressa de várias formas. Um tipo de lista de materiais é a **lista de nível único**. Este tipo de lista apenas abrange os componentes subordinados directos e não os componentes dos componentes (ver figura 5.3). Outro tipo é a **lista de vários níveis** ou lista denteada (“Indented bill”) onde a mesma lista abrange todos os componentes incluindo os componentes dos componentes e por sua vez os componentes desses componentes, etc. (ver figura 5.4). Como se pode observar pelas figuras 5.3 e 5.4 a quantidade de informação é rigorosamente a mesma mas apresentada de forma diferente. Pode-se

Produto A	Produto A
Sub-conj B	Sub-conj B
Sub-conj C	Comp D
Sub-conj B	Comp E
Comp D	Sub-conj C
Comp E	

**Figura 5.5 – Lista de nível único e lista de vários níveis.**

frequentemente encontrar, no lugar das designações dos produtos e componentes, os respectivos esboços para mais fácil serem identificados, pelas várias pessoas intervenientes no sistema produtivo. Esta forma de representação da lista de materiais em diagrama hierárquico é bastante conveniente para os humanos mas é desnecessária quando se pretende armazenar a mesma informação num computador. Neste caso a informação é armazenada de uma forma ligeiramente diferente embora os conceitos de lista de nível único e lista de vários níveis sejam mantidos (ver figura 5.5). Para ambientes de montagem por encomenda, o plano director de produção não pode ser construído com base em produtos acabados, pelo que a definição das unidades do plano director implica o desenvolvimento de listas de materiais especiais tais como listas modulares.

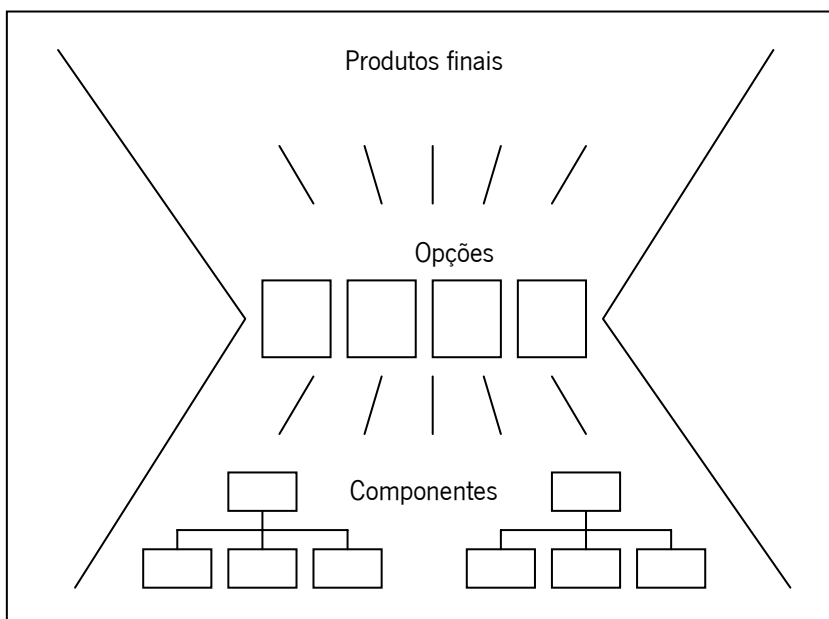
#### *Lista modular de materiais*

Uma das razões importantes do uso da lista de materiais é a de traduzir o PDP em requisitos dos componentes subordinados. Os tipos de lista de materiais definidos até agora mostram as configurações de todos os produtos acabados. Para ambientes de montagem por encomenda, em que pode haver milhares ou até milhões de produtos finais (figura 5.6) pois esses produtos finais são o resultado de diferentes combinações entre opções ou módulos o que torna esta estrutura não exequível. A solução passa por estabelecer o PDP ao nível de módulos ou opções. Cada módulo ou opção fica definido completamente no ficheiro da lista de materiais como uma lista de materiais de nível único. A arquitectura da estrutura da lista modular de materiais faz a ligação

entre os componentes e as opções correspondentes mas não faz a ligação entre estas e os produtos finais. Um exemplo deste tipo de estrutura pode ser encontrada na industria automóvel. Ar condicionado, ABS, tecto de abrir, etc., são opções e devem por isso ser consideradas no PDP pois podemos prever a procura deste tipo de opções nos carros que são os produtos finais. Vamos considerar a opção ar condicionado para um automóvel. A lista de nível único para esta opção mostra este módulo ou opção como consistindo de um dado radiador,

ventoinha, tubos, compressor, parafusos, porcas, etc,. Estes itens não são contudo montados uns com os outros. Eles são montados com outros subconjuntos que eventualmente serão montados no carro.

