

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**SISTEMÁTICA DE PROJETO PARA PRODUTOS MODULARES COM APLICAÇÃO
EM MÓVEIS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção
do grau de Mestre em Engenharia

Alex Pizzatto

Florianópolis

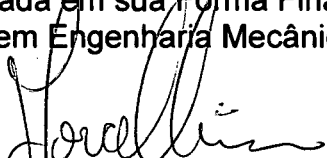
SISTEMÁTICA DE PROJETO DE PRODUTOS MODULARES COM APLICAÇÃO EM MÓVEIS

ALEX PIZZATTO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

^H
MESTRE EM ENGENARIA

Especialidade ENGENHARIA MECÂNICA – Área de Concentração PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS, e Aprovada em sua Forma Final Pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.



Prof. Fernando Forcellini, Dr. Eng.
ORIENTADOR

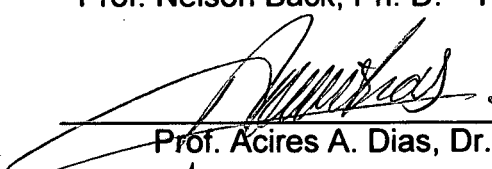


Prof. Júlio César Passos, Dr.
COORDENADOR DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO

BANCA EXAMINADORA



Prof. Nelson Back, Ph. D. – Presidente.



Prof. Acires A. Dias, Dr. Eng.



Prof. Miguel Fiod Neto, Dr.Eng.

**Dedico este trabalho ao meus país e familiares e aos profissionais da área de Engenharia
Mecânica que realmente se esforçam por um Brasil melhor.**

AGRADECIMENTOS

A todas as instituições e pessoas que empenharam-se, possibilitaram e acreditaram neste trabalho e na sua realização.
E aos que não acreditaram mostrando-lhes que a determinação permite a realização de idéias mais arriscadas e originais.

SUMÁRIO

Dedicatória.....	III
Agradecimentos	IV
Sumário	V
Lista de Figuras	VIII
Lista de Tabelas	X
Resumo	XI
Abstract.....	XII

Capítulo 1 - Introdução

1. 1 Objetivos do Trabalho	1
1. 2 Estrutura do Trabalho.....	2

Capítulo 2 - Indústria Moveleira

2.1 Introdução.....	3
2.2 Segmento Moveleiro Nacional.....	3
2.2.1 Origem e Estratégias	3
2.2.2 Localização.....	4
2.2.3 Estrutura Industrial	5
2.2.4 Técnicas de Administração da Produção.....	8
2.2.5 Exportações Nacionais da Indústria Moveleira	8
2.3 Segmento Moveleiro Internacional	11
2.3.1 Organização da Indústria Moveleira Internacional.....	11
2.3.2 Principais Exportadores Mundiais.....	13
2. 4 Considerações Finais.....	14

Capítulo 3 - Matérias-Primas, Processos, Acessórios

3.1 Introdução.....	17
3.2 Tipos de Móveis, Matérias-Primas e seus Processamentos	17
3.2.1 Móveis de Madeira Maciça	18
3.2.2 Móveis de Aglomerado	19
3.2.3 Móveis de Compensado Sarafeado ou Multilaminado	22
3.2.4 Móveis de MDF	22
3.2.5 Móveis Estofados.....	23
3.2.6 Móveis de Metal	24
3.2.7 Móveis Especiais.....	26
3.3 Acessórios	26
3.3.1 Puxadores	26
3.3.2 Dobradiças	27
3.3.3 Articuladores para Portas Deslizantes.....	27
3.3.4 Kits para Gavetas.....	28
3.3.5 Corrediças em Geral.....	29
3.3.6 Pratos Giratórios.....	30
3.3.7 Porta Multimídia.....	30
3.4 Desenvolvimento de Produto e sua Importância	31

Capítulo 4 - Sistemas Modulares

4.1 Introdução.....	33
4.2 Aspectos Básicos de Sistemas Modulares	33
4.3 Vantagens e Limitações de Sistemas Modulares	35
4.4 Classificação de Módulos	37
4.5 Exemplos de Produtos Modulares.....	42
4.6 Conexões	46
4.7 Considerações Finais.....	48

Capítulo 5 - Projeto de Produtos Modulares

5.1 Introdução.....	50
5.2 Projeto de Produtos Modulares segundo Pahl & Beitz[4].....	50
5.3 Projeto de Produtos Modulares segundo Erixon[6][7].....	56
5.3.1 Passos da Sistemática de Projeto.....	57
5.3.2 Avaliação de Sistemas Modulares.....	64
5.4 Considerações Finais.....	67

Capítulo 6 - Proposta de Sistemática de Projeto de Produtos Modulares

6.1 Introdução.....	70
6.2 Sistemática Proposta	71
6.2.1 Tarefa	73
6.2.2 Esclarecer e Formular a Tarefa	74
6.2.3 Estabelecer e Analisar a Estrutura Funcional	75
6.2.4 Estabelecer a Estrutura Modular	76
6.2.5 Avaliar e Otimizar os Possíveis Módulos.....	80
6.2.6 Preparação da Documentação de Produção.....	82
6.2.7 Produção.....	82
6.3 Considerações Finais.....	83

Capítulo 7 - Sistema Computacional MModulare

7.1 Introdução.....	86
7.2 Administrador do Banco de Dados de Acessórios.....	89
7.3 Operações de Fabricação de Móveis Implementadas	90
7.3.1 Corte de Chapas	93
7.3.2 Furação	95
7.3.3 Engrossamento.....	97
7.3.4 Perfilamento	98
7.4 Adiministrador do Banco de Dados de Módulos	100
7.5 Extração de Custos e Códigos de Configurações Finais.....	102
7.6 MModulare em Rede.....	103
7.7 Considerações Finais.....	103

Capítulo 8 - Estudo de Caso

8.1 Introdução.....	105
8.2 Tarefa	106
8.3 Esclarecimento e Clarificação da Tarefa	107
8.4 Estabelecimento e Avaliação da Estrutura Funcional.....	108
8.5 Estabelecimento da Estrutura Modular.....	112

8.6 Avaliar e Otimizar os Possíveis Módulos.....	118
8.7 Preparação dos Documentos para Produção.....	121
8.8 Produção.....	123
8.9 Comentários Gerais sobre a Sistemática e sua Utilização.....	123
8.9.1 Tarefa.....	124
8.9.2 Esclarecimento e Clarificação da Tarefa.....	124
8.9.3 Esclarecimento e Avaliação da Estrutura Funcional.....	124
8.9.4 Estabelecimento da Estrutura Modular.....	124
8.9.5 Melhoramento e Utilização dos Possíveis Módulos.....	125
8.9.6 Preparação da Documentação para a Produção.....	125
8.9.7 Produção.....	126
8.9 Considerações Finais.....	126
Capítulo 9 - Considerações Finais.....	128
Bibliografia.....	130
ANEXO A.....	132
ANEXO B.....	152

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Número de empresas no ramo moveleiro nacional devido ao seu porte.[1]	5
FIGURA 2.2 - Ranking dos estados brasileiros de exportações de móveis - 1995.(Fonte: ABIMOVEL)[1].	8
FIGURA 2.3 - Evolução das exportações catarinense de móveis.(Fonte: ABIMOVEL)[1].	9
FIGURA 2.4 - Exportações para alguns países do Mercosul.(Fonte: ABIMOVEL)[1].	10
FIGURA 3.1 - Classificação de móveis segundo seus materiais.	18
FIGURA 3.2 - Fluxo do processo de produção de móveis de madeira maciça e de aglomerado.	19
FIGURA 3.3 - Vista lateral de aglomerado com laterais arredondadas.	21
FIGURA 3.4 - Fluxo do processo de produção de estofados.	24
FIGURA 3.5 - Fluxo do processo de produção de móveis metálicos.	25
FIGURA 3.6 - Alguns tipos de puxadores.	27
FIGURA 3.7 - Alguns de sistemas de dobradiças.	27
FIGURA 3.8 - Corpo de armário para portas deslizante e sistemas utilizados para fixação da porta.	28
FIGURA 3.9 - Alguns kits de gavetas oferecidos para a indústria moveleira.	29
FIGURA 3.10 - Proteção para portas.	29
FIGURA 3.11 - Prato giratório de plástico.	30
FIGURA 3.12 - Porta Multimídia.	31
FIGURA 4.1 - Representação esquemática do conceito de sistemas.	34
FIGURA 4.2 - Esquema de um sistema modular.	34
FIGURA 4.3 - Seqüência de montagem das variantes de produtos modulares.[3].	37
FIGURA 4.4 - Tipos de funções e módulos de produtos modulares e mistos.[4].	40
FIGURA 4.5 - Algumas possíveis combinações de um sistema modular.[3].	41
FIGURA 4.6 - Sistema modular de um motor elétrico [4].	43
FIGURA 4.7 - Sistema modular de caixa de transmissão Hansen sem variação da carga.	44
FIGURA 4.8 - Sistema modular de caixa de transmissão WGW com maior flexibilidade que exemplo da figura 4.7.	44
FIGURA 4.9 - Sistema modular aberto com inúmeras possibilidades de configuração.	45
FIGURA 4.10 - Variantes de produtos que apresentam uma base comum de módulos (somente variação de cores) com diferenciação obtida com a montagem das cabeças.[3].	45
FIGURA 4.11 - Cozinha Modular e algumas de suas configurações possíveis.	46
FIGURA 4.12 - Perfis e conexões de um sistema estrutural modular.	46
FIGURA 4.13 - Figura mostrando a classificação e tipos de órgãos conexões possíveis entre elementos.	48
FIGURA 5.1 - Metodologia de Projeto de Pahl & Beitz[4].	51
FIGURA 5.2 - Esquema de produção proposto por Erixon [6] para produtos modulares.	57
FIGURA 5.3 - Fluxo de informações da sistemática de Erixon.	58
FIGURA 5.4 - Passos da sistemática de projeto de Erixon – MFD[6,7].	59
FIGURA 5.5 - Matriz do QFD com a modularidade como requisito fundamental do projeto[6].	60
FIGURA 5.6 - Matriz de Pugh utilizada na sistemática de Erixon [6].	60
FIGURA 5.7 - Matriz de Indicação de Módulos, MIM[6,7].	62
FIGURA 5.8 - Avaliação da complexidade das interfaces de um guindaste[6,7].	63
FIGURA 5.9 - Equação 5.2 plotada com $N_p = 81, T_{norm} = 10s, T_{int} = 50s$	66
FIGURA 6.1 - Proposta de sistemática de projeto para produtos modulares.	72
FIGURA 6.2 - Substituição de funções semelhantes por uma única função.	76
FIGURA 6.3 - MIM com telhado de relações.	76
FIGURA 6.4 - Fluxo de etapas da etapa Estabelecimento da Estrutura Modular.	77
FIGURA 6.5 - Combinação de princípios de solução em variantes de solução.	77
FIGURA 6.6 - Matriz de PUGH com requisitos de projeto e possíveis soluções.	79

FIGURA 6.7 - Matriz de Interfaces que juntamente com a Matriz de PUGH podem ser usadas nesta etapa da sistemática.....	79
FIGURA 6.8 - Critérios utilizados da passagem de funções para módulos.....	84
FIGURA 7.1 - Etapas da Sistemática proposta onde os programas do sistema MModulare atuam.....	87
FIGURA 7.2 - Estrutura do Sistema Computacional MModulare.....	88
FIGURA 7.3 - Estrutura do banco de dados de acessórios.....	90
FIGURA 7.4 - Administrador do banco de dados de acessórios.....	91
FIGURA 7.5 - Possíveis processos fabris utilizados no estudo de caso.....	93
FIGURA 7.6- Possíveis posições das chapas nos móveis fabricados.....	94
FIGURA 7.7 - Acionamento da operação de corte, dimensões e posicionamento.....	94
FIGURA 7.8 - Furos utilizados na fabricação de móveis.....	96
FIGURA 7.9 - Funcionamento do programa de furação.....	96
FIGURA 7.10 - Engrossuramento e seus componentes.....	97
FIGURA 7.11 - Seqüência da entrada de dados.....	98
FIGURA 7.12 - Administrador do banco de dados de perfis.....	99
FIGURA 7.13 - Seqüência de aplicação do perfilamento.....	99
FIGURA 7.14 - Estrutura do banco de dados dos módulos.....	100
FIGURA 7.15 - Seqüência de funcionamento do administrador de módulos.....	101
FIGURA 7.16 - Relatório e extração de custos e códigos.....	102
FIGURA 7.17 - Rede LabPro e MModulare em rede.....	103
FIGURA 8.1 - Casa da Qualidade com necessidades e requisitos gerados.....	108
FIGURA 8.2 - Estrutura Funcional com ordenação hierárquica.....	110
FIGURA 8.3 - Matriz MIM com as relações entre funções e diretrizes.....	112
FIGURA 8.4 - Matriz Morfológica.....	113
FIGURA 8.5 - Melhor Matriz de Interfaces que deve ser seguida na próxima etapa.....	117
FIGURA 8.6 - Matriz de PUGH para a avaliação das soluções.....	118
FIGURA 8.7 - Sistema Salice para fixação sem parafusos.....	119
FIGURA 8.8 - Medidas principais e estrutura modular definitiva com nomes relativos aos módulos do sistema modular preliminar, obtido na etapa anterior.....	120
FIGURA 8.9 - Diagrama de interface genérica para todos os módulos trabalhados.....	120
FIGURA 8.10 - Lateral em posição de início de montagem.....	121
FIGURA 8.11 - Algumas peças montadas, todas em uma única direção como visto.....	121
FIGURA 8.12 - Módulo maior com a estrutura montada.....	121
FIGURA 8.13 - Montagens do roupeiro desenvolvido junto a empresa Utilínea S.A.....	122
FIGURA 8.14 - Código utilizado para as peças.....	123

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Exportações dos Principais Países Exportadores, por Segmento(em US\$ 1000).....	12
TABELA 2.2 - Importação e Exportação Mundiais de Móveis Segundo os Principais Países Desenvolvidos em 1988.(em US\$ 1000).....	13
TABELA 2.3 - Exportações dos Principais Países Exportadores, por Segmento(em US\$ 1000).....	14
TABELA 4.1 - Estudo realizado em empresas suecas onde é apresentada em % a redução de custos [6].....	37
TABELA 4.2 - Critérios de Classificação de módulos segundo Pahl & Beitz [4].	38
TABELA 4.3 - Variáveis existentes em um órgão de conexão.[12]	47
TABELA 4.4 - Tipos de relações existentes em órgãos de conexão[12]:	47
TABELA 5.1 - Lista para a definição de requisitos de projeto de produtos [4], apresentando grifados os mais importantes para projeto de produtos modulares.....	53
TABELA 5.2 – Diretrizes de Modularização segundo Erixon[6,7].	61
TABELA 5.3 - Resumo das regras e números de avaliação utilizados por Erixon [6][7]	68
TABELA 6.1 - Métodos para a busca de princípios de solução.[15]	78
TABELA 6.2 - Dados relativos a forma, materiais e processos que devem ser levantados nesta etapa [11].	81
TABELA 6. 3 Recomendações para a Montagem.	81
TABELA 8.1 - Necessidades obtidas junto aos diferentes clientes externos, internos e intermediários.	107
TABELA 8.2 - Lista de Requisitos de Projeto utilizando o telhado na casa da qualidade e se seu comprimento é obrigatório ou desejável.	109
TABELA 8.3 - Estrutura modular preliminar classificada segundo Pahl & Beitz[4].	115
TABELA 8.4- Possíveis Soluções e Seus Custos.	115
TABELA 8.5 - Sistema modular dos possíveis módulos estruturais.	117
TABELA 8.6 - Significado dos dígitos do plano de codificação Miclass.	123

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo oferecer uma sistemática de projeto para produtos modulares mais eficiente que as existentes, além de aplicar a mesma na indústria de móveis nacional. Faz-se isto, pois este setor apresenta-se desconhecedor de metodologias para o desenvolvimento de produtos.

O trabalho foi desenvolvido primeiramente com o estudo da indústria moveleira e das metodologias de produtos modulares existentes.

Após este estudo uma metodologia mais abrangente e objetiva foi desenvolvida e sua validação deu-se junto a indústria moveleira, através do desenvolvimento de um móvel modular. Para auxiliar esta metodologia, em algumas etapas, no estudo de caso foi desenvolvido o sistema computacional MModulare. Maiores detalhes destas etapas são descritos ao longo deste trabalho.

A realização deste trabalho se justifica por vários motivos, sendo os principais os seguintes:

- as sistemáticas de desenvolvimento de produtos modulares não se apresentam suficientemente claras e abrangentes em todas suas etapas;
- o desconhecimento por parte da indústria moveleira nacional de sistemáticas de projeto para desenvolvimento de produto;
- forte relação entre produtos modulares e móveis;

Suprindo os problemas inicialmente citados obtêm-se, com a sistemática proposta, os seguintes resultados:

- desenvolvimento mais rápido de produtos;
- melhor atendimento das necessidades dos clientes;
- otimização e racionalização da produção.

ABSTRACT

This work aims to offer a more efficient modular product design systematics to the Brazilian furniture industries. This systematics was proposed and developed in order to cover a lack for engineering design in that segment of Brazilian industries.

First, a study on Brazilian furniture industries and the most recent practices of modular product design were carried out to form a sound basis for the work.

