



UMA PROPOSTA DE MODELAGEM DA LISTA DE MATERIAIS

Eduardo Vila Gonçalves Filho

Prof. Dr. Depto. Engenharia Mecânica
Escola de Engenharia de São Carlos - USP
Fone: (016) 274-9250

Josadak Astorino Marçola

Mestre em Engenharia Mecânica - USP
Engenheiro de Produção da Sade Vigesa S/A.
Fone: (016) 236-3200 r. 144

Resumo

Este trabalho propõe uma nova forma de estruturação da lista de materiais, para empresas fabricantes de bens de capital, apesar dos conceitos gerais serem passíveis de utilização em outros tipos de companhias de manufatura. A lista de materiais, como elemento fomentador da integração, é modelada com base em necessidades-chave de diversos usuários, desde o orçamento até a expedição. O objetivo é facilitar as atividades de administração de materiais e gestão da produção. A metodologia desenvolvida consiste em estruturar uma lista de materiais paralela, delineada em função do organograma fabril da empresa e da seqüência de fabricação do produto no tempo. Esses conceitos foram aplicados na formação de grupos de dispositivos dedicados, utilizados na fabricação de hidrogeradores, na SADE VIGESA S/A., fábrica de Araraquara.

Palavras-chave: lista de materiais; estrutura do produto; gerenciamento de dispositivos dedicados.

1. Introdução

Atualmente, o aumento da competição global tem forçado as empresas a buscar incessantemente alta qualidade do produto, baixo custo de produção, confiabilidade nos prazos de entrega e flexibilidade para

atender às flutuações da demanda. Respostas rápidas devem ser dadas às mudanças do mercado, às necessidades do cliente e a tecnologias emergentes, entre outros fatores.

Esse ambiente agressivo é gerado por fatores externos as empresas, como:

mercado, governo e concorrentes. A situação interna é agravada em companhias que operam no sistema de produção intermitente sob encomenda, apresentando:

- falta de conhecimento do produto por todos os departamentos da organização, em virtude da diversificação da produção imposta pela incerteza da demanda;
- variação brusca no volume de produção;
- freqüentes postergações ou suspensões das encomendas;
- baixo índice de padronização dos componentes;
- alterações constantes no projeto do produto;
- alta prioridade do cumprimento de prazos;

– incerteza quanto ao prazo de entrega dos suprimentos.

Nesse contexto dinâmico e incerto, é muito difícil para o administrador efetuar uma gestão da produção de modo eficiente. Procurando auxiliá-lo, diversas técnicas de gerenciamento da manufatura surgiram nos últimos anos, como *Manufacturing Resources Planning* (MRP II), *Just-in-Time* (JIT), Kanban, *Optimized Production Technology* (OPT), entre outras (CORRÊA & GIANESI, 1994).

Porém, pouca importância é atribuída a um elemento presente em todas essas técnicas: a lista de materiais. A lista de materiais constitui a base do sistema de informação usado na gestão da produção e no controle do inventário.

2. Descrição do Problema

A pesar de produtos similares feitos sob encomenda apresentarem configurações finais diferentes, vários de seus componentes têm semelhanças quanto a funcionalidade, aplicação, forma construtiva e concepção, entre outros fatores.

Situação análoga ocorre com os dispositivos dedicados, projetados e fabricados somente para tornar viável a produção do equipamento principal.

Portanto, é factível a elaboração de uma nova sistemática de gestão e controle da produção de dispositivos dedicados que:

- esteja integrada ao planejamento do produto principal;
- considere a ocorrência de similaridade e repetibilidade de aplicação;
- possibilite o controle de maneira idêntica à do produto principal, ou seja, por encomenda e área fabril.

Quando se aborda similaridade e repetibilidade, logo se associa o assunto à Tecnologia de Grupo. Segundo HYDE (1981), mesmo tratando de formação de

grupos, este caso não é de Tecnologia de Grupo. Isso porque a formação de grupos ocorrerá baseada em critérios de aplicação dos dispositivos dedicados (*where used*). HYDE (1981) sugere a utilização da lista de materiais.

A lista de materiais elaborada pela Engenharia do Produto representa o modo pelo qual o produto foi projetado. Não são considerados aspectos referentes a vendas, planejamento e fabricação, custo, expedição do produto, entre outros. Prevalece apenas a ótica de necessidade do departamento de projeto.

A lista de materiais é um dos principais elementos para a integração dos sistemas de manufatura, porque ela flui por quase todos os departamentos de uma empresa.

Desse modo, é aconselhável criar um modelo de lista de materiais mais adequado às necessidades de todos os departamentos, sem esquecer de contemplar as peculiaridades, os tipos de sistema e a estrutura organizacional da companhia.

3. Objetivo

O objetivo deste trabalho é propor uma nova forma de estruturação da lista de materiais que:

- facilite a elaboração do Plano Mestre de Produção (MPS), de maneira adequada às características dos produtos fabricados pela empresa;
- suporte a aplicação eficiente do MRP II;

- miniaturize ou modularize a árvore do produto, facilitando o planejamento, a programação e o controle das encomendas;
- simplifique o controle do inventário;
- torne mais ágil a recuperação de dados.

4. Revisão Bibliográfica

A seguir, é apresentada uma revisão bibliográfica a respeito dos temas estrutura do produto e lista de

materiais.

4.1 Estrutura do Produto

De maneira geral, a estrutura do produto pode ser definida como um diagrama que identifica e descreve os componentes de um produto final. Nesse diagrama são mostrados o nome, o número, as relações de precedência e as quantidades necessárias para fabricar uma unidade de um dado item do nível imediatamente superior (figura 1).

Cada linha de componentes, na estrutura do produto, é chamada de **nível**. O primeiro nível recebe o número zero (0) e os demais níveis são numerados de forma crescente, isto é, o nível imediatamente abaixo do primeiro é o nível um (1), depois o nível dois (2) e assim por diante.

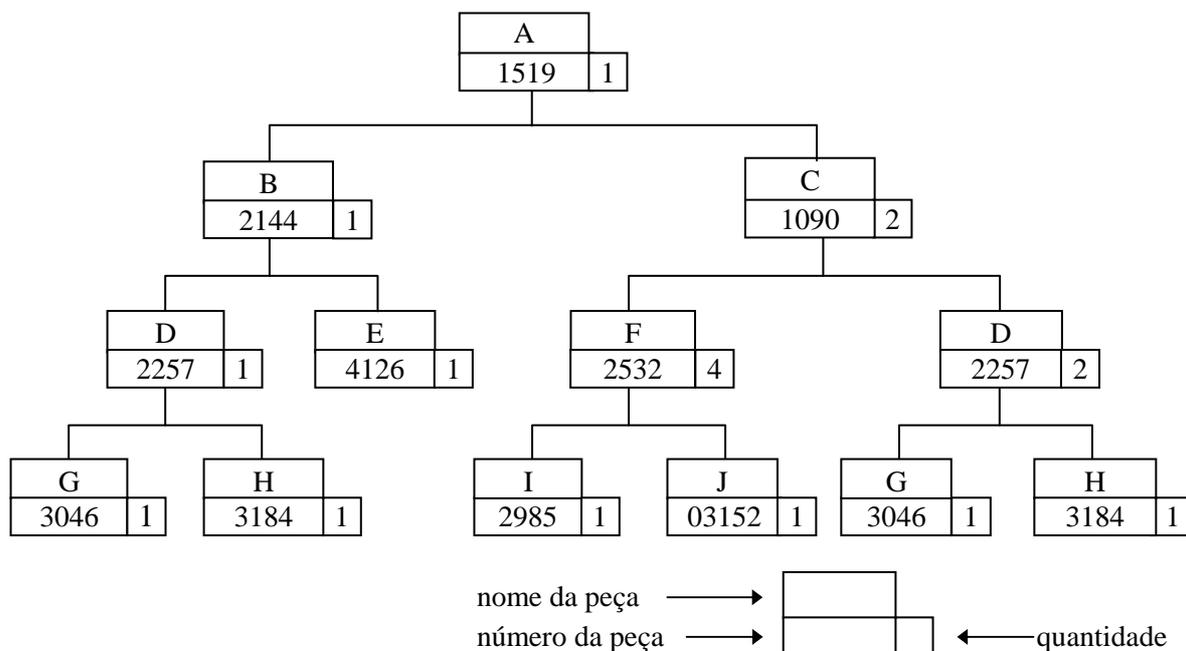


Figura 1: Exemplo de uma Estrutura do Produto Hipotética

A estrutura do produto é apresentada por HITOMI (1979) de três modos distintos: árvore do produto, matriz de incidência e

grafo, conforme ilustra a figura 2. Dessas, a representação mais utilizada é a árvore do produto.