Este tipo de lista de materiais permite passar a informação sobre a encomenda do cliente para as necessidades de componentes. Também permite estabelecer a procura prevista de determinada opção mas não tem grande utilidade no processo de montagem física das opções. Assim o engenheiro de produção necessita de informação complementar por forma a montar por exemplo o “tablier” do automóvel.



**Figura 5.6 Tipo de produtos obtidos de opções ou**

**Lista de materiais para planeamento**

A reestruturação da lista de materiais para melhor levar a cabo actividades de PDP levou muita gente à conclusão que listas de materiais alternativas tem aplicações adicionais. Um exemplo é a lista de materiais para planeamento cujo principal objectivo está no planeamento e não na forma como o produto é construído. O exemplo mais divulgado da lista de materiais para planeamento é a **super lista**. A super lista escreve as opções ou módulos que constituem o produto final *médio*. Por exemplo, um carro médio da General Motors talvez tenha 0.6 componentes únicos Chevrolet, 2.6 portas, 4.3 cilindros, 0.4 ar condicionados, etc.. Este produto final é impossível de construir, mas esta informação é muito importante para a lista de materiais na lógica do planeamento director. A super lista combina os módulos ou opções com as taxas decimais de utilização para descrever o carro médio. A lógica da lista de materiais força a consistência aritmética nas opções mutuamente exclusivas. Por exemplo, a soma de duas possíveis opções de motores tem de igualar o numero total de carros. Vamos considerar um pequeno exemplo artificial. Uma determinada empresa produz moto cultivadores sob as seguintes opções:

Potência: 3CV, 4CV, 5CV.

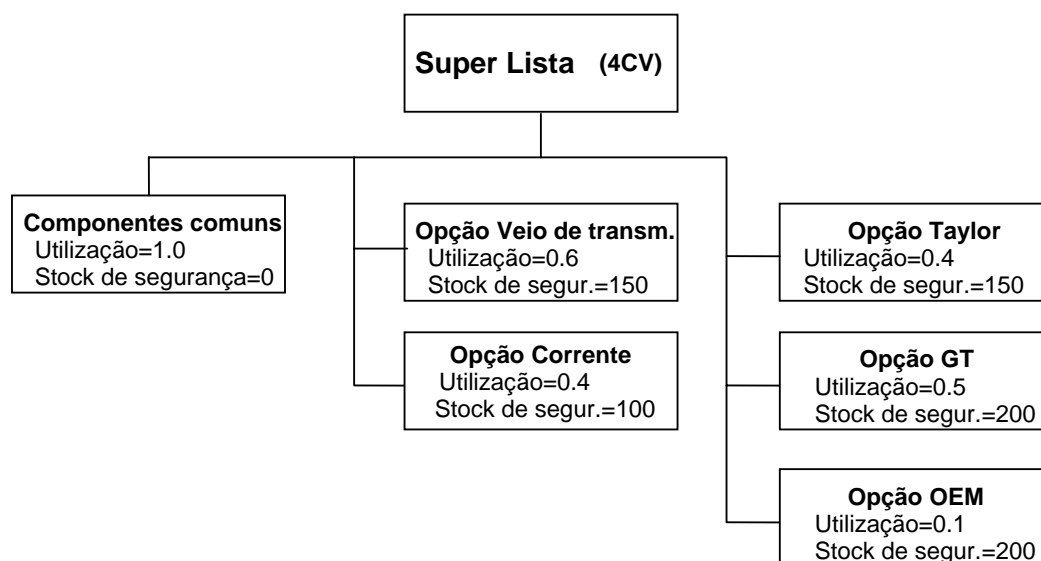
Transmissão: Corrente, veio de transmissão.

Chassi: Taylor, Garden Till, OEM.

O número total de itens finais que é possível construir é de 18 (3\*2\*3). Gerir os produtos finais quereria dizer cada uma das combinações teria de ser prevista. A figura 5.7 mostra uma super lista para moto cultivadores de 4 cavalos. Usando este produto final artificial, moto cultivador médio de 4CV, apenas uma previsão é necessária do *marketing*. Mais importante ainda é que a unidade do PDP pode ser a super lista.

Uma entrada de 1000 unidades da super lista de 4CV para o PDP iria traduzir-se na seguinte lista de materiais: 1000 componentes comuns, 600 opções de veio de transmissão, 400 opções de corrente, 400 chassis Taylor, 500 chassis Garden Till e 100 chassis OEM. O inventário de segurança servem para absorver as variações das necessidades de cada uma das combinações.

Embora em cada 1000 moto cultivadores de 4CV se espere que 600 sejam com veio de transmissão, pode-se prometer até 750 unidades pelo facto de haver inventário de segurança. Apesar desta vantagem do inventário de segurança ainda há a vantagem de que esse inventário é comum a qualquer combinação que tenha a mesma opção.