In the sequence, a more objective and specialised modular product design systematics was developed. The development of a wardrobe modular design was applied as a case-study to the validation of the systematics. In some phases of the systematics it was used a computational tool called *Mmodulare* to optimise the development of the wardrobe design.

The accomplishment of this work was justified for the following reasons:

- the modular product design systematics do not come sufficiently clear and wide in all its phases.
- the ignorance of the Brazilian furniture industries about modular product design systematics
- the remarkable relationship among modular design and furniture design.

The utilisation of the developed systematics carried out the following results:

- faster development of product design
- improved satisfaction of customers necessities
- optimisation and rationalisation of production.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é abordar dois problemas: um, relativo à sistematização de projeto de produtos modulares; e o outro, direcionado ao desenvolvimento de produtos na indústria moveleira nacional.

Quanto às sistemáticas de projeto de produtos modulares existentes, nota-se falta de clareza e dificuldades no seu emprego. Essa falta de clareza e de dinâmica das sistemáticas fica evidente durante sua aplicação prática e, principalmente, em seu encadeamento nas fases de projeto.

Em relação ao desenvolvimento de produtos na indústria moveleira nacional, nota-se que esta enfoca prioritariamente os aspectos relativos à forma final e aparência (*design*), dando menos importância ao processo sistematizado do desenvolvimento do produto.

A partir da identificação destes problemas, a presente dissertação pretende amenizá-los, através da proposição de uma sistemática para o desenvolvimento de produtos modulares e sua utilização junto à indústria moveleira.

A escolha do tema “produtos modulares” deu-se principalmente pelas vantagens que estes produtos têm no sentido da adequação às necessidades da indústria moveleira. Entre estas vantagens, pode-se citar:

- atender a variantes de um produto com elementos comuns;
- atender mais especificamente às necessidades dos clientes;
- apresentar maior oferta de produtos;
- permitir racionalização e organização da produção; e
- obter produtos mais elaborados e com melhor qualidade.

Finalmente este trabalho apresenta os seguintes passos:

- apresentar as principais características da indústria moveleira nacional;
- apresentar de melhor forma os produtos modulares e analisar as principais sistemáticas de projeto para produtos modulares existentes;

- propor uma sistemática de projeto de produtos modulares mais eficaz e clara que as existentes;
- gerar uma ferramenta computacional para auxiliar no emprego da sistemática de projeto; e
- validar a sistemática proposta com um estudo de caso junto à indústria moveleira nacional.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para realizar os objetivos propostos, este trabalho foi dividido em cinco partes. A primeira estuda a indústria moveleira em seus processos, insumos e em vários pontos relevantes para a análise e melhor conhecimento deste segmento industrial. São os capítulos 2 e 3.

Uma segunda parte trata de sistemas modulares, trazendo exemplos destes produtos e descrevendo suas principais vantagens e desvantagens, bem como os pontos-chave que devem ser analisados para o desenvolvimento dos mesmos. Também nesta parte foi feito o estudo do estado da arte, abordando sistemáticas e processos para o desenvolvimento de produtos modulares. Esta segunda parte é apresentada nos capítulos 4 e 5.

Com a análise sobre sistemas modulares e as propostas de sistemáticas estudadas, chega-se a terceira etapa do trabalho, apresentada no capítulo 6, que é a proposta de uma sistemática de projeto de produtos modulares, na qual são descritas ferramentas e recomendações para cada etapa do desenvolvimento do projeto.

Numa quarta parte foi desenvolvido um sistema computacional para o auxílio no desenvolvimento de produtos modulares, o qual incorpora processos de fabricação utilizados no estudo de caso. Este sistema computacional também armazena e permite o gerenciamento da estrutura modular de qualquer produto e geração de suas possíveis configurações. Este sistema auxilia muito no projeto preliminar e encontra-se descrito no capítulo 7.

Na última parte do trabalho a sistemática proposta foi colocada à prova, na prática, com o desenvolvimento de um produto modular, no caso, um roupeiro, feito através de um estudo de caso, juntamente com profissionais da indústria moveleira. Também nesta última parte do trabalho foi utilizado o sistema computacional desenvolvido. As etapas e resultados encontrados são apresentados no capítulo 8.

CAPÍTULO 2

INDÚSTRIA MOVELEIRA

2.1 INTRODUÇÃO

Dentro do contexto deste trabalho, o capítulo 2 tem o propósito de analisar o segmento da indústria moveleira nacional, abordando:

- origem e estratégias;
- localização;
- estrutura industrial;
- técnicas de administração; e
- exportações nacionais da indústria moveleira,

o que irá proporcionar uma melhor visão desta.

Outro estudo importante é o do segmento moveleiro internacional, apresentado com a organização da indústria e as exportações deste segmento.

O último ponto tratado neste capítulo possui o objetivo de localizar o segmento nacional no mercado internacional. Este estudo possibilitou uma boa análise das tendências que podem ser seguidas pelo segmento nacional.

2.2 SEGMENTO MOVELEIRO NACIONAL

2.2.1 ORIGEM E ESTRATÉGIAS

A indústria nacional de móveis caracteriza-se por ter surgido a partir de pequenas marcenarias, constituídas antes da década de 50, em regiões de colonização alemã e italiana. Por esse motivo, o capital das empresas é, em sua maioria, nacional. Ainda hoje não existem grandes grupos no setor moveleiro: predominam empresas individuais com plantas únicas, sem investimentos e participações em outras áreas industriais.

A primeira grande transformação tecnológica da indústria moveleira se deu na primeira metade da década de 70. Esta atualização tecnológica se deve ao crescimento do consumo que ocorreu no mercado interno, neste período, fazendo com que as empresas se direcionassem para atender a demanda por móveis. Já nos anos 80, com a crise da

economia e retração do mercado, muitas empresas não tiveram condições de realizar novos investimentos com recursos próprios.

Para algumas empresas a solução foi a exportação, o que garantiu recursos para investir principalmente em tecnologia.

Além disso, nos anos 80, quando houve a evolução das máquinas eletromecânicas para as máquinas com CNC (Controle Numérico Computadorizado), devido às dificuldades financeiras do período, muitas empresas não puderam se atualizar. As poucas que conseguiram o fizeram com recursos próprios e com muitas dificuldades, permitindo que máquinas de última geração trabalhassem lado a lado com máquinas mais antigas.

Nos últimos anos, devido às constantes mudanças da situação econômica nacional, têm-se notado dois tipos de postura em relação a investimentos: uma ofensiva e outra defensiva. Mesmo com todas as dificuldades do mercado, as empresas com estratégias ofensivas procuram a modernização de suas plantas industriais como forma de implementação da competitividade no mercado interno e externo. Estas são empresas que procuram não se preocupar com a concorrência externa no mercado interno e são favoráveis à abertura do comércio exterior para aquisição de tecnologia, matéria-prima e componentes.

Já as empresas de estratégia defensiva não fizeram esforços em modernização e esperam uma retomada do mercado interno para assim poderem investir em melhorias tecnológicas. Estas são empresas que foram muito atingidas com as retrações do mercado interno na década de 80 e apresentam desatualização tecnológica.

2.2.2 LOCALIZAÇÃO

Os principais pólos moveleiros do país estão localizados nas regiões Sul e Sudeste, principalmente nas cidades de:

- São Bento do Sul (SC);
- Bento Gonçalves (RS);
- Arapongas (PR);
- Mirasol (SP);
- Ubá (MG);
- Votuporanga (SP); e
- São Paulo (SP).

Estas regiões respondem por 70% dos empregos diretos desta indústria e por uma produtividade 50% superior às demais regiões do país.

Na região Sul, as empresas estão localizadas em torno de três pólos moveleiros: São Bento do Sul (SC), Bento Gonçalves (RS) e Arapongas (PR). Esta concentração dá aos três estados vantagens organizacionais em relação a outros estados. Há também diferenças em relação aos tipos de móveis produzidos pelos diferentes pólos moveleiros do país. No Rio Grande do Sul, por exemplo, encontram-se fábricas com maior especialização em móveis retilíneos seriados de madeira aglomerada, com algumas empresas trabalhando com móveis torneados. Em Santa Catarina predomina a fabricação de móveis de madeira maciça torneada, apresentando-se, eventualmente, a combinação de madeira torneada com madeira aglomerada. No Paraná encontra-se um pólo que fabrica, predominantemente, móveis para escritório.

Na região Sudeste, as indústrias se localizam principalmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais. No estado de São Paulo, as indústrias de móveis estão bem distribuídas, tanto na capital quanto pelo interior, e não apresentam uma configuração marcante e definida, uma vez que ali se encontram os principais fabricantes de móveis para escritório. Em Minas Gerais, o número de indústrias é menor e mais direcionado para a produção de móveis residenciais.[1]

2.2.3 ESTRUTURA INDUSTRIAL

A indústria moveleira brasileira é composta de 13500 empresas de capital nacional, divididas em micro (menos de 20 funcionários), médias (de 20 a 500 funcionários) e grandes (mais de 500 funcionários), conforme mostra a figura 2.1 [1].

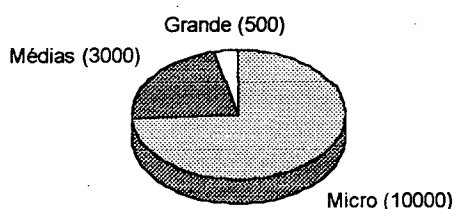


FIGURA 2.1 - Número de empresas no ramo moveleiro nacional de acordo com seu porte.[1]

A indústria moveleira nacional gera 300 mil empregos diretos e 1,5 milhões de empregos indiretos, de acordo com a ABIMÓVEL (Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário), e tem um faturamento de R\$ 4,4 bilhões em 1996.[1]

As indústrias moveleiras podem ser caracterizadas de acordo com os tipos de móveis que fabricam. A seguir, para se ter uma visão geral de como se estruturam as indústrias moveleiras nacionais, é feita uma classificação a partir de três tipos de móveis produzidos:

- móveis torneados residenciais;
- móveis retilíneos; e
- móveis para escritório.

Pode-se definir móveis torneados residenciais como sendo móveis de alta qualidade e com grande número de detalhes de acabamento, que se destinam à população de maior renda. A matéria-prima básica é a madeira aglomerada conjugada com a madeira maciça, que é usada em determinadas partes ou em detalhes de acabamento. O segmento que fabrica estes móveis é caracterizado por, numa mesma planta fabril, reunir inúmeras etapas do processo produtivo. Nestas plantas reúnem-se as etapas de secagem, processamento secundário, usinagem, acabamento, montagem e embalagem e o resultado é a produção de inúmeras linhas de produtos – salas de jantar, dormitórios, cozinhas, estantes, entre outros –, com diferentes padrões de acabamento. As plantas fabris deste segmento são caracterizadas pela grande diferença tecnológica e de leiautes entre as empresas. As empresas que fabricam estes móveis, de maneira geral, possuem plantações próprias de madeira, principalmente de *Pinus*.

Pode-se definir móveis retilíneos como móveis de uma complexidade menor que a dos torneados, com faces retas e sem detalhes sofisticados de acabamento e que se destinam a uma população de renda média. A matéria-prima utilizada é a madeira aglomerada, crua ou revestida, em forma de chapas. Com estas características tem-se um processo produtivo menos complexo, que abrange as seguintes etapas: corte das chapas, usinagem e embalagem. Recentemente, muitas empresas deste segmento eliminaram as etapas de acabamento e montagem. O segmento de móveis retilíneos tem menor defasagem tecnológica em relação ao dos outros tipos de móveis, apresentando um grau de especialização muito maior em cada processo. A maioria dos leiautes das empresas que trabalham com móveis retilíneos é de produção seqüenciada e racionalizada, o que garante um fluxo contínuo de produção, sem estoques intermediários. As chapas de madeira aglomerada já são compradas com revestimentos e a montagem é quase sempre repassada para a etapa de comercialização, ou seja, a montagem é feita na casa do consumidor pelos comerciantes intermediários.

Os móveis de escritório são móveis que se caracterizam por apresentarem a combinação de madeira e metal, havendo uma pequena diversificação de produtos e uma maior complexidade tecnológica. São móveis deste segmento cadeiras, mesas e estantes. Os processos aqui envolvidos são: marcenaria, metalurgia, tapeçaria, injeção em poliuretano, acabamento, montagem e embalagem. Em questão de máquinas e leiautes, é o setor que apresenta menor desenvolvimento devido à sua complexidade e aos processos

distintos envolvidos. Uma solução para a simplificação deste leiautes é a terceirização, que é a contratação de serviços de outras empresas para o fornecimento de diferentes peças. Exemplo disto são os pés giratórios de cadeiras e os encostos injetados em espuma de poliuretano, que podem ser encomendados em empresas especializadas. Os processos metalúrgicos e de tapeçaria são artesanais. Estes móveis se destinam a abastecer o mercado interno e apresentam vários níveis de qualidade no seu acabamento, de forma direcionada às diferentes classes sociais.

Com relação à mão-de-obra do país, há necessidade de maior especialização, principalmente quando a marcenaria sai do estágio artesanal e passa a operar com máquinas inteligentes, o que vem ocorrendo com grande frequência. Porém, quase inexitem cursos de especialização direcionados à formação de técnicos e engenheiros do mobiliário que integrem conhecimentos básicos de matéria-prima e tecnologia de produção, ao contrário do que ocorre em países como Itália, França e Alemanha, neste campo do conhecimento.

Algumas empresas já substituíram o sistema convencional de qualidade no final da linha de produção pelo sistema de qualidade total. A qualidade é uma preocupação constante das empresas, que muitas vezes adotam normas e procedimentos próprios, uma conseqüência da competitividade. Não existem normas técnicas que gerenciem o setor, conduzindo-o a esta situação de qualidade.

No que diz respeito ao desenvolvimento de produtos, a utilização de novos materiais, novos tipos de acabamentos e processos, constitui uma das principais atividades inovadoras da indústria moveleira. No Brasil, os móveis, em sua maioria, são cópias modificadas de móveis oferecidos no mercado mundial, sendo o padrão nacional determinado pelas feiras mundiais. Nossas empresas possuem equipes que desenvolvem protótipos destes móveis copiados, sendo poucas as que desenvolvem seus próprios desenhos. Muitas empresas que trabalham com móveis não possuem seu departamento de desenvolvimento de produto corretamente definido e agrupado. Há empresas que consideram o desenvolvimento de produto desnecessário e dispensam este departamento por encará-lo como custo adicional. A utilização de sistemas CAD é insignificante; geralmente são usadas pranchetas para fazer o detalhamento do projeto de móveis.

Em relação à comercialização, a maioria dos produtos é oferecida às lojas através de representantes comerciais. As empresas que oferecem produtos mais sofisticados, principalmente cozinhas, dormitórios e móveis para escritório, diferenciam-se no processo de concorrência pelo estabelecimento de rede de lojas próprias para a distribuição de seus produtos. Há empresas, também, que fazem o franqueamento de suas lojas. Em relação ao mercado externo, as exportações são feitas através de contato direto com importadores de outros países ou até pela venda direta em lojas próprias.

2.2.4 TÉCNICAS DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

Algumas empresas utilizam técnicas de administração da produção, como PCP, JIT/KANBAN, MRP, MRP II, estes dados foram obtidos junto à ABIMOVEL (Associação Brasileira das Indústrias Moveleiras). As técnicas japonesas proporcionam uma racionalização ao nível de processos já existentes preparando futuras melhorias tecnológicas. As empresas de médio porte se apresentam mais receptivas à adoção dessas técnicas. As empresas que produzem móveis com partes metálicas utilizam o KANBAN para a movimentação de materiais, e entre as que produzem móveis de madeira umas poucas utilizam o MRP e MRPII. No setor dos móveis de madeira a utilização do sistema JIT/KANBAN predomina nas médias empresas e é quase ausente nas grandes. As pequenas empresas do setor moveleiro, em geral, não usam nenhuma das técnicas de administração citadas. Forma-se, assim, um contraste entre indústrias: enquanto a indústria metal-mecânica tenta ao máximo a racionalização da produção, usando largamente as técnicas de administração desta, a indústria moveleira parece não ter o mesmo interesse nesse ponto, com exceção das médias empresas desse setor, que se apresentam as mais interessadas, por serem mais flexíveis que as grandes e por possuírem mais recursos financeiros que as pequenas.

2.2.5 EXPORTAÇÕES NACIONAIS DA INDÚSTRIA MOVELEIRA

Em termos de exportações, Santa Catarina encontra-se na primeira posição do ranking dos estados brasileiros na exportação de móveis, como mostrado na figura 2.2. O estado de Santa Catarina possui 9,03% do total de indústrias de móveis de todo o país e, no que diz respeito à produção, encontra-se em terceiro lugar, atrás do Rio Grande do Sul e de São Paulo [1].