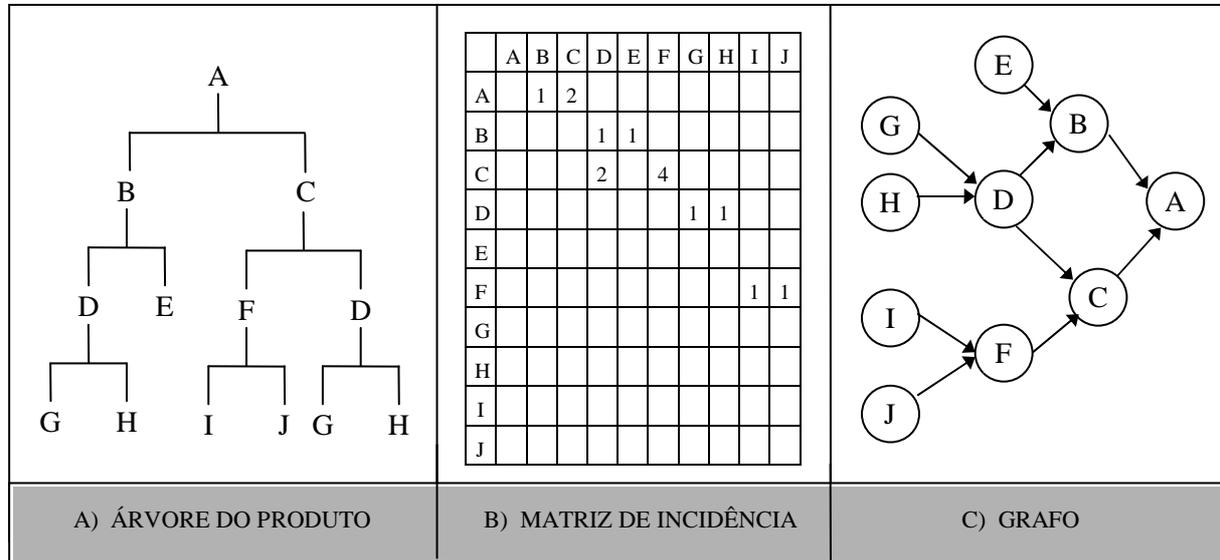


Figura 2: Diagrama Representativo da Estrutura do Produto Adaptado de HITOMI (1979)

As árvores do produto podem apresentar diferentes formas e graus de complexidade (FINCH & COX (1989), SUM *et al.* (1993) e BRENNAN & GUPTA (1993)). Quanto maior o número de níveis e de itens, maior verticalização e horizontalização apresentará a estrutura e, conseqüentemente, maior será sua complexidade.

A maioria dos estudos sobre a forma e a complexidade da estrutura do produto abordam pesquisas sobre regras de tamanho de lote, variação do *lead time* e erros de previsão da demanda. Sempre para estruturas

de pequena complexidade, conforme pode ser comprovado em VERAL & La FORGE (1985), LEE & ADAM (1986), LEE *et al.* (1987), BAHL *et al.* (1987), KRAJEWSKI *et al.* (1987), SUM *et al.* (1993), BENTON & SRIVASTAVA (1993) e BRENNAN & GUPTA (1993).

Não foram encontradas pesquisas tratando das interfaces proporcionadas pela estrutura do produto com outros temas, como planejamento industrial, controle da produção, controle de qualidade, etc.

4.2 Lista de Materiais

Normalmente, a estrutura do produto dos equipamentos feitos sob encomenda apresenta muitos níveis horizontais e verticais. Logo, a arquitetura gráfica utilizada para caracterizar a árvore do produto é demasiadamente pesada para circular entre as várias fases do sistema produtivo de uma empresa.

Desse modo surge a **lista de materiais**, que transforma a representação gráfica da estrutura multinível do produto numa representação linear dos diversos relacionamentos existentes entre matéria-prima, componentes, submontagens, montagens e produto final.

4.2.1 Tipos de Formato de Lista de Materiais

Quando dados referentes à estrutura do produto são armazenados num sistema de computação, eles podem ser recuperados e mostrados em diferentes formatos de saída, de acordo com a necessidade dos diferentes usuários. O objetivo é carregar uma lista que gere numerosos formatos de saída, sendo que os seis formatos mais populares são (DEIS, 1983; TERSINE, 1985; VOLLMANN *et al.*, 1988; KERBER, 1990):

a) lista de materiais multinível

Mostra o produto final e todos os componentes de todos os níveis, até atingir o produto primário, que corresponde a matéria-prima e itens comprados. É utilizada principalmente pela Engenharia do Produto.

b) lista de materiais de um único nível

É formada somente do produto final e das submontagens e componentes que farão parte da montagem final, representando o **nível um** da estrutura do produto. As áreas de Vendas, Administração de Contratos e Expedição podem usar esse tipo de lista de materiais em suas atividades diárias.

c) lista de materiais denteada

É um tipo de lista de materiais multinível, na qual os itens pertinentes aos níveis mais altos da estrutura do produto são dispostos no início da margem esquerda e os níveis subseqüentes são deslocados gradativamente para a margem direita. Este formato de lista é utilizado principalmente pela Engenharia Industrial, para determinar como o produto será feito fisicamente, e

pela Contabilidade, para custear os diversos níveis da estrutura do produto.

d) lista de materiais resumida

É uma forma de lista de materiais multinível, em que o número de identificação das peças aparece somente uma vez, com a quantidade total requerida para fabricar o produto final. Planejamento de Materiais é uma seção que pode empregar este formato de lista de materiais para alocação e verificação de providências dos mais diversos componentes.

e) lista de materiais de aplicação

Tipo peculiar de lista de materiais que identifica todas as possíveis aplicações de qualquer componente. É factível o seu uso por toda a organização, por exemplo, quando da ocorrência de alteração de engenharia nos projetos dos produtos.

f) lista de materiais custeada

Para cada item da lista de materiais, em todos os níveis, são apropriados os custos de matéria-prima, componentes e fabricação ou montagem. Pode ser bastante usada pela seção de Orçamento, para encaminhamento de futuras propostas de encomendas ou pela Administração de Contratos, para verificar os desvios de custeio ocorridos por conjunto.

Para ilustrar os tipos de lista de materiais citados acima, será utilizado um exemplo prático elaborado por DEIS (1983). O produto é um projetor, vendido ao mercado em dois modelos diferentes: o projetor **A**, com base comum, e o projetor **B**, com base especial, conforme mostram as figuras 3 e 4.