**Figura 5.7 Super lista do 4CV.**



5.4.3 Estado do inventário

O estado do inventário ou das existências de cada um dos itens existentes nas listas de materiais deve ser conhecido em cada instante para que o sistema MRP possa decidir sobre as quantidades necessárias a produzir ou adquirir de cada item. Manter registos fiáveis do estado do inventário é vital para o bom funcionamento de um sistema MRP. Se alguma entrada ou saída do armazém de algum item não for acompanhada de uma actualização dos ficheiros referentes ao estado do inventário pode por em causa todo o funcionamento eficaz do sistema MRP e conseqüente mente de todo o sistema produtivo.

5.5 O funcionamento do MRP

5.5.1 Registo básico do MRP

No coração do sistema de planeamento e controlo da produção há uma representação universal do estado actual e dos planos para qualquer item singular (referência) quer seja matéria prima, componente, conjunto para montagem ou produto acabado: o registo MRP. Um exemplo de um tal registo apresentado na tabela a seguir. A primeira linha da tabela representa os períodos que podem variar entre um dia, os 3 meses ou até mais. O tamanho dos períodos é específico de cada empresa embora se possa dizer que o período mais usado é a semana. O instante actual é sempre algures entre o início e o fim do primeiro período. O número de períodos nos registos é o chamado **horizonte de planeamento**.

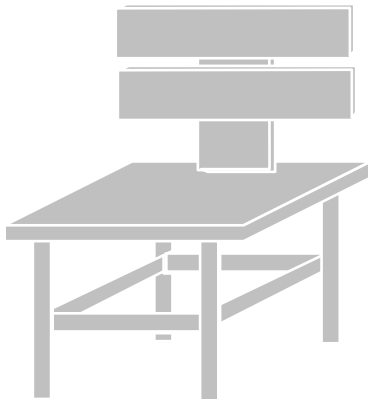
Períodos		1	2	3	4	5
<b>Necessidades brutas</b>			10		40	10
<b>Recepções programadas</b>		50				
<b>inventário disponível</b>	4	54	44	44	4	44
<b>Lançamentos previstos</b>					50	
Prazo de entrega = 1						
Tamanho do lote = 50						

A linha das **Necessidades brutas** representa a procura prevista *durante* cada período. A linha das **Recepções programadas** representa a chegada de encomendas *no início* de cada período.

A linha de **Inventário disponível** representa o estado do inventário corrente e futuro *no fim* de cada período.

A linha de **Lançamentos previstos** representa as ordens de compra / fabrico para o item *no início* de cada período.

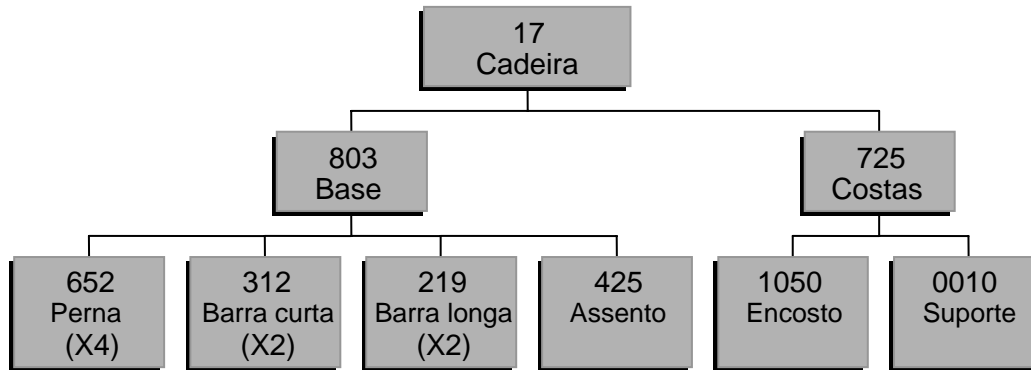
O sistema MRP produz informação sobre o planeamento das encomendas



(lançamentos) em resposta às necessidades brutas usando informação relativa a recepções programadas e estado do inventário. Os lançamentos previstos de encomendas não aparecem nas recepções programadas porque ainda não foram feitos esses lançamentos para produção ou compra. Enquanto a encomenda não for lançada para a produção ou compra, não temos as recepções dessas ordens previstas. Transformar os lançamentos previstos em recepções programadas devem ser feito o

Figura 5.8 O produto final cadeira

quanto mais tarde possível por forma a salvaguardar alterações a serem feitas. O registo básico do MRP apenas descreve a informação correcta para cada item. A ligação de todas os itens é fundamental para a gestão de todas os itens necessários para produtos complexos. Os elementos chave para a ligação desses registos são as listas de materiais, o processo de explosão e prazos de entrega. Vejamos um exemplo de um produto simples (figura 5.8) onde se pode aplicar os conceitos do MRP. A estrutura desse produto cadeira com a referência 17 é apresentada na figura 5.9 segundo os princípios das listas de materiais de vários níveis. A mesma estrutura é apresentada num formato mais informatizável na figura 5.10.