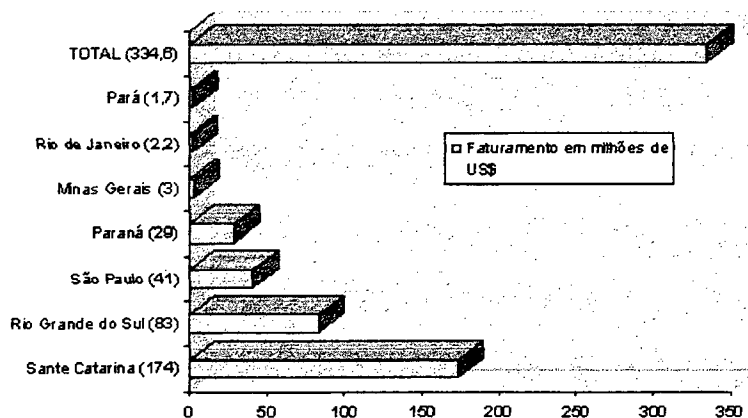


FIGURA 2.2 - Ranking dos Estados Brasileiros de Exportações de Móveis - 1995. (Fonte: ABIMOVEL)[1].

Ao nível de exportações, o ramo moveleiro teve um crescimento de 11% em 1996 em relação a 1995. O crescimento não foi como o de 1992 para 1993, quando foi em torno de 100%, como é mostrado na figura 2.3.

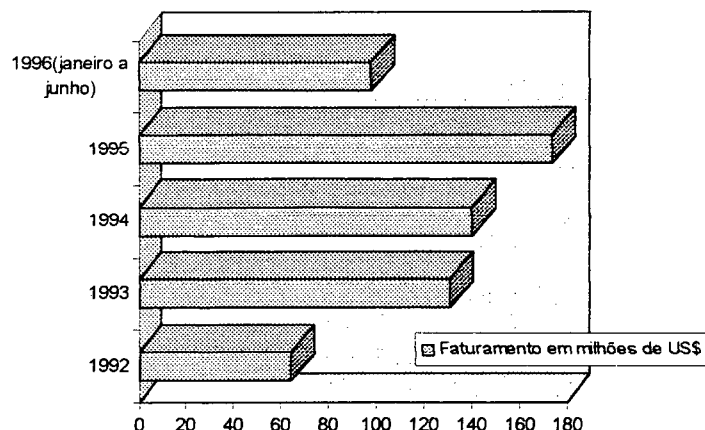


FIGURA 2.3 - Evolução das exportações catarinense de móveis. (Fonte: ABIMOVEL)[1].

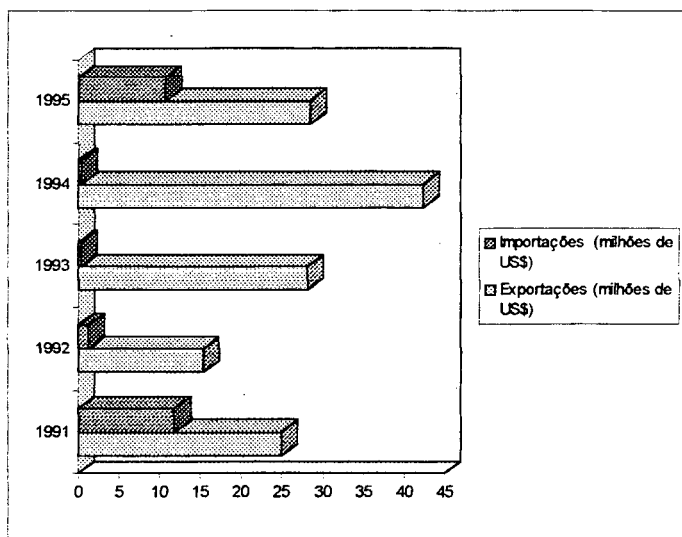
As previsões de exportação para o ano 2000 são de US\$ 1 bilhão em móveis, três vezes maior que o faturamento de 1995 [1].

O Brasil, em 1997, começou a colher os frutos do PBD (Programa Brasileiro de Design), iniciado em 1996, melhorando a qualidade dos móveis nacionais diante das exigências do mercado internacional. O PBD tem, nesse final de década, como um dos objetivos enviar especialistas para a Itália – maior e melhor produtora de móveis do mundo, juntamente com a Alemanha – e, assim, transferir conhecimento para as indústrias nacionais. Segundo o secretário executivo da ABIMOVEL[1]:

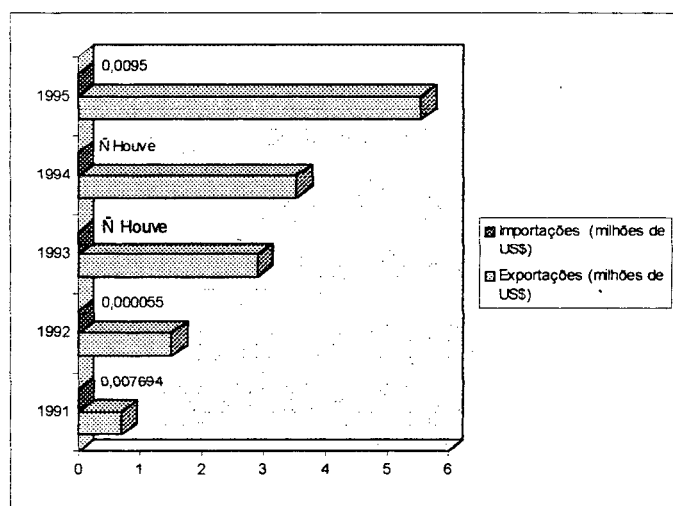
Hoje o olhar dos importadores é de muita reserva com relação à indústria moveleira brasileira, pois não tem design.

Mesmo assim, o salto nas exportações é significativo devido ao Brasil ser um dos pólos com maior matéria-prima disponível e ser possuidor de uma mão-de-obra barata. Estes dois fatores são especiais para o crescimento das exportações e, também, das vendas internas.

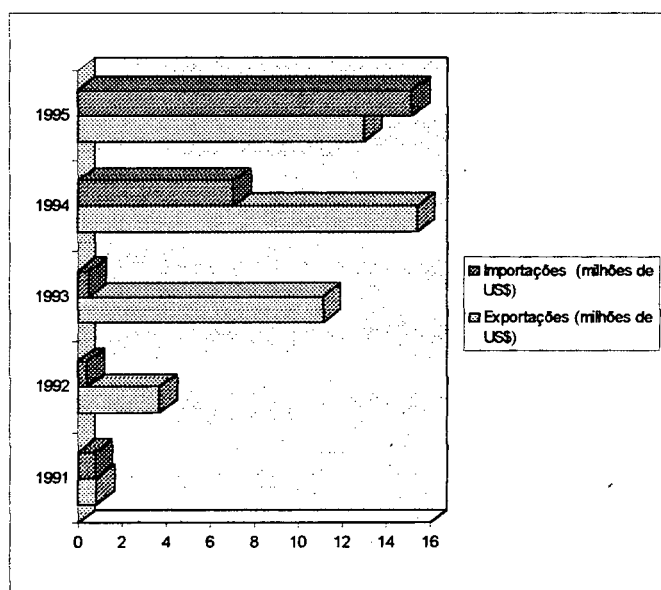
Em relação ao Mercosul, constata-se uma mudança marcante a partir de 1991: houve uma redução das exportações brasileiras para os países deste mercado comum, figura 2.4, enquanto estes aumentaram suas exportações para o Brasil. Isto, segundo a ABIMOVEL, ocorreu devido à forma como as negociações e liberações de taxas se deram, não levando em conta as considerações particulares de cada país do bloco econômico.



a) Brasil x Argentina.



b) Brasil x Paraguai.



c) Brasil x Uruguai.

FIGURA 2.4 - Exportações para alguns países do Mercosul. (Fonte: ABIMOVEL)[1].

2.3 SEGMENTO MOVELEIRO INTERNACIONAL

2.3.1 ORGANIZAÇÃO DA INDÚSTRIA MOVELEIRA INTERNACIONAL

A indústria de móveis é uma indústria tradicional, como já foi dito, e possui tecnologias de produção consolidadas e difundidas, fazendo com que sua evolução ocorra paralelamente à das máquinas e equipamentos. Isso facilita o acesso de quaisquer países a tecnologias de últimas gerações. Não há mudanças radicais nos processos produtivos, mas sim graduais, que não são importantes ao ponto de alterar bruscamente a posição competitiva dos diversos países.

A última grande mudança em termos globais foi a passagem da base técnica eletromecânica para máquinas e equipamentos com componentes microeletrônicos. Com isso houve o aumento na produtividade, na qualidade e maior flexibilidade na produção. Esta mudança também reduziu o número de pessoas para operar as máquinas, mas ainda continua absorvendo grande número de mão-de-obra. A integração entre as máquinas é feita pelo homem, e ainda há processos manuais, devido principalmente à grande quantidade de diferentes peças produzidas.

As características da indústria moveleira em nível mundial são simples: esta indústria atua principalmente na montagem e embalagem de seus produtos, sendo as etapas fabris feitas por outras empresas. Trata-se de uma indústria fragmentada, que adiciona pouco à indústria de transformação e absorve bastante mão-de-obra.

A participação da indústria de móveis na produção industrial nos principais países desenvolvidos – Estados Unidos, Japão, Alemanha, França, Inglaterra, Itália e Espanha – foi em média 1,2% no ano de 1988, chegando a 1,9% na Itália, como é visto na tabela 2.1.

A indústria moveleira internacional tem apresentado um padrão industrial com poucos processos numa mesma planta fabril, o que possibilita especialização e melhoras no processo produtivo.

Na Itália, por exemplo, as grandes empresas se dedicam à montagem e acabamento de móveis a partir de acessórios e componentes produzidos por inúmeras empresas pequenas. As pequenas empresas se dedicam à fabricação específica de determinado tipo de móvel ou determinado componente e trabalham na forma de terceirização. Há, no total, na Itália, em torno de 33000 empresas, que em sua maioria possuem menos de 10 empregados e utilizam máquinas de última geração. Por isso, a indústria italiana se caracteriza por ser uma indústria bastante pulverizada, o que não acontece com a indústria

alemã, que possui cerca de 1200 empresas que trabalham junto com mais de 2000 pequenas oficinas especializadas.

TABELA 2.1 - Exportações dos Principais Países Exportadores, por Segmento (em US\$ 1000) [3].

Gênero	EUA 1988	Japão 1988	Alemanha 1988	França 1988	Reino Unido 1988	Itália 1988	Espanha 1988	Total
	Alimentos Bebidas e Fumo	390207	159590	90414	87318	90263	46630	
Têxtil, vestuário e couro	141971	66850	34903	32151	28027	51100	16725	371727
Madeira e Móveis	87061	38050	21299	14694	16728	12210	7691	197733
Madeira	54736	24750	9724	7673	8161	4970	4723	114737
Móveis	32325	1330	11575	7021	6785	7240	2969	82997
Papel	275632	1000600	34904	39047	43088	21660	12908	527839
Química	527614	212520	162462	97830	101790	76980	39263	1218459
Minerais não metálicos	66399	50500	22296	17650	20456	18850	10726	206877
Metalurgia Básica	140309	113120	49346	38007	29388	31170	15836	417176
Produtos Metalúrgicos	941034	552640	326060	197438	150035	106920	59950	2334077
Eletrônica	177273	188400	44118	nd*	33838	14750	5030	463409
Outros	33496	21170	3567	6668	5053	2510	1567	74031
Total	2780996	1503440	789369	530803	518666	382780	219354	725408

* nd - não disponível.

Taiwan é um país com pouca tradição na fabricação de móveis e o seu sucesso se deve à pouca verticalização de suas empresas, predominando as pequenas e médias. Estas produzem um número limitado de modelos de móveis e se utilizam de uma extensa rede de subcontratações para a obtenção de partes e acessórios.

Em nível internacional, a competitividade não está apoiada unicamente sobre a eficiência da produção, mas também está apoiada sobre tudo na qualidade, na ergonomia, na flexibilidade de configuração, na facilidade de montagem e no *design* dos móveis. Em geral, não há desenvolvimentos típicos de P&D (Pesquisa & Desenvolvimento) na indústria de móveis; somente desenvolvimento de produtos. Existem equipes que desenvolvem novos móveis e testam novos materiais em laboratórios através da construção de protótipos. As empresas mais modernas utilizam sistemas de CAD (*Computer Aided*

Design) para projetar e desenvolver novos móveis. A inovação tecnológica de móveis de madeira origina-se basicamente das inovações de produtos pelo aprimoramento do *design* e pela utilização de novos materiais. Neste aspecto, a utilização de sistemas CAD tem permitido um aprimoramento do *design* e uma maior flexibilidade de modelos, e é a ferramenta de projeto mais utilizada.

No caso da Itália, destacam-se a força de sua escola de *design*, que é o que consegue determinar o padrão de consumo de vários países, e a eficácia de seu modelo industrial desverticalizado, um conjunto que garante a sua tradição exportadora.

2.3.2 PRINCIPAIS EXPORTADORES MUNDIAIS

No ramo moveleiro mundial começou a se fazer comércio exterior nas últimas três décadas. O primeiro país a exportar seus móveis foi a Dinamarca, nas décadas de 50 e 60. Na década de 70, quem começou a liderar o comércio internacional foi a Itália, que é seguida até hoje pela Alemanha. Esta liderança, como já foi assinalado, deve-se à tradição exportadora e também ao modelo industrial e grau de atualização tecnológica ao nível de processos e projeto.

O comércio exterior se restringe a intercâmbios entre os principais países desenvolvidos. Isto pode ser visto na tabela 2.2, em que, no ano de 1988, se nota que 80% das exportações e 85% das importações ficaram com 14 países desenvolvidos.

TABELA 2.2 - Importação e Exportação Mundiais de Móveis Segundo os Principais Países Desenvolvidos em 1988 (em US\$ 1000) [3].

País	Export.(X)	%	%Ac.	Import.(M)	%	%Ac.	Total X-M
Itália	4123171	23.5	23.5	372889	1.9	1.9	3750282
Alemanha	3988524	22.7	46.2	2797466	14.5	16.4	1191058
Dinamarca	1089503	6.2	52.4	282970	1.5	17.9	806533
Canadá	1284899	7.3	59.7	582935	3.0	20.9	701964
Suécia	979067	5.6	65.3	552449	2.9	23.7	426618
Espanha	433717	2.5	67.8	216398	1.1	24.8	217319
Bélgica	1090989	6.2	74.0	1008801	5.2	30.1	82188
Japão	383609	2.2	76.2	739277	3.8	33.9	-355668
Áustria	343962	2.0	78.1	738136	3.8	37.7	-394174
Holanda	711011	4.1	82.2	1239813	6.4	44.1	-528802
Suíça	272063	1.5	83.7	1172435	6.1	50.2	-900372
Inglaterra	636642	3.6	87.4	1773445	9.2	59.3	-1136803
França	1079052	6.1	93.5	2663795	13.8	73.1	-1584743
EUA	1136925	6.5	100.0	5202769	26.9	100.0	-4065844
Total	17553134	100.0	100.0	19343578	100.0	100.0	368967712

Em 1988, as exportações mundiais de móveis nos países desenvolvidos atingiram US\$17.5 bilhões dos US\$ 22.1 bilhões envolvidos com a exportação mundial. A Itália, com 18,6% das exportações e a Alemanha, com 18,0%. Ambas são responsáveis por 36,6% das exportações mundiais, o que comprova suas lideranças neste setor. Países emergentes estão surgindo, como, por exemplo, Taiwan, que exporta muito para os Estados Unidos e para os países da antiga União Soviética.

Os principais importadores são os Estados Unidos, Alemanha e França, que no ano de 1988 foram responsáveis por 46,5% das importações de móveis de todo o mundo.

Os móveis de madeira são os mais comercializados, como mostram os dados da tabela 2.3, seguidos por cadeiras e assentos. Itália e Alemanha também controlam as exportações de cadeiras e assentos.

TABELA 2.3 - Exportações dos Principais Países Exportadores por Segmento (em US\$ 1000) [3].

País	Cadeiras e Assentos	Móveis				Outros	Total
		Metal	Madeira	Outros	Total		
Itália	1420843	278862	1334933	394852	2008647	693681	4123171
Alemanha	1157993	362667	1594139	312514	2269320	561211	3988524
Bélgica	333428	39504	465613	78261	583378	174183	1090989
Dinamarca	195218	62170	509175	93119	6644664	229823	1089505
França	314356	116342	335274	130025	581641	183055	1079052
Suécia	213761	89865	375898	155434	621197	144109	979067
Holanda	221222	120161	219767	74613	414541	75248	711011
Inglaterra	149746	58528	188084	52225	298837	188059	636642
Iugoslávia	133996	1818	124015	35282	161115	218879	513990
Espanha	114910	25108	173410	47760	146278	72529	433717
Áustria	116400	25292	120658	43715	189665	37897	343962
Japão	48282	26642	15892	8351	50885	284442	383609
Total	4420155	1206959	5456858	1426151	8089968	2863116	15373239

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O potencial competitivo de nossa indústria moveleira é grande em relação aos principais exportadores de móveis, principalmente pela grande variedade, qualidade e quantidade de madeira existente em nosso país, uma vez que este é um fator importante para o ramo moveleiro. Uma das maneiras de defender esse potencial seria inibindo a exportação de madeira bruta, serrada ou folhada. A exportação de madeira pode ser feita, mas de forma racional, tomando-se cuidado com o desmatamento e tendo planos de

reflorestamento. Uma madeira que possui grande demanda é o *Pinus* e, para esta, o Brasil possui boas condições para o plantio devido ao seu clima.

Não só a madeira, mas também a mão-de-obra abundante e barata é outro ponto de competitividade. As grandes dificuldades se encontram na obtenção ou formação de mão-de-obra especializada.