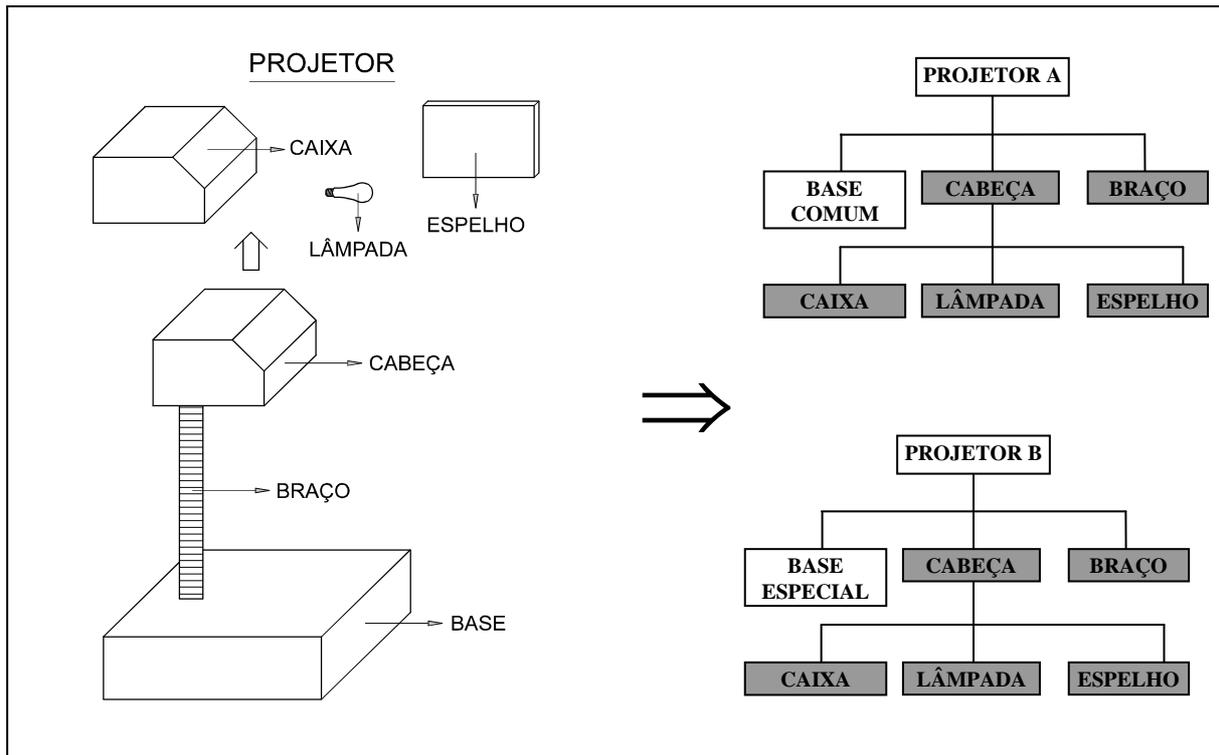


Figura 3: Desenho e Árvore do Produto de um Projetor, Adaptado de DEIS (1983)

LISTA DE MATERIAIS MULTINÍVEL			LISTA DE MATERIAIS DE NÍVEL ÚNICO			LISTA DE MATERIAIS DENTEADA		
		QTE.			QTE.			QTE.
0	PROJETOR	1	0	PROJETOR	1	0	PROJETOR	1
1	BASE	1	1	BASE	1	.1	BASE	1
2	BRAÇO	1	2	BRAÇO	1	.2	BRAÇO	1
3	MONTAGEM DA CABEÇA	1	3	MONTAGEM DA CABEÇA	1	.3	MONTAGEM DA CABEÇA	1
3a	CAIXA	1				..1	CAIXA	1
3b	ESPELHO	1				..2	ESPELHO	1
3c	LÂMPADA	1				..3	LÂMPADA	1
LISTA DE MATERIAIS RESUMIDA			LISTA DE MATERIAIS DE APLICAÇÃO			LISTA DE MATERIAIS CUSTEADA		
PROJETOR A / PROJETOR B			COMPONENTE : LÂMPADA					
BASE COMUM			NÍVEL	APLICAÇÃO	QTE	0	PROJETOR	1000
BASE ESPECIAL			2	LÂMPADA	1	.1	BASE	300
BRAÇO			1	MONT. CABEÇA	1	.2	BRAÇO	200
MONTAGEM DA CABEÇA			0	PROJETOR A	1	.3	MONT. DA CABEÇA	500
CAIXA			0	PROJETOR B	1	..1	CAIXA	350
ESPELHO						..2	ESPELHO	100
LÂMPADA						..3	LÂMPADA	50

Figura 4: Tipos de Formatos de Saída de Lista de Materiais, Adaptado de DEIS (1983)

4.2.2 Lista de Materiais Paralela

As listas de materiais paralelas são listas que permitem a representação do produto de forma mais adequada às necessidades dos múltiplos usuários. As listas de materiais modeladas para atender às funções de gerenciamento da produção, como lista de materiais de manufatura, lista de materiais modular, lista de materiais de planejamento,

lista de materiais genérica, são consideradas listas de materiais paralelas.

A **lista de materiais de manufatura** especifica a seqüência de operações de produção requeridas para fazer um produto final ou intermediário, juntamente com os materiais necessários para cada operação, conforme exemplo mostrado pela figura 5.

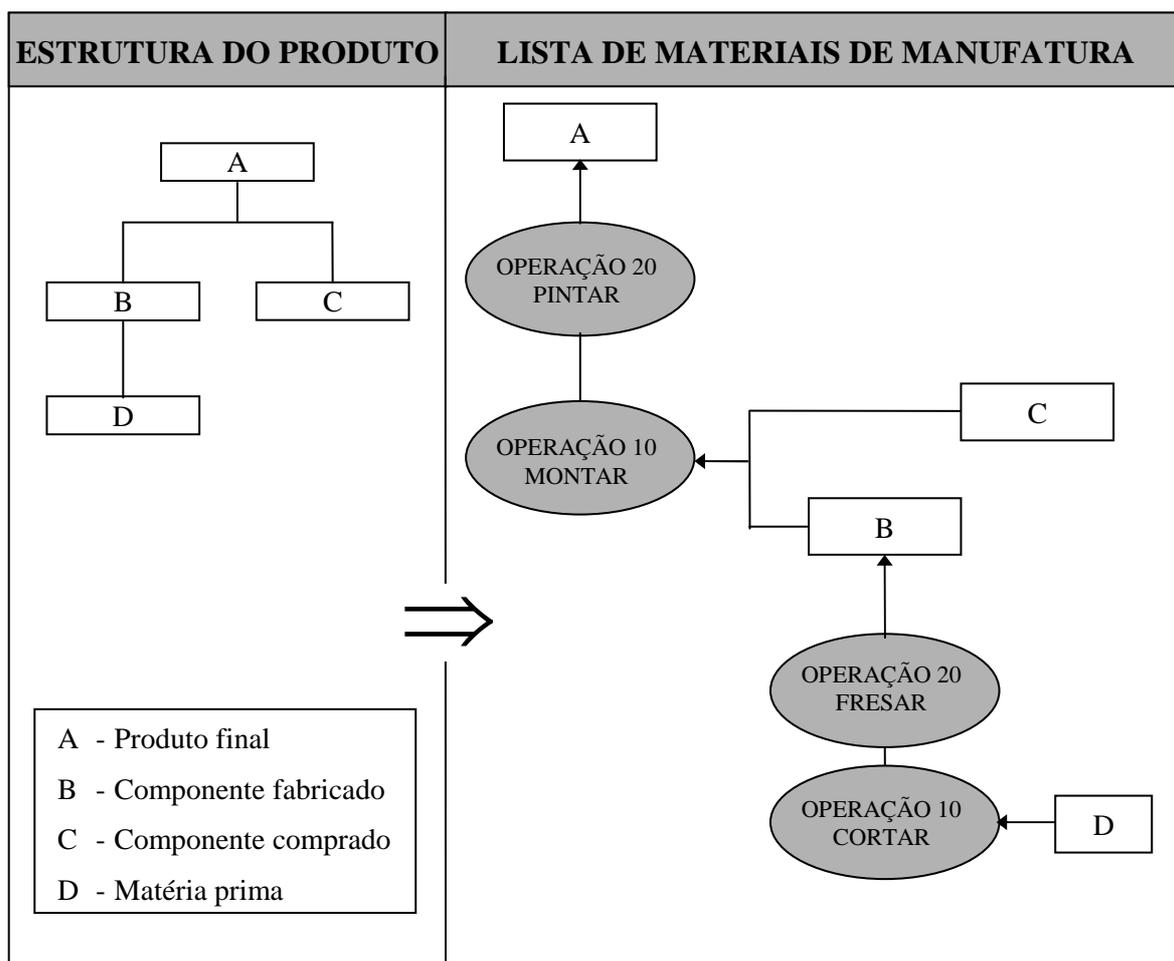


Figura 5: Estrutura de Lista de Materiais de Manufatura para o Produto Final A, Adaptado de HASTINGS & YEH (1992)

A **lista de materiais modular** consiste do arranjo dos produtos em módulos, em que a base do modelo reside na definição das características padrão e na formação das várias opções possíveis.

Esse tipo de lista de materiais é muito usado na elaboração do Plano Mestre de Produção, quando muitos produtos finais

são gerados de poucos itens componentes (FULLMANN (1988)), EDELMAN (1990), GRAUF & LEIGHTON (1990), BALCERAK & DALE (1992), IEMMOLO (1993)).

A figura 6 apresenta um exemplo de uma árvore modular do produto.