**Figura 5.9 - Diagrama da estrutura do produto.**

Para obter a CADEIRA é necessário comprar ou fabricar os componentes PERNAS, BARRAS CURTAS, BARRAS LONGAS e ASSENTO por forma a montar o conjunto BASE. Por outro lado, da mesma forma é necessária a aquisição ou fabrico dos componentes ENCOSTO e SUPORTE por forma a montar o conjunto COSTAS. Quando ambos os conjuntos COSTAS e BASE estiverem prontos pode-se montar o produto final que é a CADEIRA.

17	CADEIRA
803	BASE
652	PERNA (x 4)
312	BARRA CURTA (x 2)
219	BARRA LONGA (x 2)
425	ASSENTO
725	COSTAS
1050	ENCOSTO
0010	SUPORTE

**Figura 5.10 “Indented bill of materials” - Lista de materiais de vários níveis.**

### 5.5.2 A explosão das necessidades brutas em líquidas

Explosão é o processo de transformar os requisitos de um produto em requisitos de componentes e conjuntos para montagem, levando em linha de conta o estado do inventário e as recepções programadas. Assim, a explosão pode ser vista como o processo da determinação, para cada item, as quantidades dos respectivos componentes requeridos, continuando esse processo para todos os itens até que as necessidades de componentes e/ou matérias primas a comprar ou produzir sejam todas exactamente calculadas.

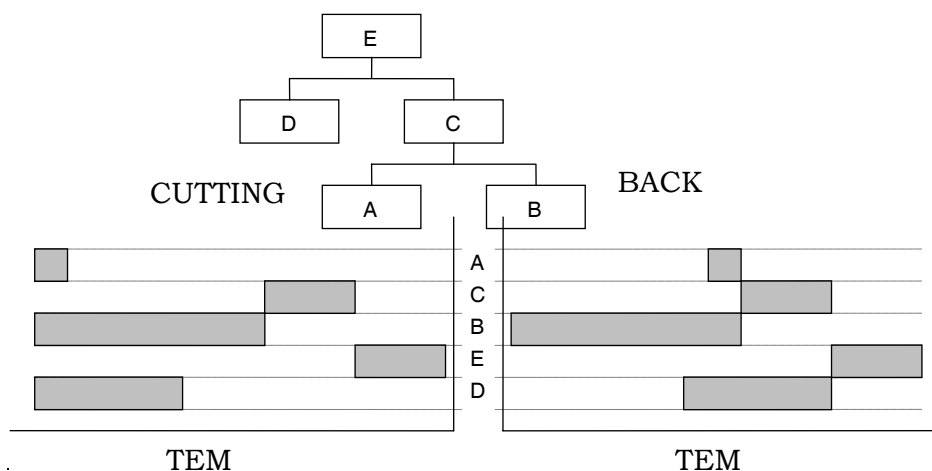
A explosão apenas leva em consideração as quantidades líquidas. Desta forma, apenas estas quantidades fazem a ligação através do sistema. Embora isto pareça como que um objectivo óbvio, a estrutura do produto pode tornar este processo mais complexo do que se pode pensar. Para clarificar este processo de cálculo façamos uma pequena

análise ao quadro da figura 5.11. Para uma encomenda de 90 cadeira, poder-se-ia pensar que as necessidades líquidas de pernas seriam de  $4 \times 90 - 50 - 50 = 260$  pernas pois são necessárias 4 pernas para cada cadeira e existem 50 pernas em inventário e 50 previstas para entrega. Isso não se verifica, como se pode ver na figura 5.11, as necessidades líquidas de pernas são de apenas 60 unidades.

Descrição	Código	Disponível 1	Recepções programadas	Necessidades brutas	Necessidades líquidas
Cadeira	17	15	20	90	55
Costas	725	40	0	55	15
Encosto	1050	3	10	15	2
Suporte	10	10	0	15	5
Base	803	0	15	55	40
Pernas (4)	625	50	50	160	60
Barra curta (2)	312	30	10	80	40
Barra longa (2)	219	30	10	80	40
Assento	425	0	15	40	25