Certamente, há desvantagens ao nível tecnológico, com máquinas inferiores e ultrapassadas, mas isso pode ser corrigido com investimentos parcelados, ao longo do tempo, através da importação de equipamentos, já que a abertura de mercado permite que estes sejam trazidos por bons preços.

É necessário também maior cooperação entre as empresas, o que poderia ser obtida através de formação de consórcios para a exportação e importação de matéria-prima, entre outros.

Em muitos países, a concorrência desenfreada entre as empresas tem sido substituída por cooperação, o que tem dado bons resultados na busca pelo mercado externo. Uma cooperação entre empresas que produzem o mesmo tipo de móveis pode trazer benefícios para todo o setor e, presumivelmente, também para o consumidor.

No segmento específico de móveis retilíneos, o maior problema encontrado é sua matéria-prima, o aglomerado. Isto se deve à desatualização tecnológica e reduzido número das indústrias produtoras de aglomerados. Somente a modernização deste setor e o aumento da competitividade, com maior número de empresas, poderia trazer uma melhoria no fornecimento de matéria-prima. A importação desta é limitada, pois é difícil ter um abastecimento garantido e contínuo para as empresas fabricantes de móveis.

A falta de tradição exportadora também é uma barreira. A abertura proporcionada pelo Mercosul é uma boa oportunidade para a indústria brasileira, devido ao baixo nível de desenvolvimento das indústrias dos países vizinhos.

Outros países da América Latina também representam boas oportunidades de exportação, que normalmente não são buscadas pelas empresas nacionais.

O desenvolvimento de produtos através de metodologias de projeto vem como forma de atender, mais satisfatoriamente, às necessidades dos clientes, como também de obter o desenvolvimento de melhores móveis, com as seguintes características:

- maior qualidade;
- rapidez em lançamento do produto;
- produção mais racionalizada e organizada;
- custos baixos;
- maior competitividade;
- entre outras.

Na indústria moveleira, a utilização de móveis modulares é comum em cozinhas, dormitórios, estantes e estofados. A utilização de linhas modulares também é uma boa opção para a indústria moveleira, pois flexibiliza o produto, aumenta a variedade de produtos oferecidos, racionaliza a produção, entre outras vantagens. Assim sendo, a união de uma metodologia de projeto com a utilização de móveis modulares pode ser uma boa alternativa para melhorar os móveis nacionais, ou seja, uma estratégia possível para torná-los mais competitivos.

CAPÍTULO 3

MATÉRIAS-PRIMAS, PROCESSOS, ACESSÓRIOS

3.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo descrever as matérias-primas, processos e acessórios utilizados pela indústria moveleira.

Conhecer matérias-primas, processos e acessórios é fundamental para o desenvolvimento de produtos.

Como seria de se esperar, há uma relação indissociável entre os diferentes tipos de móveis e as matérias-primas e processos envolvidos na produção. A análise de cada um desses tópicos deve ser entendida a partir do móvel desenvolvido.

Especificamente para o caso dos acessórios, a situação é diferente, uma vez que, como o nome diz, os acessórios fazem parte do acabamento e há uma variedade de opções à disposição no mercado. Portanto, a obtenção das informações disponíveis no mercado foi feita através de uma visita a uma feira de acessórios, insumos e máquinas para a indústria moveleira, a FIMMA (Feira Internacional de Máquinas, Matérias Primas e Acessórios), realizada em março de 1997, em Bento Gonçalves.

Nessa mesma visita, foram consultados os expositores sobre seus produtos, e o resultado dessa pesquisa também é apresentado neste capítulo.

Este capítulo também é importante para o estudo de caso realizado neste trabalho, pois serviu de fonte de pesquisa para o mesmo.

3.2 TIPOS DE MÓVEIS, MATÉRIAS-PRIMAS E SEUS PROCESSOS

Podem-se definir móveis como sendo objetos para uso ou adorno do interior de uma casa ou de um ambiente, caracterizados por serem compostos geralmente de madeira, podendo também ser de plástico, metal, concreto, entre outros materiais.

Antes de citar as matérias-primas mais comuns para a fabricação de móveis, é mais adequado falar de tipos de móveis primeiro, porque destes depende a seleção da matéria-prima. Para esse fim, uma classificação diferente da feita no capítulo 2 é usada neste capítulo e esquematizada na figura 3.1.

Esta classificação usa como atributo básico o principal material utilizado para a fabricação. Isto foi feito para melhor entendimento e explicação dos processos que envolvem estes materiais e móveis.

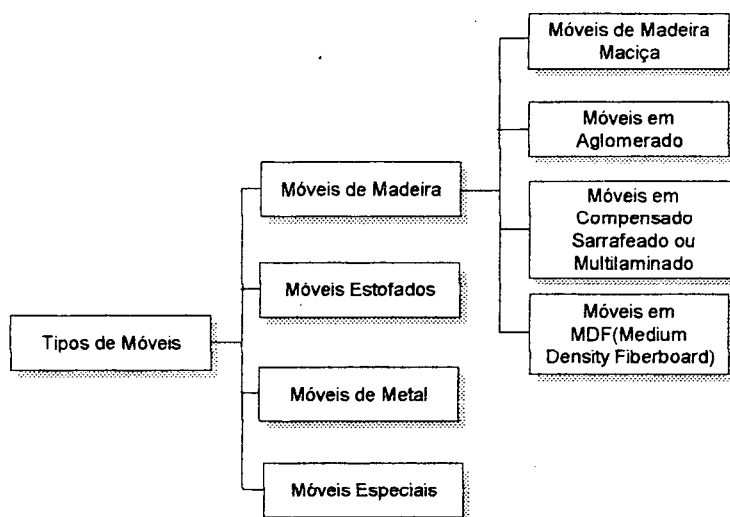


FIGURA 3.1 - Classificação de móveis segundo seus materiais.

3.2.1 MÓVEIS DE MADEIRA MACIÇA

Móveis de madeira maciça caracterizam-se por serem feitos de madeira maciça, cortada em forma de pranchas, próximas da forma final, ou por peças torneadas.

São usados diferentes tipos de madeira e entre as mais utilizadas pode-se citar: *Pinus, Eucaliptos, Embuia, Canela, Mogno, Cerejeira e Frejó*. A utilização destas madeiras depende de sua disponibilidade e custo. São levados em consideração a possibilidade de reflorestamento e fornecimento contínuo. São móveis mais caros, mais duráveis e resistentes que os outros tipos.

Os processos aqui envolvidos são: secagem, corte e usinagem, lixamento, acabamento, montagem.

Para a produção de móveis de madeira maciça, deve-se levar em conta que esta necessita passar por um processo de secagem, que, em escala industrial, tem sido executado em estufas. Cada madeira possui um processo específico de secagem, levando-se em consideração as características de cada tipo de madeira. Este processo inicia-se ao ar livre, passando depois por estufas, que podem ser do tipo solar, ar quente, elétrico ou a vapor. O importante é que a madeira atinja um teor de umidade em torno de 12%, para poder ser cortada e usinada.

Após a secagem, o processo de corte e usinagem é feito para a obtenção das dimensões e formas desejadas. Algumas máquinas usadas para isso são: otimizadoras de corte; serras circulares ou de fita; destopadeiras; desempenadeiras; tupias; molduradeiras e

centros de usinagem. Estas máquinas têm as mais diferentes funções, desde otimizar o corte das chapas de madeira, até desempená-las e dar formas às suas bordas ou no interior do seu contorno.

A produção de móveis de madeira, não só de madeira maciça, mas para outros móveis de madeira pode ser melhor entendido com a figura 3.2.

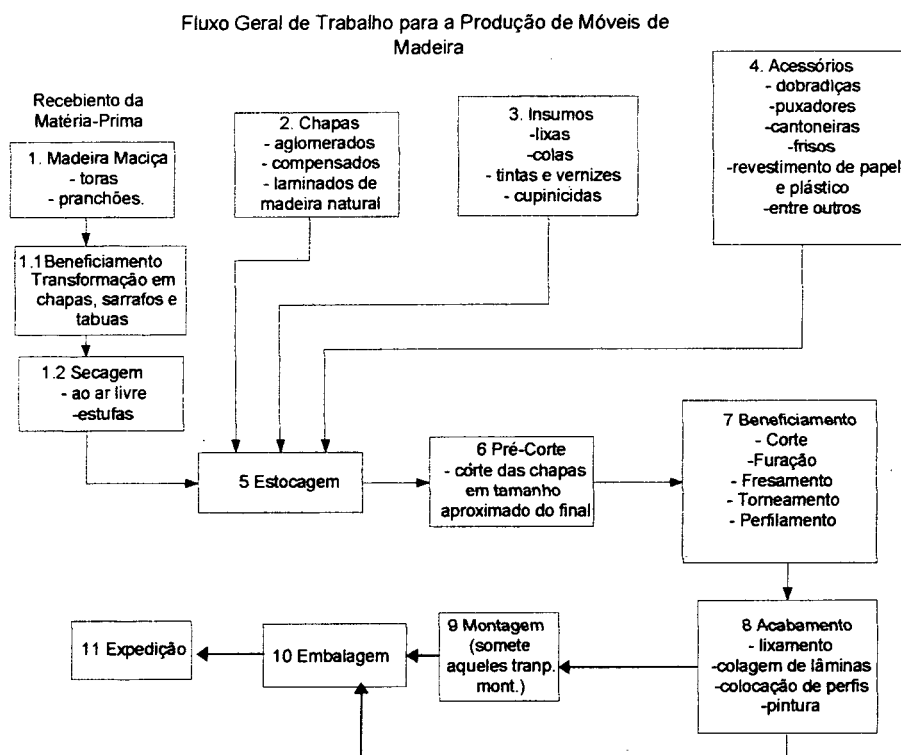


FIGURA 3. 2 - Fluxo do processo de produção de móveis de madeira maciça e de aglomerado.

O acabamento começa com o lixamento, que tem a função de preparar a superfície da madeira para a aplicação dos produtos de proteção e acabamento mais refinado, deve ser feito com lixas de granulação adequada para se obter o padrão desejado de acabamento. Os produtos de aplicação para acabamento mais utilizados são poliuretanos, seladores, vernizes, nitrocelulose, poliéster e PVC. Para receber qualquer um destes acabamentos, a madeira deverá ter sua superfície de aplicação bem lisa, limpa e isenta de riscos ou outros defeitos.

3.2.2 - MÓVEIS DE AGLOMERADO

Móveis de aglomerado são feitos com chapas de aglomerado cortadas na forma final das peças; são móveis geralmente mais baratos que os de madeira maciça; em compensação, menos resistentes e duráveis.

O aglomerado, como é conhecido na indústria moveleira, é uma chapa fabricada a partir de partículas de madeira de *Eucalipto*, *Acácia* ou *Pinus*, partículas que, através de um processamento, são aglomeradas (ligadas) por resinas sintéticas e adesivos especiais, prensadas a altas temperaturas para formar chapas planas. Estas chapas podem apresentar várias medidas, geralmente variando de 3 a 30 mm em espessura e, em média, com 2750 mm de comprimento por 1830 mm de largura. Estas chapas podem ser encontradas como chapas cruas, sem revestimento, ou revestidas com lâminas de madeira natural, com folhas de material celulósico resinado em padrão de madeira (tipo "FF" - "Finish Foil"), ou revestidas em ambas as faces com folhas melamínicas (tipo "BP" - Baixa Pressão).

O aglomerado com revestimento em FF é pouco resistente à abrasão, sendo sua utilização recomendada para:

- móveis para cozinhas;
- móveis para dormitórios;
- caixas acústicas; e
- "racks" (pequenos suportes domésticos).

Os revestimentos destes aglomerados, tipo "FF", apresentam ou padrão madeira (variado) ou são unicolores, dependendo do fabricante. Maiores informações sobre sua usinagem e furação são apresentadas no ANEXO B.

Os acabamentos nas faces cortadas devem ser feitos com fitas contínuas de papel resinado, fitas de PVC, poliestireno, ABS, perfis metálicos e plásticos, ou encabeçamento de madeira.

O revestimento do tipo "BP" possui maior resistência à abrasão, a produtos químicos domésticos e ao aquecimento (ex.: pontas de cigarro). É utilizado e recomendado para várias aplicações, entre elas:

- móveis para cozinhas: portas e laterais;
- móveis para escritório;
- móveis para dormitórios;
- caixas de som e de aparelhos de TV;
- divisórias; e
- forros.

O revestimento do tipo "BP" pode ter seu acabamento nos mais diversos padrões, dependendo dos fabricantes, e possui as mesmas opções que o "FF".

O processamento do “BP” e do “FF” são semelhantes, e as máquinas que processam um tipo de aglomerado processam o outro sem problema, mudando unicamente ângulos de corte para as ferramentas de usinagem.

Além dos vários revestimentos, também são oferecidas várias formas, como as representadas na figura 3.3. Alguns fabricantes oferecem perfis arredondados em fórmica “posforming”, os quais facilitam a fabricação dos móveis.

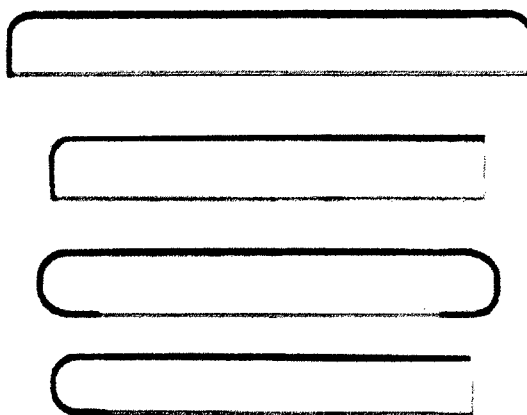


FIGURA 3.3 - Vista lateral de aglomerado com laterais arredondadas.

O processo de usinagem do aglomerado difere muito do da madeira maciça, pois sua estrutura é distinta e suas características físicas também. No corte, por exemplo, não é necessário obedecer a direção das fibras - o que deve ser feito para madeira maciça -, podendo ser cortado tanto no sentido do comprimento como no da largura.

O processamento do aglomerado segue o fluxo de produção da figura 3.2, e as máquinas utilizadas, basicamente, para processar este tipo de matéria-prima são:

- serras circulares;
- furadeiras;
- seccionadoras;
- perfiladeiras; e
- furadeiras múltiplas.

As últimas três são máquinas de alta produção e podem ter ou não controladores numéricos.

Comparado-se o processamento da madeira maciça com o aglomerado, chega-se à conclusão de que o tempo de processamento é menor para o aglomerado, pois sua usinagem é mais simples devido às suas características estruturais, havendo assim um aumento na produtividade, devido à mais fácil fabricação.

3.2.3 MÓVEIS DE COMPENSADO SARRAFEADO OU MULTILAMINADO

Os móveis feitos com compensado sarrafeado ou multilaminado são geralmente sob medida (mesas, armários e cadeiras) e apresentam características de resistência intermediárias entre os móveis de aglomerado e madeira maciça, sendo seu preço elevado exatamente por serem sob medida.

A obtenção deste tipo de chapa é muito diferente da obtenção da chapa de madeira aglomerada, embora a usinagem do compensado multilaminado obedeça ao mesmo processo do aglomerado. Quanto à produção de móveis, estes dois tipos de chapas seguem as linhas de produção da figura 3.2, e as máquinas utilizadas para o seu processamento são as mesmas que as dos móveis aglomerados.

O compensado multilaminado é fabricado a partir de um número ímpar de lâminas de madeira coladas e prensadas e com uma capa de lâmina de revestimento desejada.

A chapa sarrafeada é fabricada a partir de sarrafos de madeira revestidos com uma contracapa de lâmina de madeira, uma em cada face do painel, e por uma capa de lâmina de revestimento com a madeira desejada. O seu processamento para a fabricação exige cuidados devido à sua estrutura. Cuidados devem ser tomados na furação, que não deve ser feita nas emendas dos sarrafos. O seu corte deve ser feito pelo comprimento da chapa ou pela largura, não sendo possíveis cortes com inclinação.

As máquinas utilizadas para o processamento dessas matérias-primas são as mesmas utilizadas para o aglomerado.

3.2.4 MÓVEIS DE MDF

As principais aplicações dos móveis MDF (Medium Density Fiberboard) são em portas de móveis de cozinhas, portas de móveis de banheiros, porta de móveis de dormitórios, frente de gavetas, móveis infantis, estantes, móveis de escritório, mesas de canto, tampos de mesas, molduras, apliques, cadeiras, racks, estrados de camas e laterais de gavetas. Seu processo de usinagem é o mesmo que o do aglomerado, apresentando-se com melhor acabamento superficial, o que melhora suas características para a aplicação de revestimentos e vernizes, dispensando o lixamento. As máquinas utilizadas para o seu processamento também são as mesmas para o aglomerado, e seu processamento também segue as linhas da figura 3.2.

Na construção civil o MDF é usado nos pisos, em rodapés, batentes de portas, capas de porta moldada, venezianas interna de portas, forros e almofadas de portas.

Pode também ser usado em painéis, assentos sanitários, brinquedos, gabinetes para máquinas de costura, caixas para relógio de parede, pás de ventiladores e entalhes em geral.