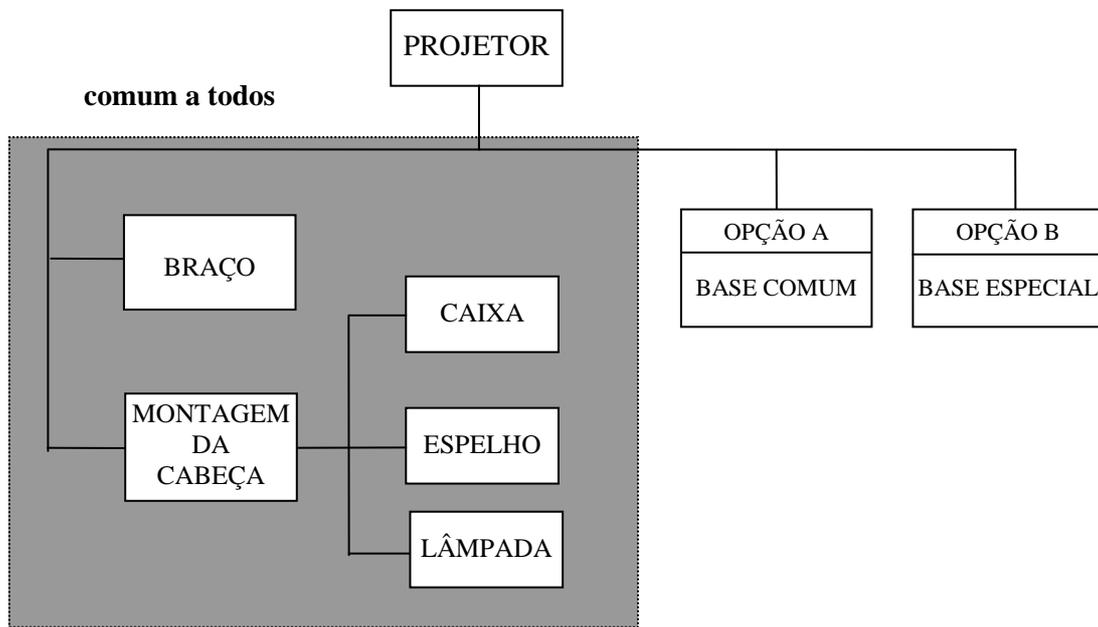


Figura 6: Exemplo de uma Árvore Modular do Produto

As **listas de materiais de planejamento** não representam a estrutura do produto fisicamente. Frequentemente, são acrescentados nestas listas itens fantasmas para modelá-las de forma adequada às

necessidades de outros departamentos (CORRÊA & GIANESI, 1994).

A figura 7 mostra esse fato, facilitando a previsão de demanda, a elaboração do MPS, a definição do *lead time*, etc. (VOLLMANN *et al.* (1988), GERTH (1992), PROUD & GOINS (1993)).

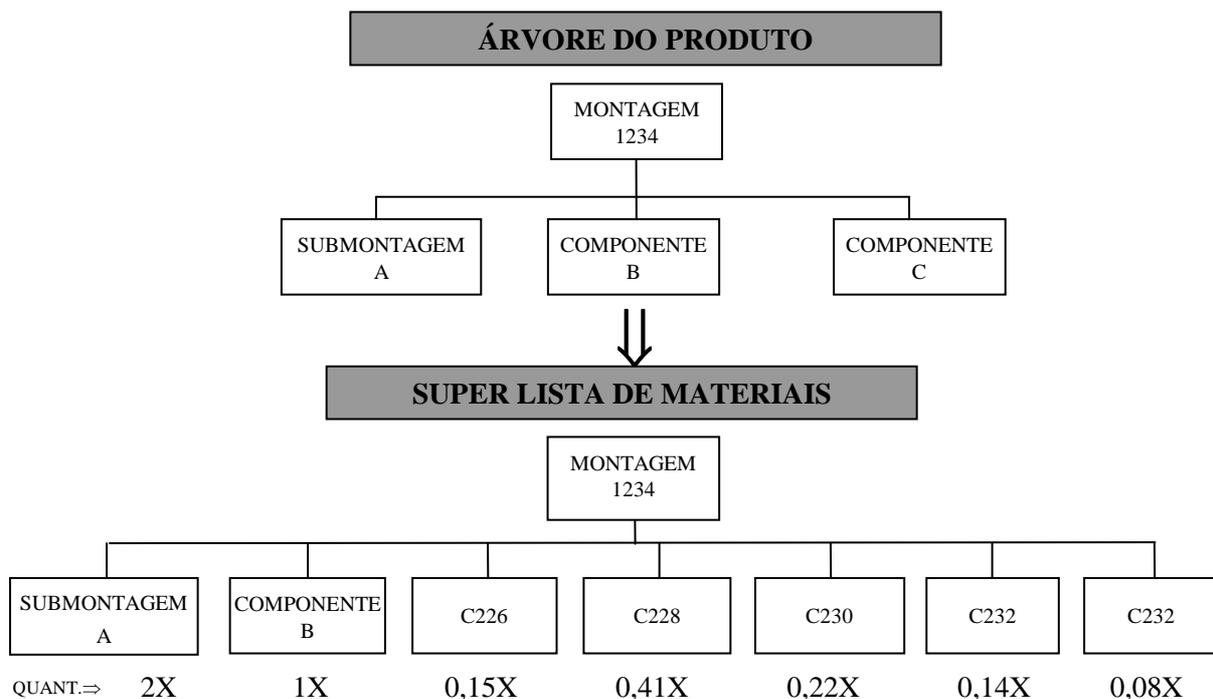


Figura 7: Exemplo de uma Lista de Materiais de Planejamento

A lista de materiais genérica consiste no arranjo da estrutura da lista de materiais para todas as variantes de uma família de produtos. Neste caso, o produto final é

diferente mas a estrutura do produto é altamente redundante (HEGGE & WORTMANN, 1991), como mostra a figura 8.

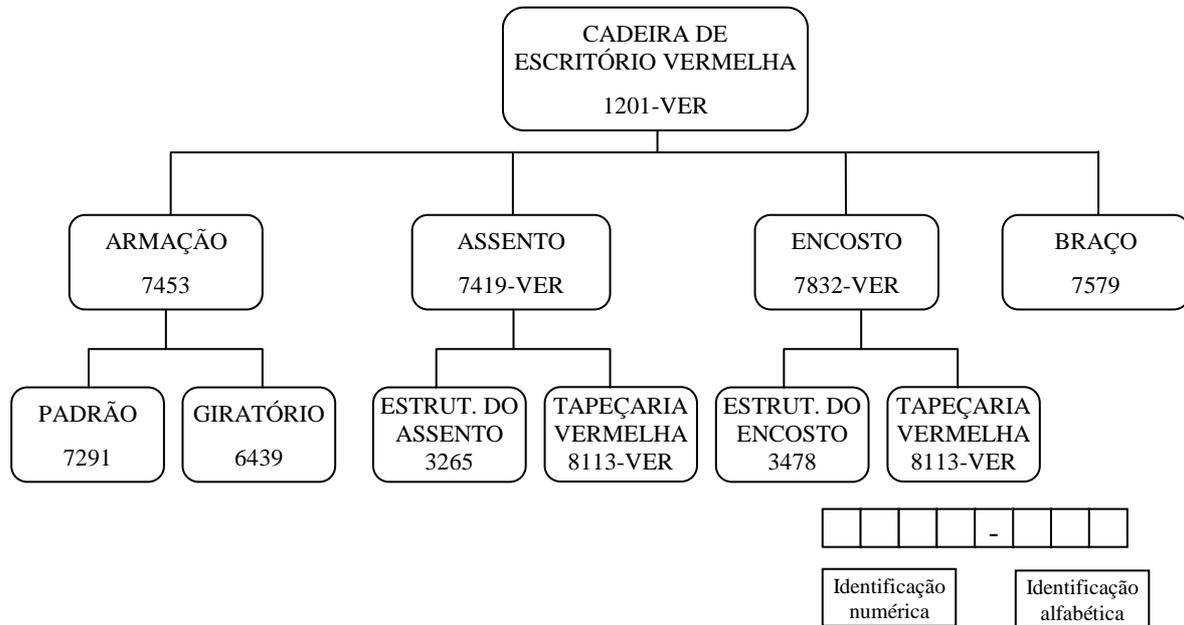


Figura 8: Lista de Materiais Genérica
Adaptada de HEGGE & WORTMANN (1991)

5. Proposta

A proposta é criar uma estrutura de lista de materiais que :

- especifique, por produto, todas as variantes de uma família de dispositivos;
- informe a encomenda beneficiária desses dispositivos;
- represente as unidades produtivas usuárias desses dispositivos;

- indique a seqüência de necessidades dos dispositivos no tempo;
- identifique de modo sistemático esses dispositivos;
- traga, entre outros dados, informações referentes a nome, número da peça, quantidade, *lead time*, custo de projeto, custo de fabricação, horas de projeto e horas de fabricação.