**Figura 5.11 Cálculo das necessidades líquidas.**

A explosão de necessidades brutas em líquidas é o elemento chave dos sistemas MRP. Não só serve para calcular as quantidades exactas como também representa a ligação entre as referências. É a base para o conceito de procura dependente; que é a procura que depende da procura do conjunto ou produto dum nível superior. Por exemplo, a procura de bases depende da procura de cadeiras. As bases são um artigo de procura dependente. Por outro lado a procura independente é a procura que é sujeita a condições externas à empresa. A procura de produtos finais como as cadeiras deste exemplo é uma procura independente. A explosão de necessidades brutas em líquidas (como aparece na figura 5.11) apenas nos diz as quantidades que devemos comprar ou fabricar de cada um dos componentes ou conjuntos, mas nada nos diz acerca de quando é que essas quantidades devem estar prontas. É necessário montar a base antes de poder montar a cadeira. Estas relações são conhecidas como relações de precedência e indicam a ordem pela qual as tarefas devem ser levadas a cabo. Além das precedências também há o problema de quanto tempo leva a produzir ou montar cada um dos componentes ou conjuntos (isto é o prazo de entrega ou tempo de percurso). Para isto vamos introduzir dois conceitos de programação: *cutting* e *back schedule*. Cutting representa a forma tradicional de programação em que se começava a produzir logo que possível como se pode ver na figura 5.12.



**Figura 5.12 Comparação entre as abordagens de Cutting e back schedule.**

A abordagem do *back schedule* é usada pelo MRP e inicia a produção ou montagem dos componentes o mais tarde possível sem deixar de cumprir as datas de entrega. As vantagens da programação em *back schedule* são:

- Redução dos inventários de produtos em fase de acabamento
- Redução do trabalho em progresso
- Adia a aquisição de materiais

**5.5.3 Um exemplo de aplicação do MRP**

Vamos considerar o produto cadeira da figura 5.8, um Plano Director de Produção para cadeiras traduzido em 10, 15, 35, 15 e 15 unidades para os períodos 2, 4, 6, 8 e 10 respectivamente e os dados do quadro da figura 5.13. O prazo de entrega apresentado nesse quadro é expresso em períodos e dita a distância no tempo entre a ordem de compra ou de fabrico e a entrega para cada um dos respectivos itens. O tamanho do lote representa a quantidade mínima que pode ser produzida ou adquirida para cada item, qualquer quantidade acima desse valor pode se lançada para compra, fabrico ou montagem. O inventário de segurança representa por exemplo a precaução dada a incerteza no cumprimento dos prazos de entrega por parte do fornecedor. Nestes casos, o sistema MRP nunca permite que o inventário desse item desça abaixo desse valor, imitando ordens de compra ou fabrico sempre que o inventário possa atingir um nível inferior ao estipulado.

Descrição	Código	Prazo de entrega	Tamanho de lote	Inventário de segurança
Cadeira	17	1	>= 1	-
Costas	725	1	>= 1	-
Encosto	1050	1	>= 1	-
Suporte	10	2	40	-
Base	803	1	>= 1	-
Pernas (4)	625	2	>= 1	40
Barra curta (2)	312	2	40	-
Barra longa (2)	219	2	40	-
Assento	425	1	>= 1	-

**Figura 5.13 Comparação entre as abordagens de Cutting e back schedule.**

O PDP de cadeiras é transformado directamente em necessidades brutas de cadeiras no quadro MRP que se segue:

**17 - Cadeira**

Períodos		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Necessidades brutas			10		15		35		15		15
Recepções programadas			20								
Stock disponível	15	15	25	25	10	10	0	0	0	0	0
lançamentos previstos						25		15		15	

De acordo com o estado do inventário e as recepções programadas resultam os lançamentos previstos para os períodos 5, 7 e 9 apresentados no quadro acima. As necessidades brutas de costas (ver quadro seguinte) são exactamente os lançamentos previstos de cadeiras visto que quando se começar a montagem das 25 cadeiras no início do período 5 é necessário que estejam prontas para montagem 25 costas.

**725 - Costas**

Necessidades brutas					25		15		15	
Recepções programadas										
Stock disponível	40	40	40	40	40	15	15	0	0	0
Lançamentos previstos								15		

**1050 - Encosto**

Necessidades brutas								15		
Recepções programadas			10							
Stock disponível	3	3	3	13	13	13	13	13	0	0
Lançamentos previstos								2		

**10 - Suporte**

Necessidades brutas								15		
Recepções programadas										
Stock disponível	10	10	10	10	10	10	10	10	35	35
Lançamentos previstos							40			

**803 - Base**

Necessidades brutas					25		15		15	
Recepções programadas			15							
Stock disponível	0	0	0	15	15	0	0	0	0	0
lançamentos previstos				10		15		15		

**652 - Perna**

Necessidades brutas				40		60		60		
Recepções programadas			50							
Stock disponível	50	50	50	100	60	60	40	40	40	40
lançamentos previstos				40		40				

**312 - Barra curta**

Necessidades brutas				20		30		30		
Recepções programadas	10									
Stock disponível	30	40	40	40	20	20	30	30	0	0
lançamentos previstos				40						

**425 - Assento**

Necessidades brutas				10		15		15		
Recepções programadas			15							
Stock disponível	0	0	0	15	5	5	0	0	0	0
lançamentos previstos					10		15			