O MDF é um tipo de chapa muito utilizada onde se pretende substituir a madeira maciça ou aplicar acabamentos laqueados. Utilizam-se as mesmas máquinas do processamento de madeira aglomerada, sendo o acabamento e a qualidade da madeira muito superior à do aglomerado. O MDF é uma chapa de fibra de média densidade, fabricada mediante um processo de desfibramento e aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas, por meio do calor e pressão; é homogêneo em toda sua superfície, trazendo muitas vantagens. Apresenta superfícies suaves, sem imperfeições, boa resistência em juntas parafusadas, boa resistência à flexão e grande estabilidade dimensional, fácil operação nos processos de usinagem de topo e de superfície, ótima capacidade para cortes, entalhes, junções exatas e perfeitamente polidas, sem fendas e sem lascamento. Tem, também, grande variedade de acabamentos, menor custo total e aumenta os benefícios na obtenção de produtos mais elaborados.

Sua qualidade também pode ser determinada pelo perfil de densidade da chapa, sendo sua densidade externa maior que a interna, o que confere maior dureza e menor absorção de pintura e solventes. O corpo central deve ser de densidade menor e máxima homogeneidade para assegurar uma ótima trabalhabilidade e uma resistência uniforme.

3.2.5 MÓVEIS ESTOFADOS

Móveis estofados são móveis que se caracterizam por serem compostos por uma estrutura básica revestida por espuma e tecido, o estofado. As empresas deste segmento do setor moveleiro se caracterizam pelo baixo investimento inicial em equipamentos, mas requerem mão-de-obra especializada em pontos-chave, como estofaria, tapeçaria e costura.

O maquinário para a preparação da madeira é muito simples:

- serra de fita;
- serra circular;
- serra destopadeira; e
- desengrossuradeira.

Quando a estrutura é de madeira, esta geralmente é o *Eucaliptos*, mas utiliza-se aglomerado, sem se necessário seu beneficiamento.

Os maiores investimentos neste tipo de móveis estão na área de costura e nos equipamentos pneumáticos.

A matéria-prima básica é a espuma de poliuretano, considerada material de enchimento. Tecido, corino, couro, etc., como material de recobrimento, são os mais custosos.

O processo de produção dos estofados é mostrado esquematicamente na figura 3.4.

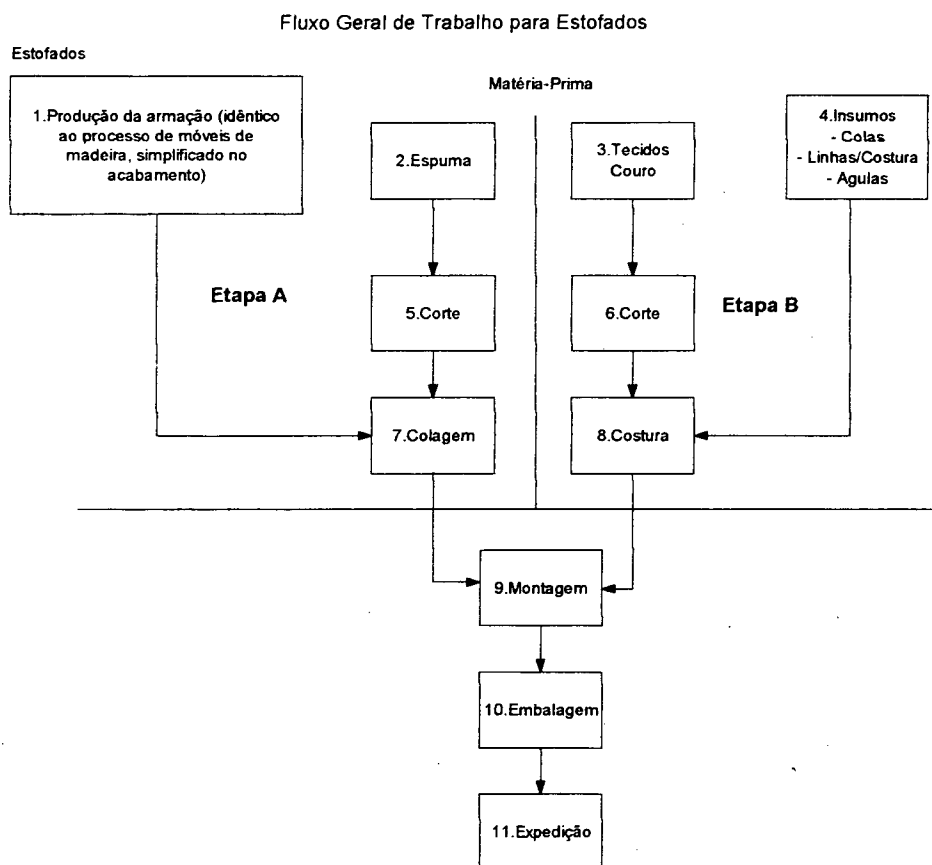


FIGURA 3.4 - Fluxo do processo de produção de estofados.

O processo de produção de um estofado divide-se basicamente em duas etapas:

a) A produção da estrutura (estrutura básica) é geralmente de madeira, podendo ser metálica. Esta pode ser adquirida pré-cortada ou pode ser processada na própria empresa. Em seguida é feita a operação de união da estrutura, utilizando-se grampeadores pneumáticos, gabaritos e dispositivos de montagem. A seguir são fixados os materiais de suspensão e o enchimento.

b) O recobrimento é a maquiagem do produto, sendo obtido através do corte de tecidos e espumas unidos pela operação de costura. São utilizados grampeadores pneumáticos para a fixação do recobrimento.

3.2.6 MÓVEIS DE METAL

Os móveis de metal têm como matéria-prima fundamental o metal, em várias formas e perfis, predominando o aço como material básico, sendo o alumínio uma alternativa.

São feitos os mais diversos tipos de móveis metálicos, entre eles:

- cozinhas;
- cadeiras;
- estantes;
- camas; e
- aramados.

O processo de fabricação conta com máquinas de corte, lixadeiras, prensas, dobradeiras manuais, equipamentos para soldagem, pintura e dobradeiras CNC, e pode ser descrito pela figura 3.5.

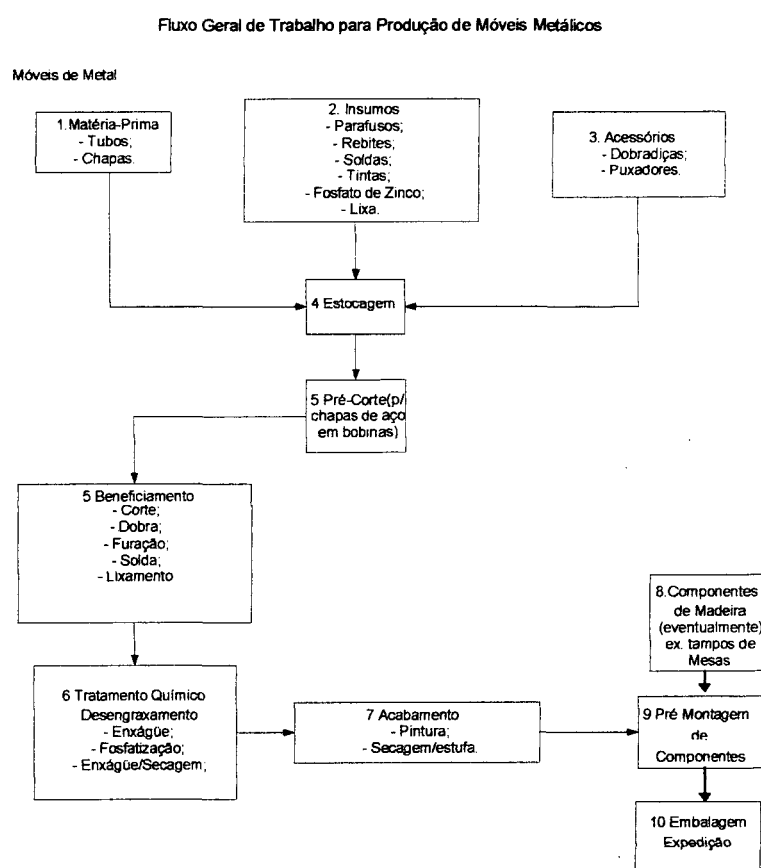


FIGURA 3.5- Fluxo do processo de produção de móveis metálicos.

Para este tipo de móveis, as empresas de pequeno porte contratam serviços de terceiros para boa parte das tarefas de fabricação, sendo as mais comuns as de cromagem e pintura. Os móveis de metal podem ainda aparecer associados com estofados, vidro, couro, madeira e plástico.

3.2.7 MÓVEIS ESPECIAIS

Móveis especiais são considerados os móveis sob medida que atendem à classe social mais alta e que utilizam madeira e metal. O número de fabricantes é reduzido, dado o alto grau de dificuldade e deficiência de tecnologia neste setor, além da carência de mão-de-obra especializada: o processo é geralmente artesanal.

3.3 ACESSÓRIOS

Quando se fala em acessórios para a indústria moveleira, entra-se numa área em que, nos últimos anos, se tem notado uma maior profissionalização das empresas fornecedoras.

Após a abertura de mercado, muitas empresas estrangeiras têm entrado no país, principalmente alemãs e italianas, oferecendo produtos de alta qualidade e com grande variedade, provocando a melhoria da qualidade da indústria nacional de acessórios.

Também quando se fala de acessórios, a variedade encontrada é muito grande e abrange grande parte das necessidades encontradas pela indústria moveleira.

Entre esta grande variedade podem-se citar alguns dos acessórios mais utilizados, que são:

- puxadores;
- dobradiças;
- articuladores para portas deslizantes;
- kits para gavetas;
- corrediças em geral;
- estrados de camas;
- pratos giratórios;
- porta multi-mídia; e
- aramados.

3.3.1 PUXADORES

Puxadores são oferecidos no mercado com uma variedade imensa de formas (algumas apresentadas na figura 3.6), tamanhos, estilos, materiais (madeira, metais e ligas, plásticos e cerâmicas) e com diversas texturas. Suas fixações podem ser por auto-adesão, cola ou parafusos. Sua principal função é a de servir de elemento de aplicação da força necessária para o deslocamento de portas, gavetas e outras peças.

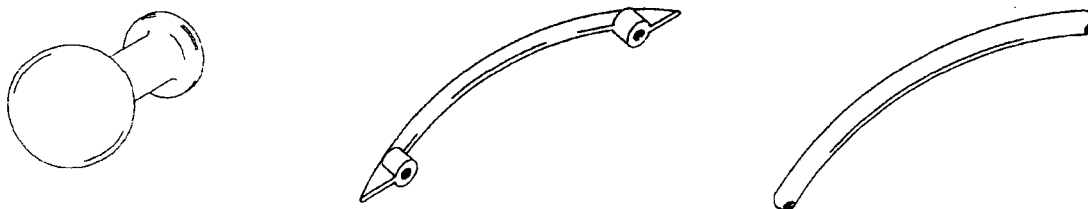
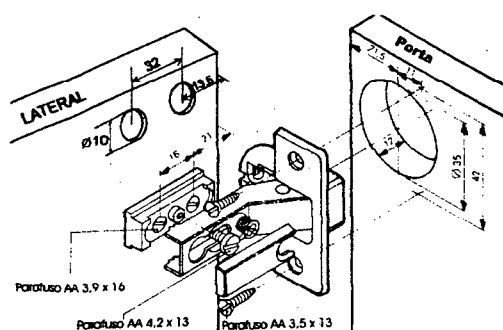


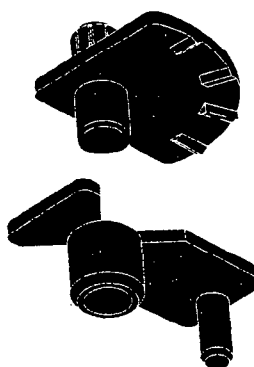
FIGURA 3.6 - Alguns tipos de puxadores.

3.3.2 DOBRADIÇAS

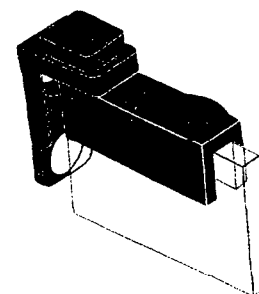
A função das dobradiças é permitir deslocamento angular e sustentar proteções. Não apresentam-se em tantas variedades quanto os puxadores e são fabricadas em plástico e/ou metais e possuem diferentes sistemas de fixação (interferência, engate) quase sempre por parafusos, como mostrado na figura 3.7.a. Existem dobradiças de copo e superficiais, sendo a de copo mais resistente a cargas e de melhor desempenho, mas mais caras e de difícil ajuste. Pode haver dobradiças de uma ou duas peças.



a) Dobradiça de Copo



b) Dobradiça Indexada



c) Dobradiça para Portas de Vidro

FIGURA 3.7 - Alguns sistemas de dobradiças.

Existem sistemas indexados (figura 3.7.b), que permitem várias posições e ângulos de abertura. Também existem sistemas nos quais a base e o copo são fixados por parafusos, mas a união entre a porta e a lateral é feita por engates rápidos, como mostrado na figura 3.7.a. Sistemas de copo com regulagem de pressão também são encontrados e permitem que portas de tamanhos diferentes tenham a mesma pressão de fechamento. Os mesmos sistemas de dobradiças também são usados para portas de vidro que possuem suas bases distintas para acomodar o vidro, como pode ser visto na figura 3.7.c.

3.3.3 ARTICULADORES PARA PORTAS DESLIZANTES

Para este tipo de articulação é suficiente uma construção simples do móvel, como a que é mostrada na figura 3.8.f.

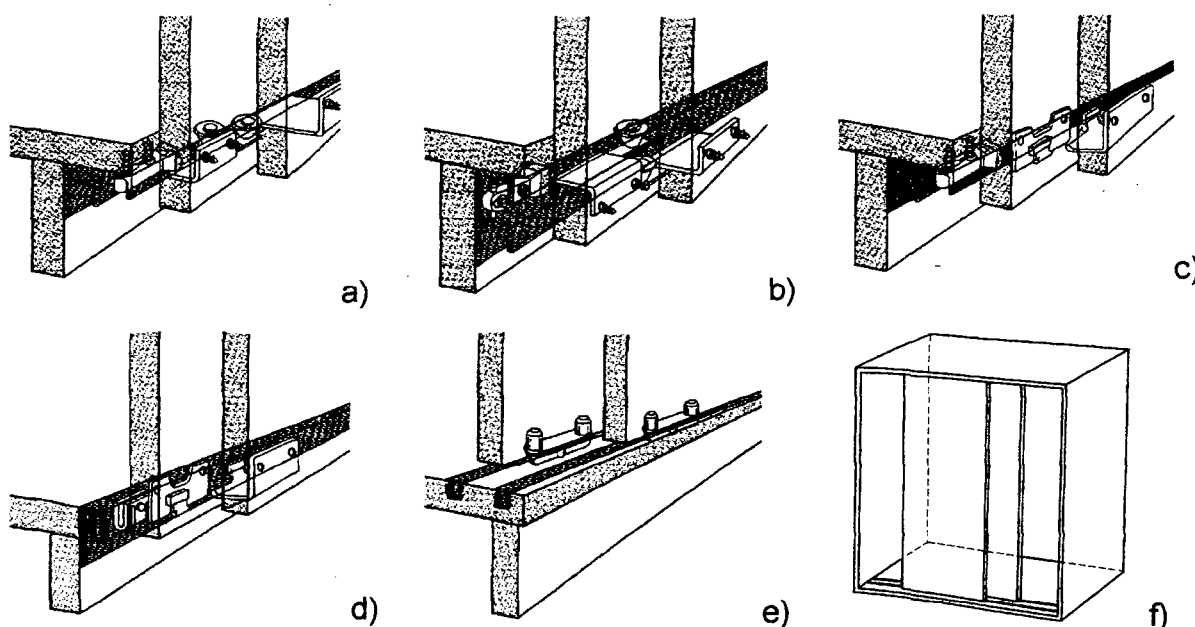


FIGURA 3.8 - Corpo de armário para portas deslizantes e sistemas utilizados para fixação da porta.

A guia de deslize é aparafusada no teto ou encaixada em um trilho próprio, apresentando as mais distintas configurações. Basicamente apresenta um trilho de deslize e guias (FIGURAS 3.8.c.d.e) ou rodízios (FIGURAS 3.8.a.b), que são acoplados a estes trilhos. Caracteriza-se por um deslize suave e manuseio simples.

3.3.4 KITS PARA GAVETAS

O objetivo dos kits para gavetas é facilitar a montagem de uma peça, a gaveta, que possui a tarefa de armazenar objetos nos mais distintos tipos de móveis.

Estes kits podem ser de madeira, plástico ou aço e são oferecidos às empresas de móveis para facilitar e tornar esta parte da produção mais barata e eficiente. Entre estes kits aparecem as opções de só adicionar um painel à frente da gaveta ou de colocar rodízios para facilitar a abertura e o movimento das gavetas. Alguns destes kits são bastante completos e basta fazer a colagem e acrescentar as cavilhas adequadas, como é visto na figura 3.9.

Também são oferecidas bandejas injetadas em poliuretano para serem colocadas nas gavetas, que servirão para aplicações em cozinhas, escritórios, quartos, banheiros, salas e até consultórios dentários.

Outro acessório que pode ser colocado junto às gavetas é a proteção de portas de armários e balcões que possuem gavetas internas. Aplicável na base das gavetas, o protetor não permite o contato da mesma com as portas e é visto na figura 3.10.