6. Técnica de Modelagem Desenvolvida

O modelo proposto encontra-se dividido em três fases: a fase de formação dos grupos, a fase de organização dos grupos e a fase de identificação estrutural da lista de materiais paralela.

A figura 9 expõe resumidamente uma visão geral das várias etapas do processo de formação, organização e identificação dos dispositivos dedicados, possibilitando uma estruturação adequada do banco de dados, para atendimento dos múltiplos usuários. A

seguir, cada uma dessas fases será abordada com maior profundidade.

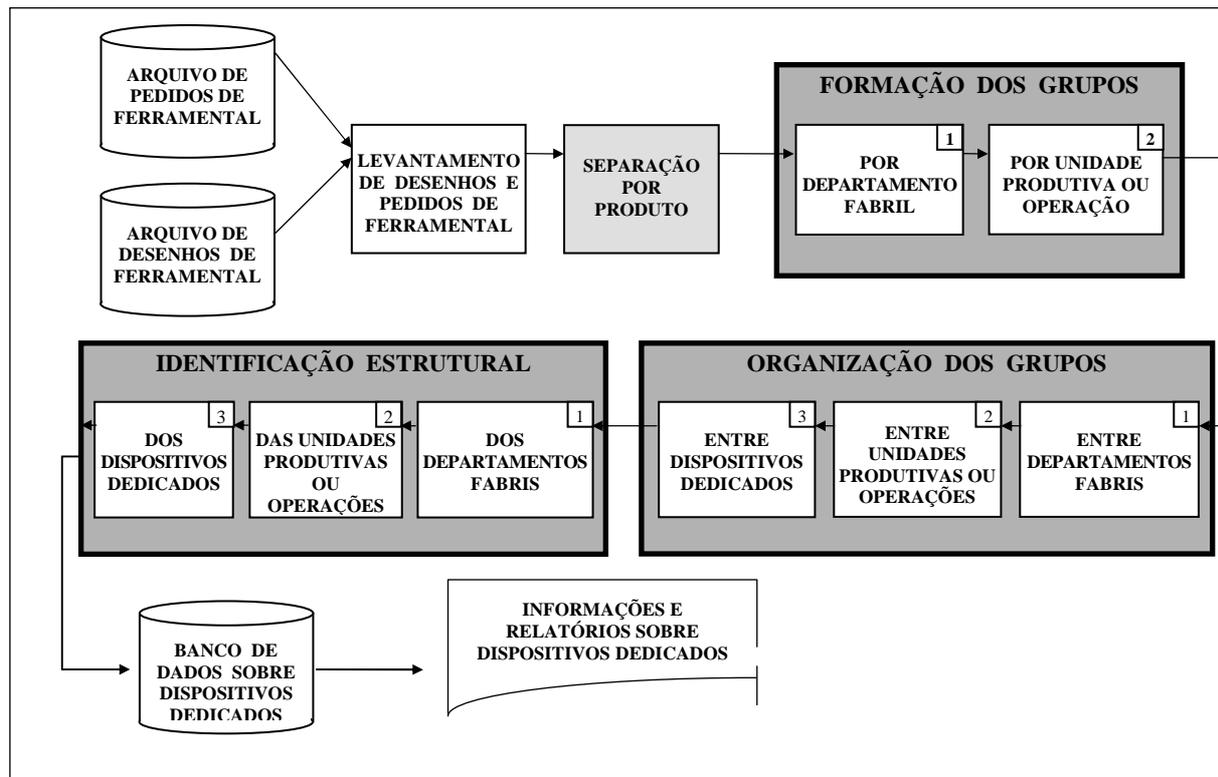


Figura 9: Fases do Processo de Estruturação da Lista de Materiais

É importante ressaltar que o método de formação dos grupos está baseado nos procedimentos de gestão das empresas de

bens de capital, feitos por: produto, encomenda, departamento fabril e unidade fabril.

6.1 Fase de Formação dos Grupos de Dispositivos

A formação dos grupos é a fase mais difícil do processo de estruturação da lista de materiais. Deve-se agrupar os componentes por suas similaridades e separá-los por suas diferenças (HYDE, 1981), sendo obrigatório que pertençam ao mesmo grupo componentes que tenham atributos comuns.

Neste trabalho, o atributo a ser investigado, e considerado como critério definitivo para a formação dos grupos, é o **endereçamento dos dispositivos**. Dispositivos endereçados e utilizados pelo mesmo **produto, encomenda e área fabril** têm padrão de uso idêntico e devem compor o mesmo grupo.

O método para a formação dos grupos, nos vários níveis consiste dos seguintes passos (MARÇOLA, 1995):

- **1º passo:** segregar dispositivo em função do produto;
- **2º passo:** segregar dispositivo por departamento fabril;
- **3º passo:** segregar dispositivo por unidade fabril ou operação da unidade fabril.

Após feita a composição das famílias, grupos e subgrupos, aplica-se o conceito de lista de materiais de planejamento para efetuar a estruturação da lista. Isto porque os níveis superiores da lista de materiais (níveis 0, 1, 2 e 3) são **itens fantasmas**, ou seja, são itens que não existem fisicamente, possuindo *lead time* e alocação de material igual a zero.

Este recurso foi aplicado para tornar viável a execução da proposta, sem afetar negativamente o desempenho de outros sistemas utilizados pela companhia, como por exemplo o MRP II.

Portanto, a árvore do produto genérico informa:

- a) **Nível 0:** denota um produto-obra genérico ;
- b) **Nível 1:** denota um produto-obra-dispositivo genérico;
- c) **Nível 2:** identifica os departamentos beneficiários dos dispositivos;
- d) **Nível 3:** classifica as unidades produtivas ou operações pertinentes aos

- departamentos beneficiários dos dispositivos;
- e) **Nível 4:** identifica os dispositivos individualmente.

A figura 10 ilustra a técnica proposta, explodida até o nível 4 somente para a unidade 21, unidade componente do departamento 2, com o objetivo de exemplificar a árvore do produto obtida.