**219 - Barra longa**

Necessidades brutas				20		30		30		
Recepções programadas	10									
Stock disponível	30	40	40	40	20	20	30	30	0	0
lançamentos previstos				40						

**5.6 Aspectos técnicos da utilização do MRP**

*5.6.1 Frequência de processamento*

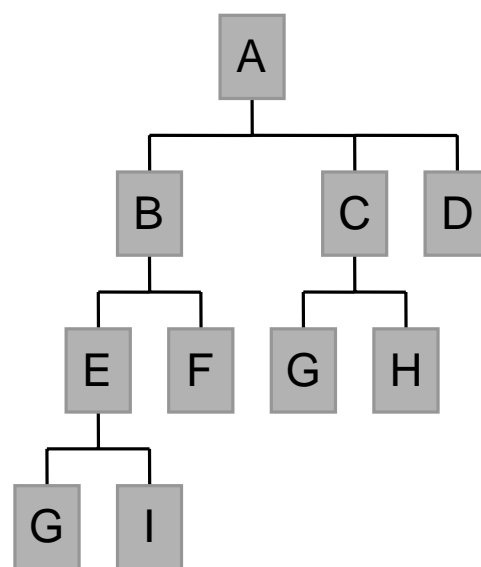
MRP é um sistema dinâmico, as condições variam ao longo do tempo e nova informação está constantemente a entrar no sistema. Assim os registos tem de ser actualizados e os planos ajustados. Duas questões podem ser postas neste momento: com que frequência devem os registos ser actualizados? devem ser todos os registos actualizados ao mesmo tempo?

O processamento de todos os registos numa execução do computador é chamada **regeneração**. Isto significa que sempre que os registos forem processados, todos os referências são completamente reestruturados. Uma alternativa é o chamado processamento de **mudança líquida**, onde apenas os registos afectado por essa nova informação são reestruturados. O procedimento mais comum é o uso do processamento de regeneração semanalmente. Algumas empresas, contudo, levam a cabo esse processamento de duas em duas semanas ou mesmo mensalmente, enquanto outras o fazem duas vezes por semana e mesmo menos.

A principal motivação para que a frequência de processamento seja menor é o custo de computação. Este custo pode ser especialmente alto no caso da regeneração, pois um novo registo é criado para cada referência na estrutura do produto em cada processamento. O tempo de processamento de CPU envolvido varia, em empresas típicas que usam regeneração, entre 8 e 24 horas. A título de exemplo, a companhia X com 13.000 referências usa 16 horas do fim de semana para fazer o processamento. No entanto, quanto menor for a frequência, menor será a precisão dos registos em relação à realidade. Mais frequentes processamento dos registos do MRP implica maior custo de computação mas resulta em menor numero de surpresas desagradáveis. Com o uso da abordagem de mudanças líquidas, a frequência de processamento dos registos do MRP pode ser maior. Muitas empresas fazem esse processamento todas as noites. Com o aumento do poder computacional dos computadores actuais começa a ser possível fazer-se a actualização dos registos numa base diária mesmo para sistemas baseados na abordagem de regeneração.

*5.6.2 Dimensionamento do lote*

Quanto maior for o tamanho do lote maior será o período entre lotes sucessivos e consequentemente menor será o número de lotes num determinado período. Assim, maiores lotes implicam menores custos de preparação e maiores custos de posse. Há aqui um compromisso entre o custo de posse e o custo de encomenda ou preparação da produção. Esta



**Figura 5.14 Estrutura de um**

problemática será abordada no próximo capítulo.

### 5.6.3 Inventário de segurança e prazo de segurança

O inventário de segurança serve para se poderem precaver casos em que encomendas aparecem com datas de entrega menores do que o prazo de fabrico. Nestes casos essas encomendas serão satisfeitas pelo inventário de segurança.

O prazo de segurança mede de certa forma pouca confiança que se possa ter em relação a um fornecedor ou mesmo uma secção de fabrico interna. Se houver incerteza quanto ao cumprimento dos prazos e o não cumprimento desses prazos possa ser custoso para a empresa, então um prazo de segurança é uma boa medida. O prazo de segurança é somado ao prazo de entrega passando este valor a ser contabilizado como prazo de entrega.

### 5.6.4 Codificação de baixo nível

A codificação de baixo nível é importante para o processamento dos registos. Assim, para o exemplo da figura 5.3 à cadeira seria associado o código de baixo nível 0. Para os conjuntos COSTAS e BASE seria associado o código 1 e finalmente o código 2 a todos os outros componentes. O mesmo componente deve ter o mesmo código de baixo nível mesmo que seja incorporado em diferentes conjuntos. Os registos MRP são então processados por ordem do seu código de baixo nível.