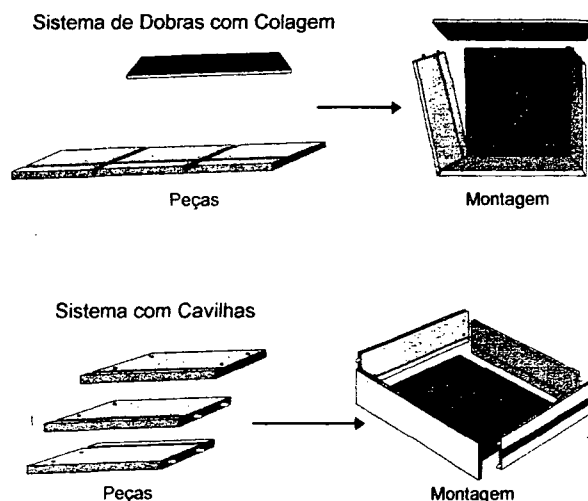


FIGURA 3.9 - Alguns kits de gavetas oferecidos para a indústria moveleira.

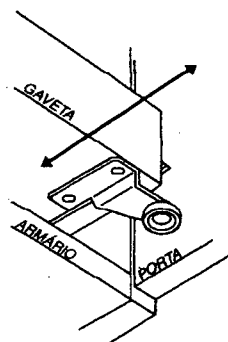


FIGURA 3.10 - Proteção para portas.

3.3.5 CORREDIÇAS EM GERAL

A função básica das corrediças é permitir o deslocamento linear, de forma suave, de tampos, gavetas, calceiros e aramados, entre outros.

Corrediças são uma tendência cada vez maior e são usadas principalmente em gavetas para garantir um deslize suave sem ter problemas de empenamentos com o tempo. Também são usadas em outros tipos de acessórios:

- corrediças para panos de prato: produto aplicável em balcões e laterais de pias para pendurar panos de prato ou toalhas de banheiro;
- corrediças para portas de embutir: utilizadas em portas de embutir tanto no sentido horizontal como no vertical, em armários de som, televisões, dormitórios, estantes e cozinhas. Ideal pois as portas ocupam menor espaço e seu deslizamento é suave, devido à utilização de esferas de aço para realizar o deslizamento;

- corrediças para teclado: aplicáveis em mesas e armários, possuem trava na ferragem, lados independentes, capacidades de carga distintas, que vão de 10 a 20 kg;
- corrediças de tábua de passar: ferragem integral de curso integral com autotravamento, são aplicadas em tábuas de passar roupas dobráveis, embutidas em balcões de cozinha e lavanderias;
- corrediças para calceiros: usadas em armários para a colocação de calças e roupas, possui suportes giratórios para facilitar o acesso às roupas nelas penduradas;
- corrediças telescópicas: de grande curso, são específicas para mesas embutidas em balcões de cozinhas ou de laboratórios, permitindo grande extensão e estabilidade das mesmas;
- corrediças para pastas suspensas: boa solução para arquivamento em quadros padronizados para fichários e pastas suspensas sem posição frontal ou lateral. Proporciona livre acesso à total profundidade, devido às suas corrediças telescópicas.

3.3.6 PRATOS GIRATÓRIOS

Os pratos giratórios têm sua aplicação principal em tampos de madeira giratórios de balcões, "racks" e estantes. A fixação é feita através de buchas plásticas ou parafusadas. Podem ser feitos de metal ou plástico e seu giro é permitido por esferas de aço, que proporcionam um deslize suave. São usados em móveis mais sofisticados e são mostrados na figura 3.11.

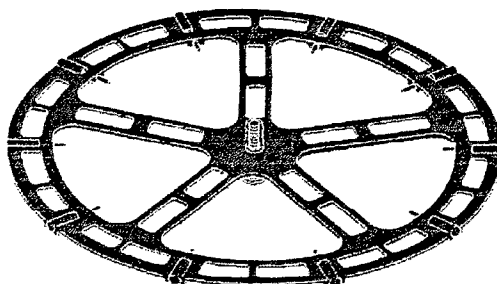


FIGURA 3.11 - Prato giratório de plástico.

3.3.7 PORTA MULTIMÍDIA

Usado em estantes, racks, balcões e mesas para computador, a função do porta multimídia é guardar fitas de vídeo, CDs e fitas K7. O material utilizado é, na sua maioria, de plástico e apresenta várias configurações como as mostradas na figura 3.12.

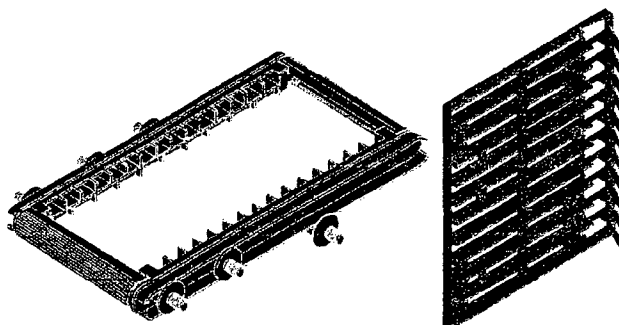


FIGURA 3.12 - Porta Multimídia.

3.4 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO E SUA IMPORTÂNCIA

O objetivo deste item é mostrar qual é o verdadeiro potencial do desenvolvimento de produto como ferramenta para aumentar a competitividade dos produtos da indústria moveleira.

O processo de desenvolvimento de produto é quase desconhecido pelas empresas nacionais do ramo moveleiro. No desenvolvimento de produtos, existem preocupações com o *design*, sempre em relação à forma, cor e textura, mas este tipo de preocupação não basta. O desenvolvimento de produtos deve passar por todo o ciclo de vida do produto.

Desta forma as pessoas que trabalham com o desenvolvimento de um produto são pessoas que relacionam seus conhecimentos em busca do desenvolvimento de um produto, não buscando somente a estética, mas todas as características que qualifiquem o produto e, para isso, são necessários conhecimentos de matérias-primas, processos, acessórios, entre outros.

Partindo daí pode-se observar o alcance de uma estratégia empresarial que invista recursos em desenvolvimento de produto e formação de recursos humanos nesta área.

A função do desenvolvimento de produto é criar um produto com a capacidade de suprir as necessidades dos clientes, sejam elas estéticas, funcionais ou econômicas, entre outras. A não-utilização disto inibe o aproveitamento de uma série de potencialidades que, muitas vezes, podem ser decisivas para o desempenho do produto no mercado. Daí a importância de um bom desenvolvimento de produto, visando à integração de várias áreas da empresa, otimizando e melhorando ao máximo o produto para todos.

O desenvolvimento de produto também pode servir para formação de novos hábitos no consumidor, tornando o mercado mais exigente e forçando o aumento da qualificação das empresas que estão no mercado. Um produto bem concebido força a retirada de maus produtos do mercado e qualifica os competidores tanto para o mercado externo como para o interno.

Em termos operacionais, uma vez absorvida a noção correta de desenvolvimento de produto, alguns fatores podem ser identificados como obstáculos para sua implementação nas indústrias moveleiras:

- a falta de melhorias no treinamento da mão-de-obra, visando ao aumento da qualidade dos produtos em função das necessidades especificadas no projeto;
- a falta de vendedores qualificados, ou seja, os vendedores não orientam o comprador para que este use todo o potencial dos móveis: as combinações, a melhor maneira de serem montados e utilizados;
- a falta de conscientização quanto à potencialidade dos sistemas computacionais que venham a facilitar o projeto de desenvolvimento de novos produtos (Sistemas CAD, por exemplo); e
- a falta de consciência dos líderes empresariais para a importância do desenvolvimento de produtos.

O desenvolvimento de produto funciona como uma forma de incorporar ao produto as demandas do mercado, ou uma idéia, e o transforma em uma mercadoria manufaturável e comercializável, ou seja, incorpora as condições de produção de que a empresa dispõe, a um custo compatível com o mercado, com a qualidade necessária, bem como com a capacidade de atender as demandas do consumidor. Estas vantagens são desejáveis e trazem benefícios para a indústria moveleira nacional em todas as áreas.

Com tudo isso, observa-se a relação entre matérias-primas, processos e tipos de móveis. Frisa-se que a apresentação destes itens e suas relações, feita neste capítulo, são informações importantes para serem usadas no desenvolvimento de móveis.

A seguir, serão abordados assuntos das áreas de sistemas modulares e seus desenvolvimentos, pois a utilização de sistemas modulares para móveis pode ser uma das alternativas para reduzir os custos, aumentar a competitividade e para poder lançar os produtos nacionais no mercado externo.

CAPÍTULO 4

SISTEMAS MODULARES

4.1 INTRODUÇÃO

Dando seqüência a este trabalho, este capítulo tem o objetivo de estudar os sistemas modulares, para chegar-se a um melhor entendimento sobre eles.

Desta forma, são apresentados aspectos básicos sobre sistemas modulares, as vantagens e desvantagens de sua utilização, distintos aspectos de classificação de módulos e uma melhor compreensão das variáveis e entidades envolvidas nas conexões.

4.2 ASPECTOS BÁSICOS DE SISTEMAS MODULARES

Ao pensar em um produto como algo material, composto de várias partes ou unidades, desenvolvido com o objetivo de atender a determinadas necessidades e funções, uma das primeiras coisas que nos vem a mente é a palavra sistema.

A palavra sistema é originada do latim '*systema*', que tem por significado união, grupo. Assim sendo, define-se sistema como sendo uma união, um grupo, um conjunto de elementos funcionais ou construtivos, objetos, partes materiais, que possuem relação, ligação, conexão, cujo objetivo é a execução de uma tarefa ou missão.

Estes elementos funcionais ou construtivos possuem, dentro do sistema, uma função específica e também uma forma definida. O agrupamento destes elementos e a troca de energia, matéria e informação entre eles, caracteriza a função global do sistema e sua forma final como pode ser visto na figura 4.1.

Assim sendo, a função global expressa a principal função de um sistema, através do relacionamento entre suas entradas e saídas, podendo ser expressas por um verbo mais um substantivo. Por exemplo, a função global de uma balança é medir peso, ou seja, "medir" é o verbo e "peso" o substantivo.

A figura 4.1 mostra, esquematicamente, um sistema, que possui o objetivo de executar uma função global, com sua forma (global), determinada pela maneira como são feitas as conexões entre seus elementos básicos que, por sua vez, possuem funções e formas básicas.

Desta maneira para executar-se uma função global é necessário uma forma física, e esta forma geralmente é vista como um produto.

Um caso particular de sistema são os sistemas modulares, que possuem seus elementos funcionais ou construtivos (módulos) planejados para que combinações distintas dos mesmos possam atender uma gama de funções globais variantes, ou seja, gerar produtos com uma mesma função global, porém com formas e configurações distintas, variadas por especificações de projeto ou por necessidades dos clientes.

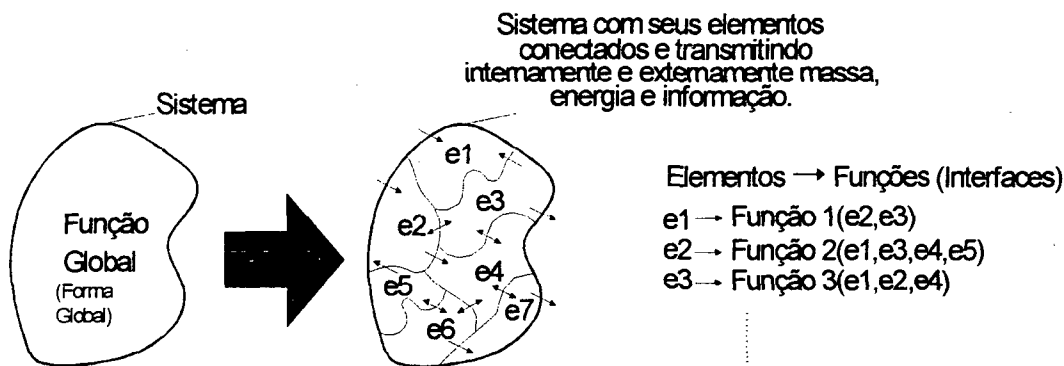


FIGURA 4.1 - Representação esquemática do conceito de sistemas.

Desta forma, definem-se função global variante como sendo a função global que apresenta pequenas alterações em suas subfunções sem descaracterização do princípio de solução que é o mesmo em qualquer variante.

Por exemplo, caixa de engrenagens de eixos paralelos e caixa de engrenagens de eixos perpendiculares: a função global das duas caixas de engrenagens é transmitir movimento, e o que as diferencia são as especificações de projeto que alteram suas configurações.

A figura 4.2 mostra, de maneira esquemática, um sistema modular, e como ele pode atender uma função global variante, formando diferentes produtos.

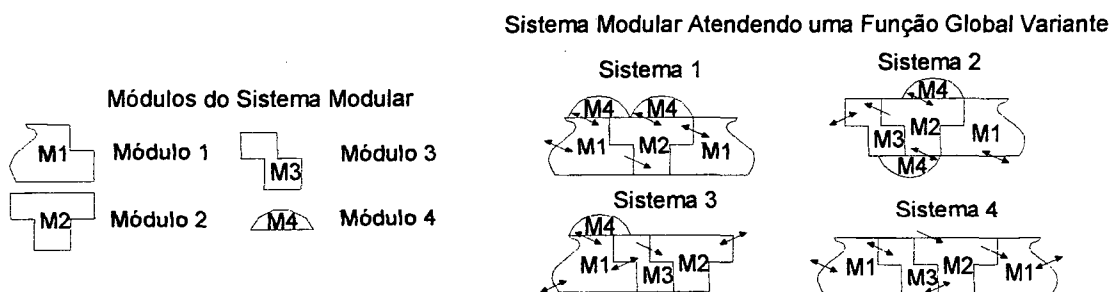


FIGURA 4.2 - Esquema de um sistema modular.

Após a definição de sistemas modulares e da apresentação esquemática dos mesmos na figura 4.2 pode-se definir família de produtos como sendo, uma família que apresenta produtos que atendem a uma mesma função global diferenciando-se em forma e configuração.

Comumente em sistemas técnicos, os elementos são arranjados e conectados com a preocupação da execução de sua função global de maneira satisfatória, sem a preocupação com as possíveis variações da função global. Com isto, muitas vezes, há o surgimento de novos produtos para assistir às variantes da função global, o que acarreta aumento de custos, de complexidade e de tarefas dentro da empresa (desenvolvimento de produto, manufatura, estocagem, documentação, entre outros). Já os sistemas modulares podem auxiliar neste aspecto, devido às suas características de geração de diferentes produtos, através da combinação de elementos comuns aos produtos, diminuindo a complexidade da produção.

No próximo item, apresentam-se algumas vantagens e limitações que os produtos que utilizam sistemas modulares podem trazer sobre os produtos que não os utilizam.

4.3 VANTAGENS E LIMITAÇÕES DE SISTEMAS MODULARES

As vantagens e limitações sobre os sistemas tradicionais são apresentadas para dois grupos de interesse: fabricantes e consumidores. Primeiramente, para os fabricantes, há as seguintes vantagens [3], [4], [6] e [7]:

- documentação pronta para a proposta de diferentes produtos de maneira mais rápida;
- o projeto é feito uma vez e contempla todas as possibilidades de variantes da função global, ou seja, variantes de produto;
- esforços em projetos só ocorrem com pedidos especiais, que não são atendidos pelo sistema modular;
- combinações com unidades não modulares quase sempre são realizáveis, possibilitando ampliações;
- o desenvolvimento global do produto é simplificado e prazos de entrega são reduzidos;
- os tempos de implementação de pedidos, pelo projeto e manufatura, podem ser reduzidos pelo desenvolvimento e produção em paralelo de módulos com a utilização de sistemas CAD/CAM;
- os módulos podem ser manufaturados para estoque com economia;
- utilização e investimento em processos de manufatura específicos;
- possibilidade de fácil adaptação do produto para diferentes mercados e sua atualização através da alteração de módulos;
- auxílio na reciclagem por possuir módulos com fácil desmontagem;
- redução de custo logístico, por aquisição de peças existentes, oferecidas no mercado; e, por último,

- a montagem pode ser fácil, se planejada.

Para o cliente, têm-se as seguintes vantagens:

- entrega rápida;
- mudança na variante da função global e ampliação de capacidades, de maneira mais rápida e fácil, com o simples acréscimo ou decréscimo de módulos;
- melhor e mais fácil manutenção e serviços de reposição de peças; e
- em geral, um desempenho melhorado, devido a projetos mais elaborados;
- custos mais baixos devidos à economia de escala.

Como desvantagens para o fabricante, têm-se:

- adaptações a desejos especiais do consumidor;
- as características técnicas do produto são mais influenciadas pelo projeto dos módulos e pela estrutura modular em projetos modulares do que em projetos especiais;
- as características técnicas são mais influenciadas pelo projeto dos módulos e pela estrutura modular do que em projetos especiais;
- em alguns casos pode haver dificuldade na determinação da estrutura modular, já que os interesses do fabricante e do usuários devem ser atendidas; e
- custos mais elevados de projeto e manufatura das interfaces dos módulos.

Para o cliente, as desvantagens são:

- em alguns casos, há a perda de qualidade em relação a projetos especiais sem módulos ou não modulares;
- em outros casos, há a perda em compacidade e mínimo peso, com relação a projetos especiais não modulares.