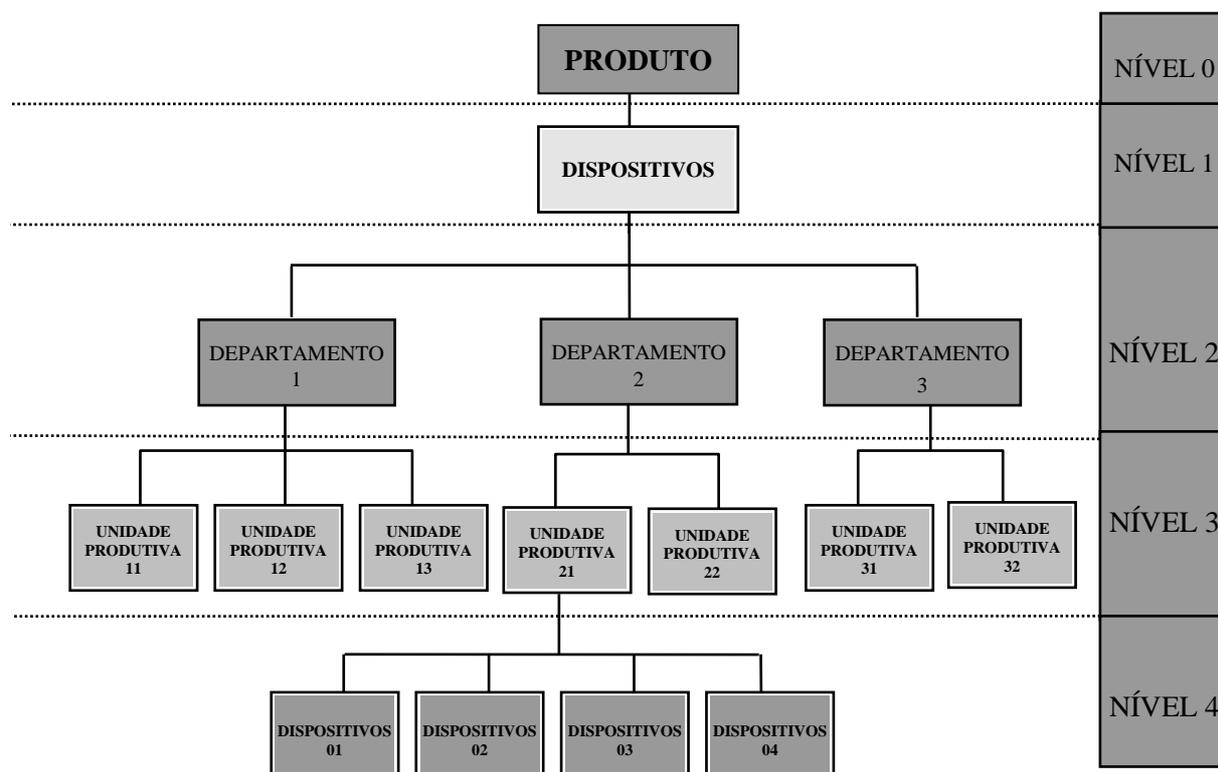


Figura 10: Lista de Materiais Paralela Proposta

6.2 Fase de Organização dos Grupos de Dispositivos

Geralmente, as várias opções dos produtos são fabricadas em datas diferentes, porém a seqüência de fluxo pelos

departamentos produtivos de uma empresa é a mesma, independente do tempo, conforme ilustra a figura 11.

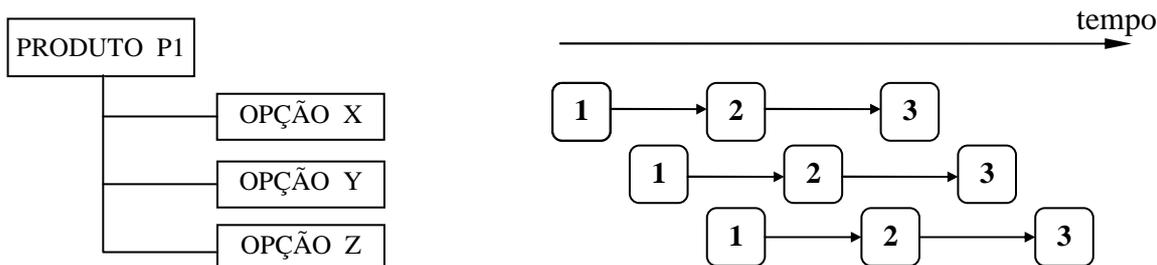


Figura 11: Diagrama Esquemático de Fluxo dos Produtos pelos Departamentos

Isso significa que sempre o produto é processado primeiro pelo departamento 1, depois é transportado ao departamento 2 para realização das operações de produção, e assim sucessivamente, até completar todo o ciclo de fabricação.

O critério escolhido para organizar os elementos constituintes dos níveis 2, 3 e 4 da árvore do produto foi a **seqüência de entrega**. Dentro do mesmo nível, deve ser alocado na posição 1 o item pertinente à primeira entrega, na posição 2 o item pertencente à segunda entrega, etc., até completar o conjunto de itens contidos no nível.

Analiticamente, é obrigatório passar pelos seguintes passos :

- **1º passo** : no nível 2, referente aos **grupos**, deve-se comparar todos os elementos e classificá-los por ordem de entrega aos departamentos usuários;
- **2º passo** : no nível 3, referente aos **subgrupos**, deve-se comparar todas as unidades produtivas pertencentes aos

departamentos, já classificados no passo anterior. De modo idêntico, organizar a alocação da unidade produtiva ou operação, departamento a departamento, em função da seqüência de entrega.

- **3º passo** : no nível 4, referente aos **dispositivos**, a mesma lógica deve ser observada, até fixar todos os componentes na estrutura do produto.

A figura 12 exemplifica a fase de organização dos grupos de dispositivos. Para tanto, foram adotados dois grupos, dois subgrupos e dois dispositivos. Note que o grupo X1 terá sua fabricação concluída no tempo t1 e o grupo X2 no tempo t6. Observe também que todos os subgrupos (X11 e X12) e dispositivos (X1101 e X1102) do grupo X1 também serão entregues antes do de qualquer componente do grupo X2. Raciocínio idêntico pode ser aplicado aos demais níveis.