Para ficar clara a importância deste código vamos supor que um produto tem a estrutura da figura 5.14. O componente G aparece como componente do subconjunto E mas também como componente do conjunto C. Como só deverá haver um registo do componente G ele deve ser do nível 3 para que durante o processamento ele só possa ser actualizado depois de terem sido processados E e C.

## 5.7 Manufacturing Resources Planning

A fase 2 da figura 5.1 fornece a desagregação do plano director de produção em planos detalhados para cada referência comprada ou produzida. A caixa etiquetada de "planeamento detalhado de materiais" representa o sistema que leva a cabo a desagregação. MRP foi o maior avanço conseguido nos sistemas PPC pelo uso dos computadores e pelos sistemas de gestão de bases de dados. Mais tarde descobriu-se que datas de entrega podiam ser actualizadas pelo replaneamento do MRP. Assim MRP tornou-se mais do que apenas uma técnica de desagregação do Plano Director de Produção, passou a ser também uma ferramenta dinâmica de estabelecimento de prioridades quer na espaço fabril como também nas vendas.

Quando a execução do espaço fabril foi melhorado, a atenção concentrou-se naturalmente para o melhoramento dos procedimentos de planeamento de capacidade nas diversas fases (1,2 e 3) do Planeamento e Controlo da Produção. À medida que isso foi acontecendo, os utilizadores começaram a considerá-lo não apenas como um sistema de planeamento e controlo mas mais como um sistema global da empresa. Era agora possível incluir planos financeiros, planos de capacidade, simulações, etc. Este MRP era tão diferente do inicial que Oliver Wight chamou-o de MRPII. Neste caso, as siglas MRP não vem de planeamento dos requisitos de materiais mas de *Manufacturing Resource Planning* (planeamento dos recursos de manufactura). De acordo com Meredith (1997), um sistema é conhecido como um sistema MRPII quando inclui de uma forma computadorizada e integrada, além das funções típicas de um sistema MRP, funções tais como: compras, previsão, vendas, engenharia, e outras. Um sistema típico de MRPII encontra-se ilustrado na figura 5.15.

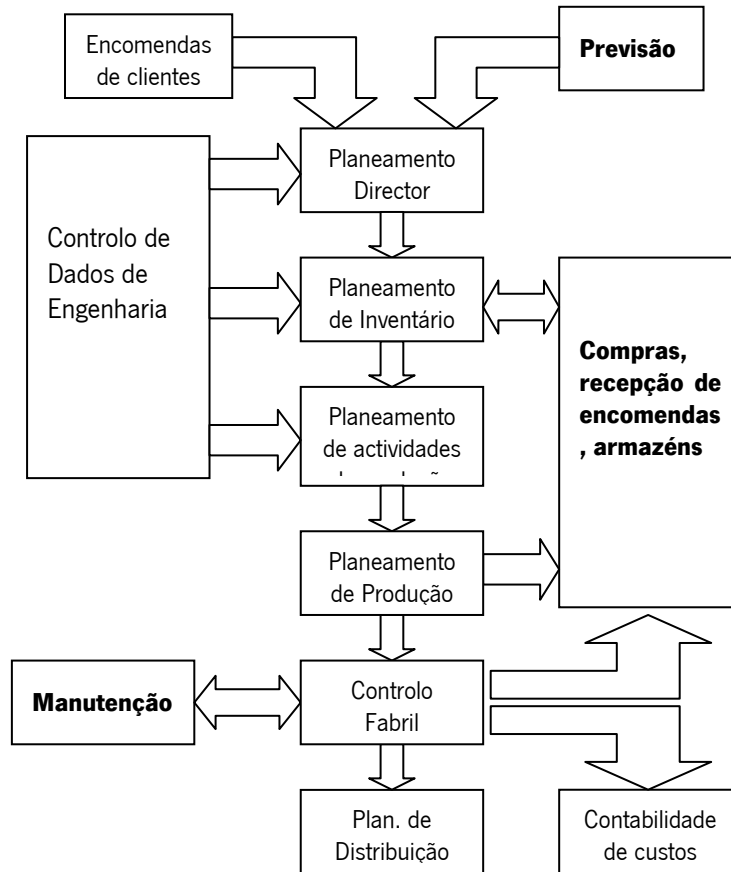


Figura 5.15 – Um sistema MRPII típico e os seus módulos (Meredith 1997).

Diferentes modelos de sistemas MRPII são apresentados por outros autores embora haja em todos eles um certo consenso, como por exemplo o modelo apresentado por Brown et al (1993).

## 5.8 Referencias:

Brown J, Harhen J and Shivnan j, 1993, *Production Management Systems: A CIM Perspective*, Addison-Wesley Publishing Company, ISBN 0-201-17820-6

Courtois A, Pillet M e Martin C, *Gestão da Produção*, Lidel, 1997

Meredith, J R, 1992, *The management of operations: A conceptual emphasis*, John Wiley & Sons, Inc.