A figura 4.3 mostra, esquematicamente, um dos aspectos vantajosos para o fabricante. Neste caso é mostrada a versatilidade de um sistema modular na montagem, que utiliza os módulos para diferenciarem os produtos (variantes) no final da montagem. A figura 4.3 também mostra a possibilidade de obter variantes distintas de um produto com um único sistema modular.

Um estudo feito por Erixon [6] em empresas suecas que utilizaram sistemas modulares mostra a redução de custos obtida em vários setores das empresas, o que é apresentado na TABELA 4.1, e os valores são referenciados em relação aos valores anteriores, quando não eram empregados produtos modulares.

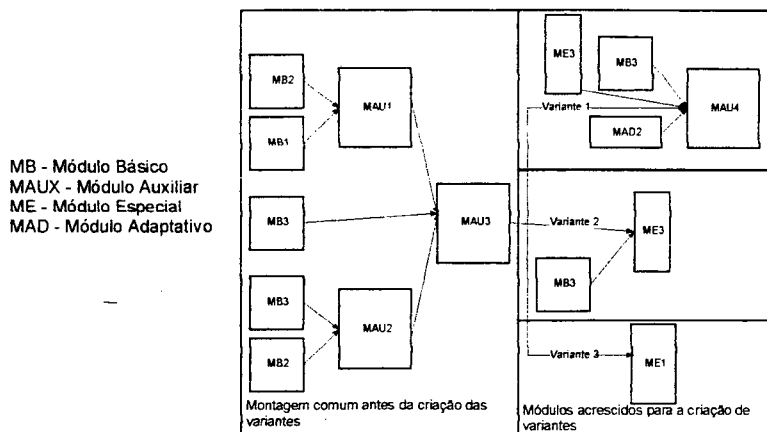


FIGURA 4.3 - Seqüência de montagem das variantes de produtos modulares.[3]

TABELA 4.1 - Estudo realizado em empresas suecas onde é apresentada em % a redução de custos [6]

Companhia	FMG	Geotronics	Isaberg	T&A	Scania	Volvo	Median	Eletrolux	Média
Tempo de Montagem	48		+		20	60	34	10	10-60
Balanco de Perdas	+		+		84		84		84
Material Direto			6	63	0	-3	6	10	-3-63
Manuseio de Material			6			67	37		6-67
Logística	+		6		35	-28	-11	-50	-50-35
Leadtime de Montagem	33	73	+		50	20	33	10	10-73
Qualidade	+	37	+		75		56	+	37-75
Leadtime de Desenvolvimento	+	+			0	+	30	60	0-60

(+) indica custos reduzidos sem possibilidade de quantificação; (-) indica aumento de custo; quadros em branco indicam resultados que não puderam ser medidos.

Neste estudo notam-se ganhos em áreas importantes para a manufatura e o projeto como em tempos de montagem e de desenvolvimento do produto. Um ganho importante foi em qualidade, algo buscado em muitas indústrias. Observa-se o aumento de custos com logística em algumas empresas, o que pode ser explicado pela maior elaboração no projeto dos produtos modulares do que no projeto convencional.

4. 4 CLASSIFICAÇÃO DE MÓDULOS

Para um melhor entendimento de sistemas modulares, é apresentado, a seguir, um sistema de classificação de módulos segundo Pahl & Beitz [4]. Para esses autores, os módulos, elementos funcionais ou construtivos de um sistema modular, possuem várias características, entre elas, a utilização do módulo em todas as variantes do produto, seu tamanho, as possíveis combinações que possam surgir, o número de componentes por módulos, sua execução e planejamento e o limite ou não do número de combinações.

Na figura 4.3 é apresentado um destes aspectos, o tipo de módulo, nesse caso, funcionais e, portanto, classificados segundo sua função, sendo eles:

- básicos (módulos comuns a todas variantes);
- auxiliares (junções);
- especiais (expansões); e
- adaptativos (ajustam-se em casos especiais).

Juntamente com este aspecto, Pahl & Beitz [4] consideram mais seis aspectos para seu sistema de classificação de módulos, apresentados na tabela 4.2. Isto é feito para uma melhor compreensão e tratamento das informações sobre sistemas modulares.

TABELA 4.2 - Critérios de classificação de módulos segundo Pahl & Beitz [4].

Critérios de Classificação	Distinção de Características
• <i>Tipos</i>	⇒ Módulos funcionais: 1. Módulos básicos 2. Módulos auxiliares 3. Módulos especiais 4. Módulos adaptativos 5. Não-módulos ⇒ Módulos construtivos
• <i>Importância</i>	⇒ Módulos essenciais ⇒ Módulos possíveis
• <i>Complexidade (Tamanho)</i>	⇒ Módulos grandes ⇒ Módulos pequenos
• <i>Combinações</i>	⇒ Somente módulos similares ⇒ Somente módulos diferentes ⇒ Módulos diferentes e similares ⇒ Módulos e não-módulos
• <i>Resolução</i>	⇒ Número de partes por módulos ⇒ Número de unidades e suas possíveis combinações
• <i>Concretização</i>	⇒ Somente módulos no papel/software ⇒ Misto de módulos em software e construídos ⇒ Somente módulos construídos
• <i>Aplicação</i>	⇒ Sistemas fechados ⇒ Sistemas abertos

O primeiro e mais importante aspecto abordado por Pahl & Beitz [4] faz referência ao módulo ser funcional ou construtivo. Este aspecto é tratado pelos autores como sendo o tipo de módulo e é melhor definido a seguir.

Módulos funcionais, geralmente, são classificados em equipamentos, acessórios, conexões e outro módulos. Esta divisão não é adequada nem clara, segundo os autores. Assim, eles propõem uma divisão a partir das funções que são requeridas em sistemas modulares, a saber:

- funções básicas;
- funções auxiliares;
- funções especiais;
- funções adaptativas; e
- funções especiais do consumidor.

Os módulos funcionais são concebidos com uma função e podem desempenhar esta função independentemente ou combinados. Esta divisão dos módulos funcionais é mostrada na figura 4.4 e clarificada no texto que segue. A figura 4.4, além de apresentar as funções e os respectivos módulos gerados, apresenta a utilização de funções especiais do consumidor, não previstas no projeto, para a execução de variantes do produto através de partes funcionais que são chamadas de não-módulos. Esta nova função acarretará um esforço de projeto menor, com uma maior facilidade de fabricação da variante do produto, do que no caso de projetar um produto totalmente novo. Isto mostra o limite entre produtos modulares e produtos mistos. Produtos mistos são usados para auxiliar em casos em que a estrutura modular sozinha não consegue atender a um produto específico.

Módulos funcionais são módulos que exercem uma função específica dentro do sistema modular e podem ser apresentados como módulos que descrevem as seguintes funções:

- Funções Básicas (implementadas pelos módulos básicos) - como o próprio nome diz, são a base do sistema, não apresentam variações e podem atender a uma função global ou serem combinados para atender a outras funções. Podem ser de tamanho seriado e/ou ter diferentes acabamentos. São tidos como de importância “essencial”, pois todo módulo que descreve uma função básica faz parte de todas as configurações.
- Funções Auxiliares (implementadas pelos módulos auxiliares) - são concebidas para a localização, combinação ou união de módulos de função básica. São funções também de importância “essencial”.

- Funções Especiais (implementadas pelos módulos especiais) - seus módulos construtivos não aparecem em todas as variantes da função global e executam uma tarefa específica. São funções classificadas pela sua importância como “possíveis”.
- Funções Adaptativas (implementadas pelos módulos adaptativos) - suas funções são utilizadas e concluídas para a adaptação a outros sistemas. Pela sua importância são classificadas como “essenciais” ou “possíveis”, dependendo do sistema modular.
- Funções Especiais do Consumidor (implementada pelos não-módulos) - são feitas individualmente e conforme a descrição e necessidade do consumidor. Quando elas aparecem na função global, o sistema é descrito como um produto misto.

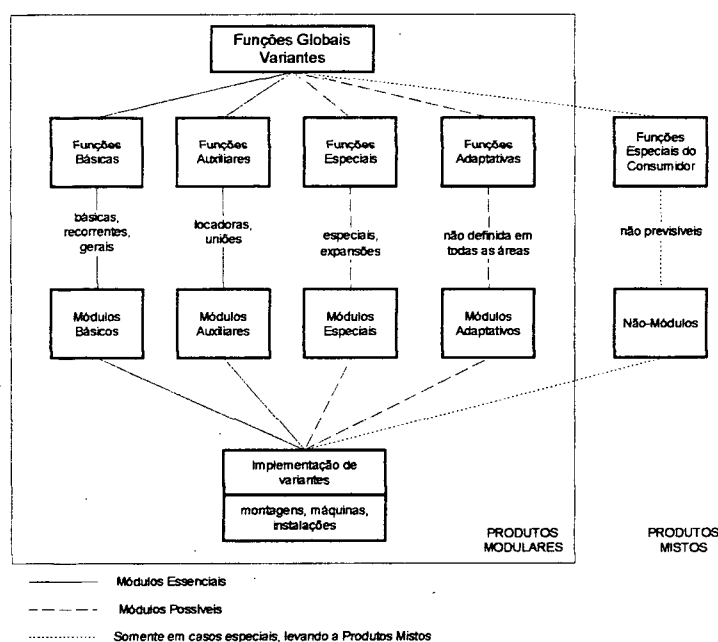


FIGURA 4.4 - Tipos de funções e módulos funcionais de produtos modulares e mistos.[4]

Módulos construtivos são mostrados pelos autores como sendo projetados não tendo tanta consideração com suas funções e apresentam principalmente considerações de manufatura.

O aspecto que trata da *importância dos módulos* distingue entre módulos “essenciais” e “possíveis”, como já foi colocado na definição de cada módulo funcional. “Essenciais” são os que fazem parte de todas as configurações do sistema. Já os “possíveis” não aparecem em todas as configurações.

A *complexidade dos módulos* é um aspecto orientado para a produção, na qual os módulos “grandes” são montagens e os “pequenos” são componentes por si próprios. Isto

tem forte relação com o tamanho e se apresentam como facilidade de manuseio, transporte e estocagem, entre outras características relativas ao tamanho.

Outro aspecto observado por Pahl & Beitz [4] é segundo a maneira de *combinação dos módulos*. Na maioria das vezes é desejável que a combinação entre módulos seja feita entre módulos similares (que possuem a mesma natureza, a mesma função), pois há ganhos com a simplificação do sistema modular. Mas a combinação entre módulos diferentes (que não possuem a mesma função, a mesma natureza), similares e não-módulos, na prática, é quase sempre inevitável. Algumas combinações de um sistema modular são mostrados na figura 4.5.

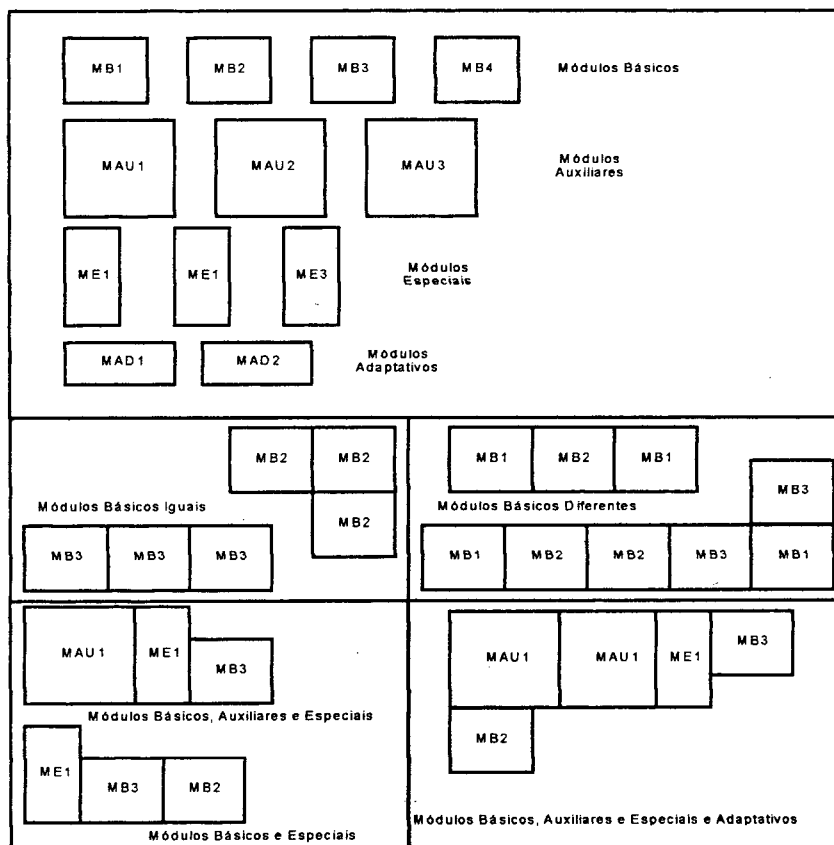


FIGURA 4.5 - Algumas possíveis combinações de um sistema modular.[3]

O aspecto *resolução dos módulos* também é considerado por Pahl & Beitz [4], ou seja, em quantos módulos individuais pode ser dividido um sistema por razões funcionais ou operacionais e quais suas possíveis combinações.

A *concretização dos módulos* depende muito do produto no qual se está trabalhando. O projeto modular pode ser aplicada em turbinas, bombas, e até em auxílio à ferramentaria na fundição, em moldes complexos, divididos e tratados como um sistema modular. A concretização dos módulos pode ser auxiliada de várias formas: através de desenhos, software (CAD) ou até com peças em tamanho e forma final.

Quanto ao aspecto de *aplicação dos módulos*, são apresentados sistemas modulares fechados e abertos. Nos sistemas fechados, suas variações podem ser expressas com um número prescrito e finito de combinações. Já em um sistema aberto, o número de combinações é grande e não pode ser descrito totalmente.

A seguir são mostrados alguns exemplos de produtos modulares.

4.5 EXEMPLOS DE PRODUTOS MODULARES

No mercado são muitos os exemplos de produtos modulares que podem ser citados. Entre eles, têm-se:

- brinquedos;
- móveis;
- redutores de velocidade;
- relógios;
- microscópios;
- máquinas-ferramenta de propósito especial;
- robôs;
- automóveis;
- motores elétricos; e
- sistemas pneumáticos e hidráulicos.

A figura 4.6 mostra a configuração de um motor elétrico, utilizado pela empresa Siemens, que possui vários propósitos, entre eles, o de baratear a fabricação de variantes, tornar fácil a adaptação às necessidades do cliente, facilitar a manutenção, cobrir maior faixa do mercado e permitir vários tipos de refrigeração.

São mostrados na figura 4.6 os seguintes módulos:

- módulos básicos de fixação: 5 (tampas) e 9 (cobertura);
- módulos básicos com possíveis adaptações: 1 (rotor), 2 (estator) e 7 (carcaça); e
- módulos especiais (para variantes de refrigeração e potência): 3 (flange), 4 (conexões de rolamentos), 6 (carcaça), de 10 até 14 (sistemas de refrigeração e conexões de energia).

Com estes diferentes módulos é possível a montagem de distintas configurações, diferenciando características como potência e refrigeração, atendendo assim variantes de motores de alta potência com um único sistema modular e não necessitando de um motor

para cada variante, como, por exemplo, no tipo de refrigeração usada e no valor da potência desejada.

Caixas de transmissão também são um exemplo típico em que sistemas modulares são aplicados, pois com algumas carcaças, eixos de engrenagens, acoplamentos e rolamentos, pode se versatilizar e simplificar a manufatura e conseguir uma boa variedade de produtos, permitindo também a fácil adaptação às necessidades dos clientes.

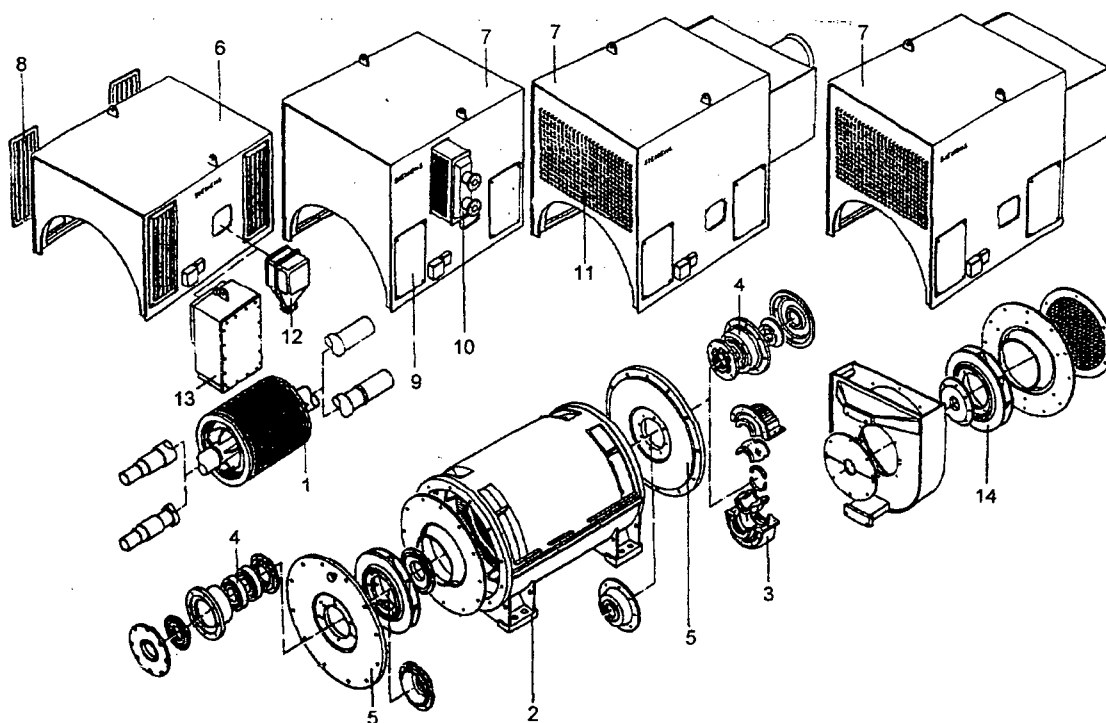


FIGURA 4.6 - Sistema modular de um motor elétrico [4].