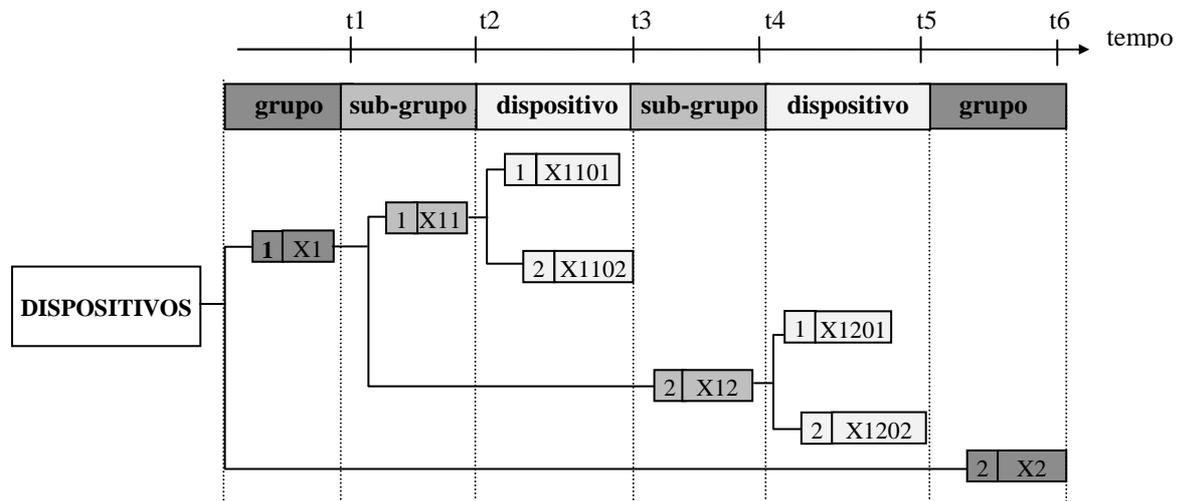


Figura 12: Estruturação do Produto Dispositivo no Tempo

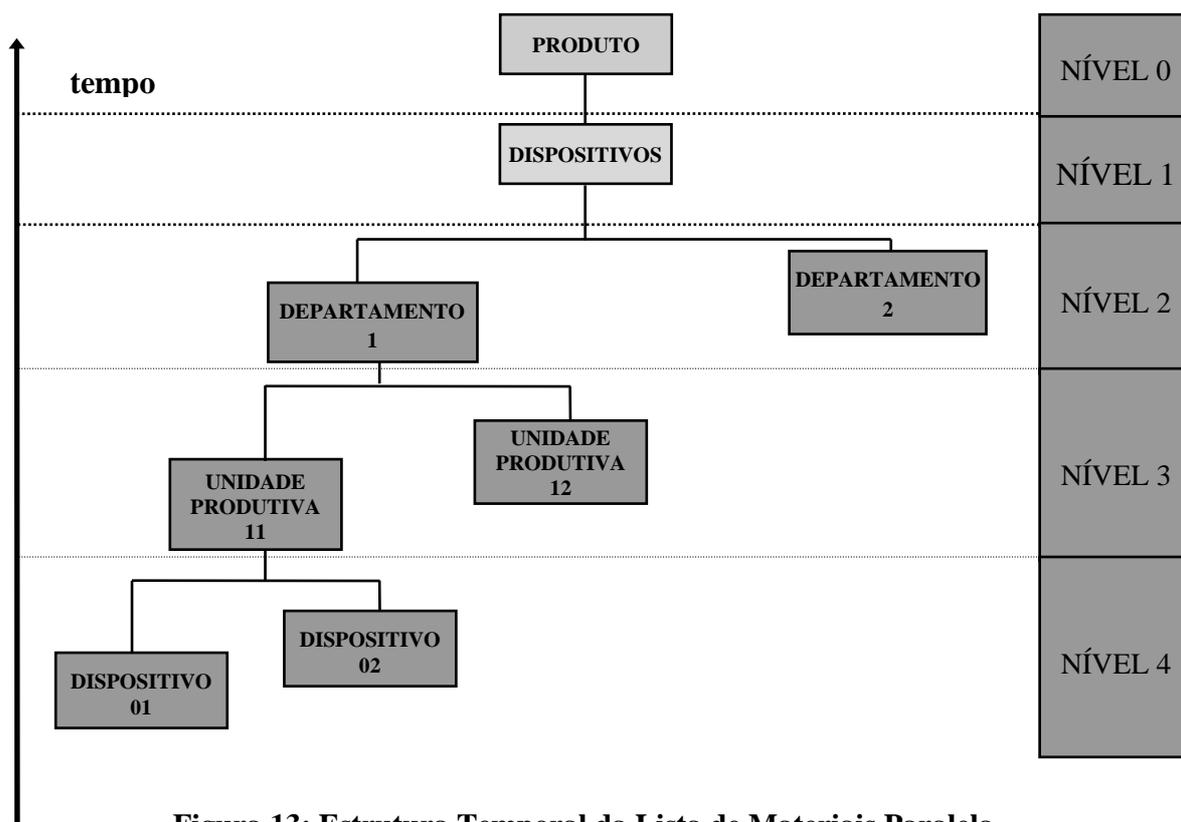


Figura 13: Estrutura Temporal da Lista de Materiais Paralela

6.3 Fase de Identificação Estrutural dos Dispositivos

Após as etapas de formação e organização dos grupos de dispositivos para estruturação das listas de materiais, é necessário **registrar** todos os membros de todas as famílias de dispositivos. Para tanto,

explora-se o conceito de identificação estrutural advindo da árvore do produto.

A identificação estrutural proposta para registrar completamente os dispositivos, como mostra a figura 14, é formada por dez dígitos, dos quais:

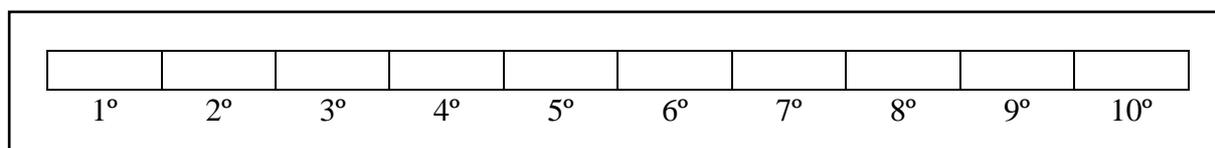


Figura 14: Identificação da Lista de Materiais

– **1º e 2º dígito: indicam o produto**

Cada família de produto deve ser identificada por um campo alfabético de

dois dígitos. Estes dígitos indicam o tipo de produto, como no exemplo mostrado na figura 15.

PRODUTO	DESCRIÇÃO
EX	SISTEMA DE EXCITAÇÃO
GH	HIDROGERADORES
GT	TURBOGERADORES
SE	SERVIÇOS GERAIS - ENERGIA
TE	TURBINAS

Figura 15: Exemplos de Tipos de Produto

Fonte: SADE VIGESA S/A.

– **3º, 4º e 5º dígitos: indicam a encomenda**

Após classificado e identificado o tipo de produto, a encomenda é registrada por um campo numérico, formado por três algarismos, alocados ao produto de forma seqüencial.

– **6º dígito: denota ferramental**

Neste campo alfabético, será sempre colocada a letra F, interrompendo a seqüência numérica e indicando a existência de ferramental aplicado ao produto-encomenda.

– **7º dígito: identifica o departamento**

Este campo numérico identifica qual será o departamento que utilizará os dispositivos a serem fornecidos para o produto-encomenda definido anteriormente.

– **8º dígito: identifica a unidade produtiva ou operação**

Este código numérico identifica qual será a unidade produtiva ou operação, dentro do departamento, que fará uso dos dispositivos.

– **9º e 10º dígito: identifica os dispositivos**

Este campo numérico formado por dois dígitos identifica os dispositivos necessários às unidades produtivas ou operações.

As características gerais são:

- a identificação utilizada é do tipo hierárquica;
- o sétimo e o oitavo dígitos indicam o grupo de dispositivos, número de acesso chave, que possibilita plena aplicação do sistema de gerenciamento proposto, para o produto-obra solicitado.

A figura 16 ilustra a formação do número de identificação para os dispositivos X e Y.

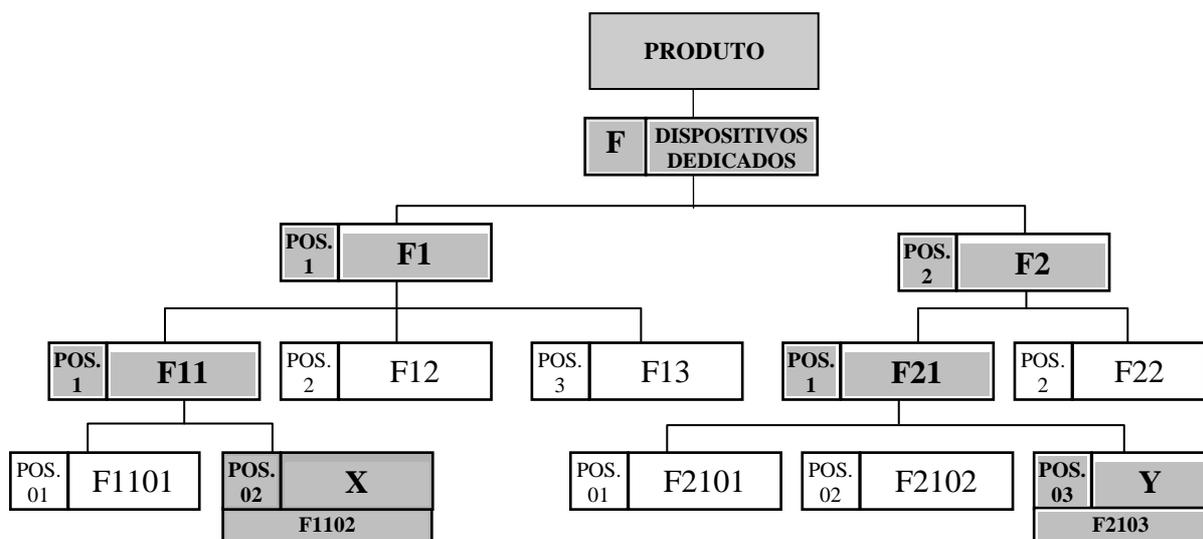


Figura 16: Exemplo de Identificação Estrutural (MARÇOLA, 1995)

Portanto, para o produto hidrogerador (GH), a modelagem da lista de materiais genérica informa que o número de identificação do dispositivo **X** será **GH000F1102** e o do dispositivo **Y** será

GH000F2103. Cabe ressaltar que o número de acesso desses dispositivos será sempre o mesmo, com a alteração ocorrendo somente no número da encomenda (3º, 4º, e 5º dígitos).

7. Benefícios

Esta modelagem da lista de materiais, resultante da aplicação do método de formação e organização dos grupos, se repetirá para todas as encomendas futuras de uma determinada família de produtos. Então, é propício o emprego de técnicas do sistema de produção intermitente para estoque, possibilitando:

- facilidade de Orçamento e Vendas para ter acesso a informações referentes a custo e tempo de fornecimento, na fase de elaboração de proposta de orçamento;
- integração do planejamento das necessidades de dispositivos dedicados ao planejamento das necessidades de materiais da obra, além de controle acurado do fluxo de caixa da encomenda como um todo, por parte do Planejamento Industrial;

- facilidade na recorrência e solicitação de dispositivos dedicados pelos técnicos de processo das diversas Áreas Fabris;
- simplificação das atividades do departamento de Custos, restringindo-se a consolidá-los, no grau de detalhamento desejado;
- padronização ou parametrização dos projetos;
- aplicação do Planejamento do Processo Auxiliado por Computador, por meio do método variante;
- elaboração de cronogramas padrão;
- elaboração de Plano Mestre de Produção por grupo;
- colocação de itens em estoque, em virtude da padronização ou parametrização dos projetos, reduzindo-se grandemente o tempo de fornecimento.