Vollmann T E, William L B and Whybark D C, 1992, *Manufacturing planning and control systems*, Richard D. Irwin, Inc., third edition, ISBN 0-256-08808-X.

Orlicky J, 1975, *Material Requirements Planning*, McGraw-Hill, ISBN 0-07-047708-6



## 5.9 Exercícios

### 5.9.1 Exercício 1

Preencha os quadros seguintes considerando por defeito um tamanho de lote qualquer, um prazo de entrega de 1 período e Inventário de segurança de zero.

#### Caso 1 – Tamanho do lote $\geq 1$

<i>Períodos</i>	1	2	3	4	5
Necessidades brutas		10		40	10
Recepções programadas	50				
Inventário disponível   4					
Lançamentos previstos					

#### Caso 2 – Prazo de entrega = 2 / Tamanho do lote = 50

<i>Períodos</i>	1	2	3	4	5
Necessidades brutas		10		40	10
Recepções programadas	50				
Inventário disponível   4					
Lançamentos previstos					

#### Caso 3 – Inventário de segurança = 20

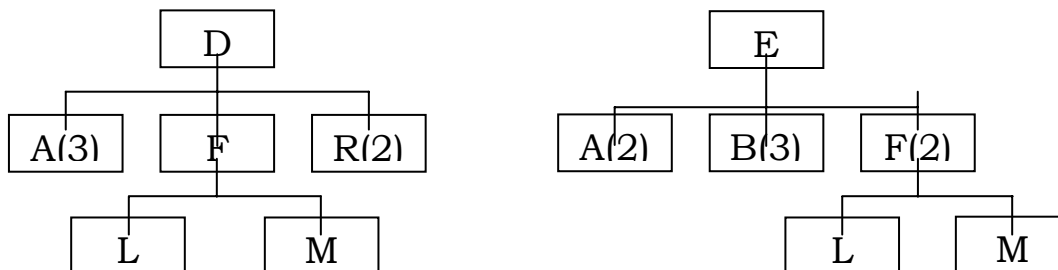
<i>Períodos</i>	1	2	3	4	5
Necessidades brutas		10		40	10
Recepções programadas	50				
Inventário disponível   4					
Lançamentos previstos					

#### Caso 4 – Prazo de entrega = 1 / Prazo de segurança = 1

<i>Períodos</i>	1	2	3	4	5
Necessidades brutas		10		40	10
Recepções programadas	50				
Inventário disponível   4					
Lançamentos previstos					

### 5.9.2 Exercício 2

Preencha os quadros abaixo considerando as estruturas dos produtos D e E apresentadas a seguir. Considere Q sendo a quantidade mínima a produzir ou comprar e SS sendo o Inventário de segurança.



Produto D: Q=30;

<i>Períodos</i>		1	2	3	4	5	6
Necessidades brutas		7	11	9	5	8	6
Recepções programadas							
Inventário dispon.	10						
Lançamentos previstos							

Produto E: Prazo de entrega = 2; SS= 3;

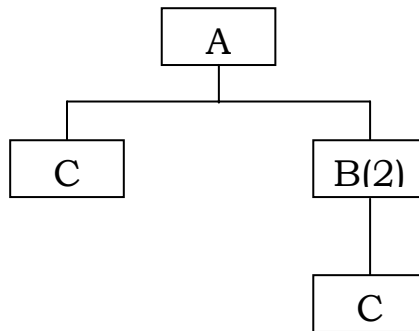
<i>Períodos</i>		1	2	3	4	5	6
Necessidades brutas		10	12	15	11	6	8
Recepções programadas			11				
Inventário dispon.	15						
Lançamentos previstos							

Sub-Produto F: Q=60;

<i>Períodos</i>		1	2	3	4	5	6
Necessidades brutas							
Recepções programadas		60					
Inventário dispon.	20						
Lançamentos previstos							

5.9.3 Exercício 3

Preencha os quadros abaixo considerando a estrutura dos produtos A apresentada a seguir. Considere Q sendo a quantidade mínima a produzir ou comprar e SS sendo o Inventário de segurança.



Produto A: Q=20;

Períodos		1	2	3	4	5	6
Necessidades brutas		5	15	18	8	12	22
Recepções programadas							
Inventário dispon.	21						
Lançamentos previstos							

Sub Produto B: Q=40; Prazo de entrega = 2;

Períodos		1	2	3	4	5	6
Necessidades brutas							
Recepções programadas		32					
Inventário dispon.	20						
Lançamentos previstos							

Componente C: SS=10;

Períodos		1	2	3	4	5	6
Necessidades brutas							

Recepções programadas						
Inventário dispon.	50					
Lançamentos previstos						