8. Resultados

Para melhor entendimento das vantagens advindas desta nova forma de organização da lista de materiais, é salutar dividí-las em função do tipo de abordagem utilizada para efetuar a medição. A abordagem pode ser tangível ou intangível.

Os **resultados tangíveis**, obtidos em um dos grupos de dispositivos utilizados para fabricação do hidrogerador foram (MARÇOLA, 1995):

- redução de 56% do tempo de fornecimento, correspondendo a uma diminuição de 4 semanas;
- redução de 91% das horas de projeto, representando um total de 520 horas;
- redução de 36% das horas de fabricação, correspondendo a uma diminuição de 763 horas;
- padronização de 73,5 % dos conjuntos;

- parametrização de 26,5 % dos conjuntos;
- redução de 30% dos custos totais, representando economia de US\$ 20 mil.

A padronização e a sistematização da informação, tornada viável pela implementação desta nova metodologia de estruturação da lista de materiais, possibilitou o desenvolvimento de um *software* para gerenciamento da produção de dispositivos dedicados, auxiliando na obtenção dos seguintes **resultados intangíveis**:

- acesso global à informação;
- melhoria no processo decisório;
- maior integração;
- otimização das ferramentas de gestão;
- satisfação do cliente e dos funcionários.

9. Conclusão

Dentro do contexto de manufatura integrada, este trabalho focalizou duas das principais variáveis para o êxito de uma companhia:

- a **lista de materiais**, como a base para a integração da manufatura, sendo utilizada por quase todos os departamentos da empresa;
- o recurso **dispositivo dedicado**, freqüentemente negligenciado, porém muito importante para a concretização da produção com eficiência e produtividade.

A aplicação prática dessa nova metodologia, baseada na estruturação da lista de materiais, adequada às necessidades dos múltiplos usuários e ao organograma fabril da empresa, revelou-se um instrumento extremamente eficaz.

Isto foi alcançado devido ao fato de sua modelagem ser compatível com os procedimentos de gestão executados rotineiramente, constituindo-se num suporte operacional indispensável dentro do processo de tomada de decisão, atendendo

plenamente aos objetivos delineados por este trabalho.

O principal mérito deste trabalho residiu no desenvolvimento de duas abordagens:

- o inter-relacionamento entre lista de materiais e dispositivos dedicados;
- a elaboração de um método para estruturação da lista de materiais baseado no organograma da área industrial.

Mesmo cada companhia apresentando necessidades distintas de informações, em função dos diferentes objetivos estratégicos, estrutura organizacional, tipos de produtos, níveis de controle, entre outros fatores, o sistema é perfeitamente possível de implantação em qualquer empresa de produção intermitente sob encomenda, em que os controles, na grande maioria, são feitos sobre as encomendas e as áreas fabris.

Porém, antes de aplicá-lo, é recomendado estudar as características organizacionais da companhia e as particularidades tecnológicas dos seus produtos, para promover uma adaptação do sistema desenvolvido às condições vigentes.

Referências Bibliográficas:

BAHL, H.C.; RITZMAN, L.P.; GUPTA, J.N.D.: "Determining lot sizes and resource requirements: a review". *Operations Research*, v.35, n.3, p.329-344, 1987.

BALCERAK, K. J.; DALE, B.G.: "Structuring modular bills of material with usage pattern analysis". *International Journal of Production Research*, v.30, n.2, p.283-298, 1992.

BENTON, W.C.; SRIVASTAVA, R.: "Product structure complexity and inventory storage capacity on the performance of a multi-level manufacturing system". *International Journal of Production Research*, v.31, n.11, p.2531-2545, 1993.

BRENNAN, L. & GUPTA, S.M.: "A structured analysis of material requirements planning systems under combined demand and supply uncertainty". *International Journal of Production Research*, v.31, n.7, p. 1689-1707, 1993.

CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N.: *Just in Time. MRPII e OPT: um enfoque estratégico*. Editora Atlas S.A., São Paulo 1994.

DEIS, P.: *Production and Inventory Management in the technology age*, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, 1993.

EDELMAN, M.P.: "Modularizing Bills of Materials". *American Production and Inventory Control Society (APICS)*, p.448-450, 1990.

FINCH, B.J. & COX, J.F.: "Strategic of WIP inventory : The impact of bill-of-material shape and plant type". *Production and Inventory Management Journal*, v.30, n.1, p.63-66, 1989.

FULLMANN, C.; RITZMAN, L.; KRAJEWSKI, L.J., MACHADO, M. A.; MOURA, R.A.: *MRP/MRPII, MRPIII (MRP + JIT + KANBAN), OPT e GDR*. Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, São Paulo 1989.

- GERTH, A.B.:** "MRP Planning for components with statistical usage". *Production and Inventory Management Journal*, v.33, n.4, p.27-31, 1992.
- GRAUF, W.M. & LEIGHTON, J.:** "Simplifying the make-to-order environment via the Modular Bill of Material". *American Production and Inventory Control Society (APICS)*, p.397-400, 1990.
- HASTINGS, N.A.J.; YEH, C.H.:** "Bill of Manufacture". *Production and Inventory Management Journal*, fourth quarter, p.27-31, 1992.
- HEGGE, H.M.H. & WORTMANN, J.C.:** "Generic Bill of Material: a new product model". *International Journal of Production Economics*, v.23, p.117-128, 1991.
- HITOMI, K.:** *Manufacturing Systems Engineering*. Taylor & Francis Ltd., London, 1979.
- HYDE, W.L.:** *Improving productivity by classification, coding and data base standardization: the key to maximizing CAD/CAM and Group Technology*. Marcell Dekker Inc., 1981.
- IEMMOLO, G.R.:** "Vaporware: Transitory Bills of Material and Routers". *American Production and Inventory Control Society (APICS)*, p.570-573, 1993
- KERBER, W.M.:** "Structuring and Managing the Bill of Material under Changing Company Conditions". *American Production and Inventory Control Society (APICS)*, p.421-424, 1990.
- KRAJEWSKY, L.J.; KING, B.E.; RITZMAN, L.P.; WONG, D.S.:** "Kanban, MRP and shaping the manufacturing environment". *Management Science*, v.33, n.1, p.39-57, 1987.
- LEE, T.S. & ADAM, E.E.:** "Forecasting error evaluation in material requirements planning (MRP) production inventory systems." *Management Science*, v.32, n.9, 1186-1205, 1986.
- LEE, T.S.; ADAM, E.E.; EBERT, R.J.:** "An evaluation of forecast error in master production scheduling for material requirements planning systems". *Decision Sciences*, v.32, n.9, p.1186-1205, 1986.
- MARÇOLA, J. A.:** *Proposta e desenvolvimento de um sistema de gerenciamento da produção de dispositivos dedicados*. (152 p.). Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.
- PROUD, J.F. & GOINS, C.:** "Beyond MPS Planning Bill Theory: Effective Use Enhances Competitiveness". *American Production and Inventory Control Society (APICS)*, p.449-451, 1993.
- SUM, C.C.; PNG, D.O.S.; YANG, K.K.:** "Effects of product structure complexity on multi-level lot sizing". *Decision Sciences*, v.24, n.6, p.1135-1156, 1993.
- VERAL, E.A. & LAFORGE, R.L.:** "The performance of a simple incremental lot-sizing rule in a multi-level inventory environment". *Decision Sciences*, v.16, n.1, p.57-72, 1985.
- VOLLMANN, T.E.; BERRY, W.L.; WHYBARK, D.C.:** *Manufacturing Planning and Control Systems*. Dow Jones - Irwin, Homewood, Illinois, 1988.

BILL OF MATERIALS' MODELING : A PROPOSAL

Abstract

This paper suggests a new idea to form a Bill of Materials (BOM), for heavy equipment manufacturing companies, with the general concepts applied in others kind of manufacturing companies. The bill of materials, as an essential element of integration, from marketing to delivery, aims to facilitate the activities of Production Planning and of the Control System. The methodology developed is based on a new approach to build parallel bill of materials, using concepts of pseudo levels and assemblies, mainly based on the industrial organizational structure of the company and on the sequence of product fabrication in time. The implementation of this system for dedicated fixtures resulted in expressive reduction of lead time, project hours, fabrication hours and costs.

Key-words: bill of materials; product structure; dedicated fixtures management.