A figura 4.7 mostra um sistema modular de caixas de transmissão Hansen, que possui uma única carcaça (módulo básico), que permite várias entradas e saídas de transmissão em diferentes posições. No exemplo apresentado, o problema que surge é o de difícil alinhamento dos eixos e selos, compensado com a possibilidade de manutenção fácil, com apenas a troca de alguma peça ou módulo, se danificados. Neste caso, os componentes são classificados como:

- módulos básicos: carcaça, eixos de engrenagens e rolamentos;
- módulos auxiliares - acoplamentos.

Outro sistema modular aplicado em caixas de transmissão é mostrado na figura 4.8, no caso, caixas de transmissão WGW. Este sistema proporciona uma maior gama de configurações que o sistema do último exemplo, pois variações na sua carcaça também são

permitidas, apresentando uma maior variação de peso, tamanho, entradas e saídas de transmissão. Estas variantes da carcaça podem ser classificadas como módulos básicos.

A figura 4.9 apresenta um sistema modular que permite a construção flexível de diferentes estruturas de transporte. Este sistema modular se diferencia dos anteriormente apresentados por ser um sistema aberto e possuir um número muito grande de variantes da função global, que é transportar.

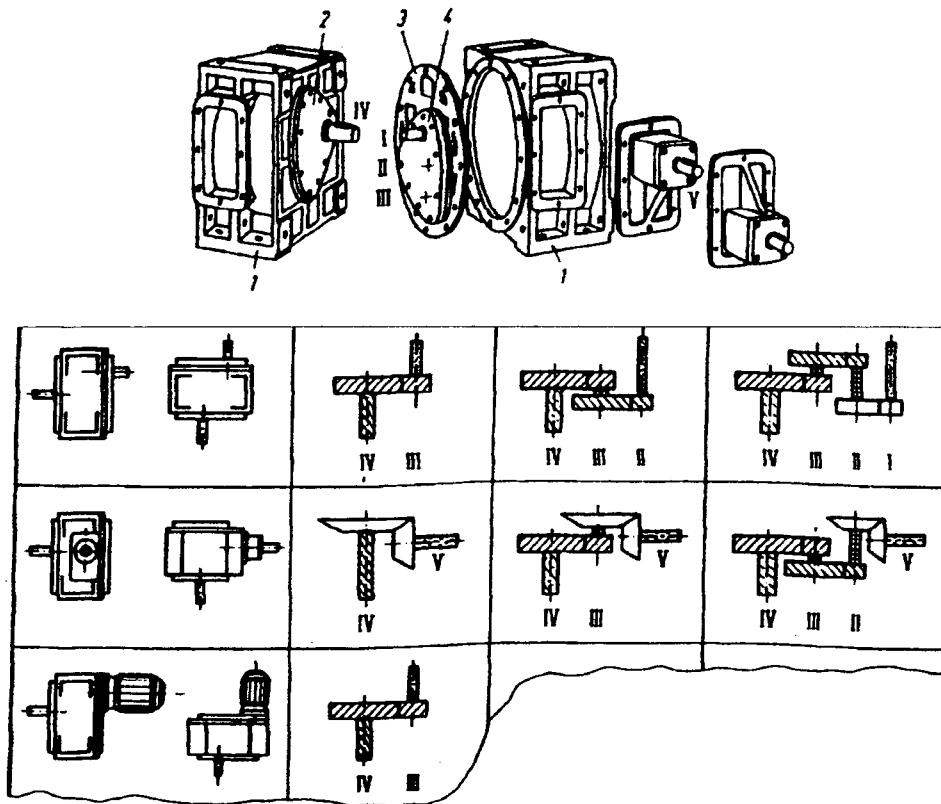


FIGURA 4.7 - Sistema modular de caixa de transmissão Hansen sem variação da carcaça [4].

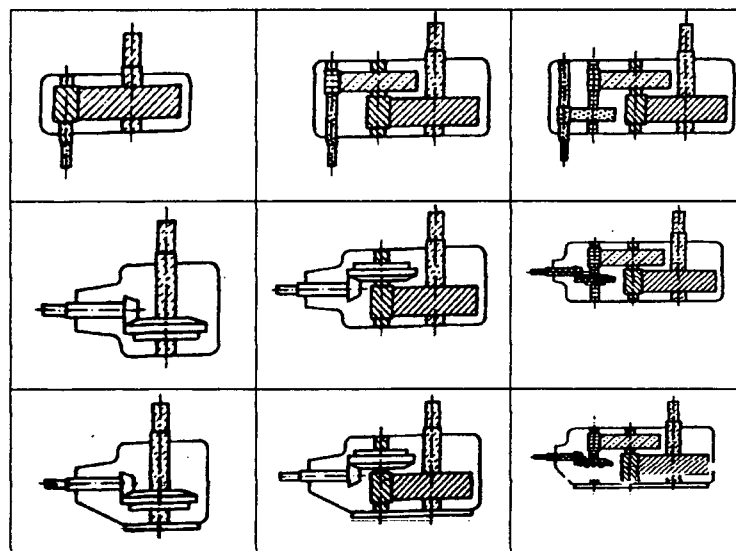


FIGURA 4.8 - Sistema modular de caixa de transmissão WGW com maior flexibilidade que no exemplo da FIGURA 4.5 [4].

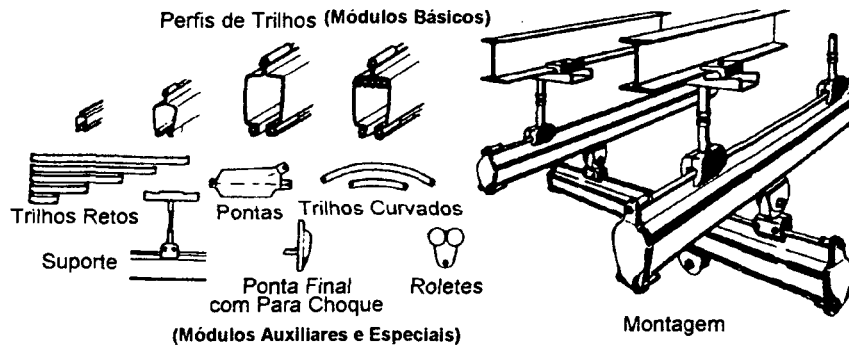


FIGURA 4.9 - Sistema modular aberto com inúmeras possibilidades de configuração [4].

O produto apresentado na figura 4.10 é um brinquedo modular. Estes brinquedos apresentam o mesmo corpo (módulo básico), e o que varia são a cabeça e a cobertura do corpo (módulos especiais), possibilitando uma grande diversidade de produtos, uma padronização de peças, flexibilidade de alteração de produtos, bem como um plano de montagem padrão.

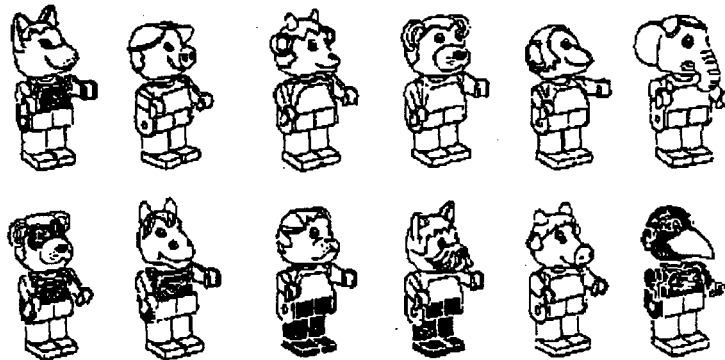
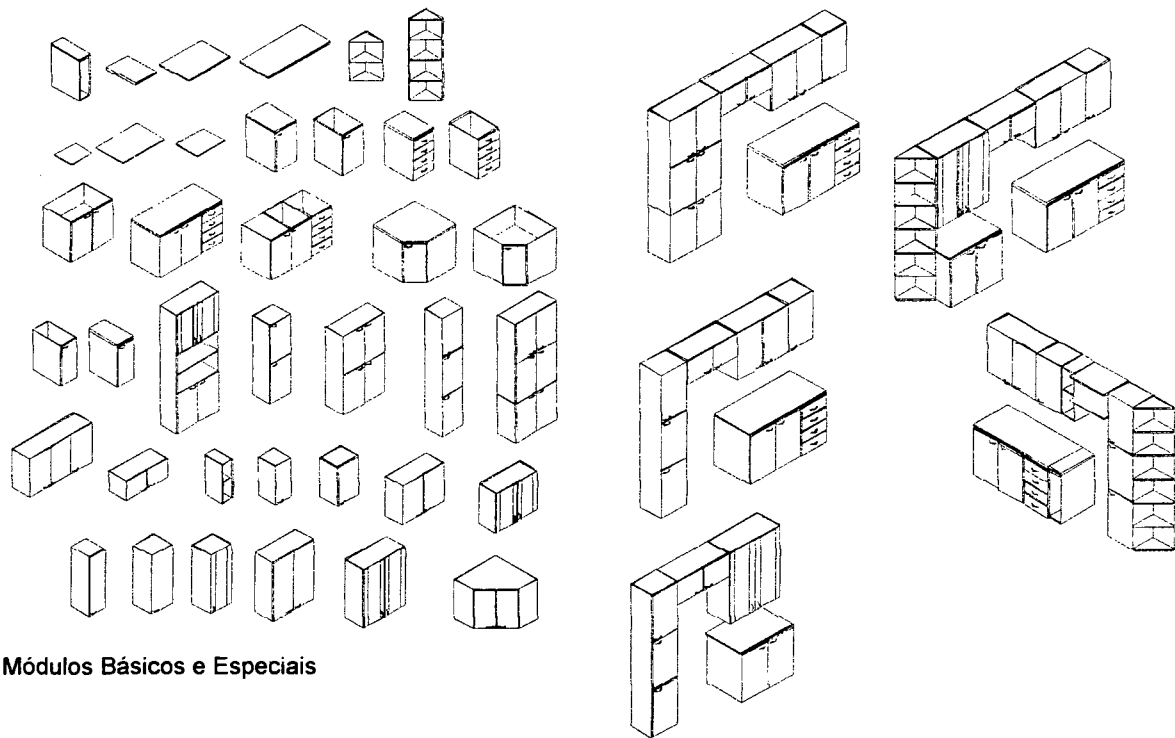


FIGURA 4.10 - Variantes de produtos que apresentam uma base comum de módulos (somente variação de cores) com diferenciação obtida com a montagem das cabeças [3].

O produto apresentado na figura 4.11 é uma típica cozinha modular e apresenta algumas das possíveis combinações sugeridas pelo fabricante. Nesta figura não são apresentados os módulos auxiliares. Algumas das vantagens com a utilização de sistemas modulares, neste caso, são: adaptação às vontades dos clientes, organização e racionalização da produção, rápida entrega, possibilidade de expansões e adaptações a outros sistemas já existentes, entre outras.

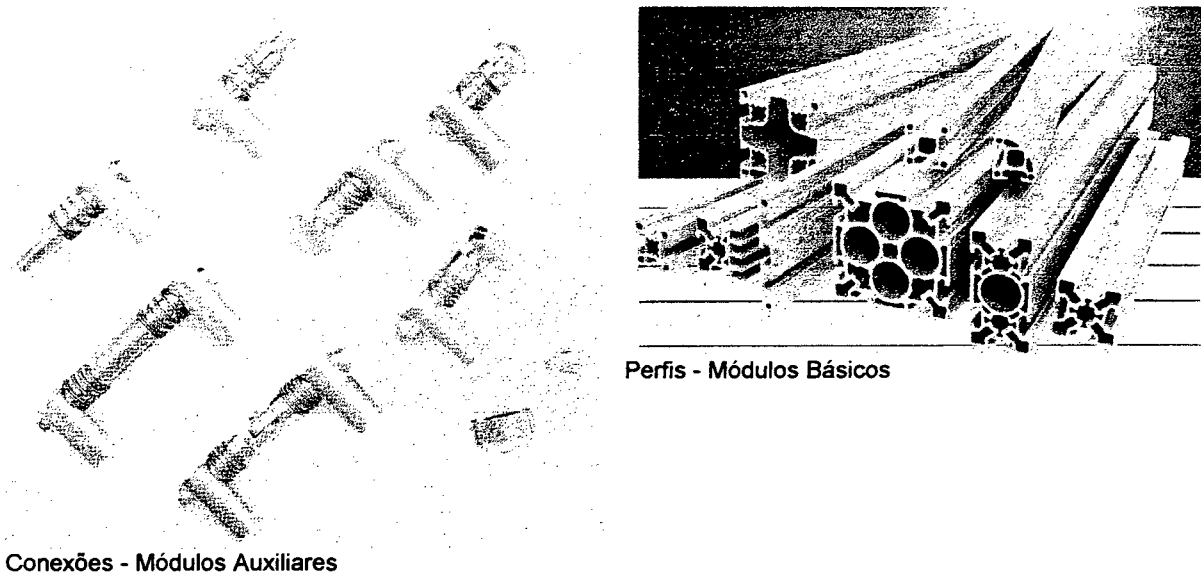
Por último, é apresentado na figura 4.12 um produto utilizado para o desenvolvimento de estrutura de máquinas. São apresentados os módulos básicos (perfis) e os auxiliares, que são os diferentes elementos de conexão. Este produto traz inúmeras vantagens por ser modular, principalmente por permitir que o cliente modele sua estrutura e emita, junto ao fabricante, o código das peças, só restando ao cliente a montagem de sua estrutura.



Módulos Básicos e Especiais

Sugestões de Projeto do Fabricante

FIGURA 4.11 - Cozinha Modular e algumas de suas configurações possíveis.



Conexões - Módulos Auxiliares

Perfis - Módulos Básicos

FIGURA 4.12 - Perfis e conexões de um sistema estrutural modular.

Após a apresentação de alguns exemplos de produtos modulares, é apresentado um item que possibilita a intercambiabilidade entre os módulos, as conexões.

4.6 CONEXÕES

Conexões são de importância fundamental na análise das interfaces de sistemas modulares. São elas as principais responsáveis pelas características de flexibilidade e

versatilidade dos sistemas modulares. Seu projeto é tão importante quanto o dos módulos, tanto é que sua elaboração é feita em um momento anterior, pois restringe a forma dos módulos. Através das conexões também é feita a transmissão de energia, massa ou informação entre módulos, o que é de importância fundamental em seu projeto. Se observarmos os critérios de classificação de módulos de Pahl & Beitz [4], as conexões são módulos funcionais auxiliares.

Segundo Chal [12], as conexões entre elementos são feitas por órgãos de conexão. De acordo com o autor, órgão de conexão é definido como sendo um elemento de união entre entidades materiais sujeitas a carregamentos, fluxo de massa e energia.

Chal [12] descreve, ainda, as variáveis e relações existentes em um órgão de conexão. As variáveis são descritas na tabela 4.3 e as relações na 4.4.

TABELA 4.3 - Variáveis existentes em um órgão de conexão.[12]

• Entradas	⇒ As forças e torques são entradas que atuam sobre as variáveis dos órgãos de conexão. São caracterizados pelo tipo (gravitacional, elástico, etc.), repetição (estático, dinâmico), tamanho, posição e direção.
• Saídas	⇒ São as velocidades, acelerações e deslocamentos, que serão causados nos órgãos de conexão e estas características os levam a ser classificados em dois tipos: os fixos e os móveis.
• Entidades Materiais	⇒ É a superfície de contato de um órgão de conexão, que é chamada de superfície de trabalho. Estas superfícies, por sua vez, possuem características distintas, dependendo da forma e do material.
• Campo de Trabalho	⇒ É a região onde uma entidade material exerce sobre uma ou várias entidades materiais sua influência através de campo magnético elétrico ou através de contato físico.

TABELA 4.4 - Tipos de relações existentes em órgãos de conexão[12]:

• Espaciais	⇒ São as relações de forma que ocorrem entre o órgão de conexão e as entidades unidas.
• Força	⇒ São as relações de força que existem para manter a união de entidades materializadas. Elas vão depender dos tipos de princípio em que é baseada a união, que podem ser de três naturezas: por força, por forma e por material.

As saídas dos órgãos de conexão vão depender das entradas, relações espaciais e de força e características físicas das entidades materiais.

Desta forma, pode-se apresentar uma classificação dos órgãos de conexão segundo seu tipo, apresentada na figura 4.13.

Por fim, neste item são apresentadas as variáveis e relações que devem ser observadas em conexões, bem como sua possível classificação e tipos de órgãos de conexão que podem ser utilizados nas interfaces.

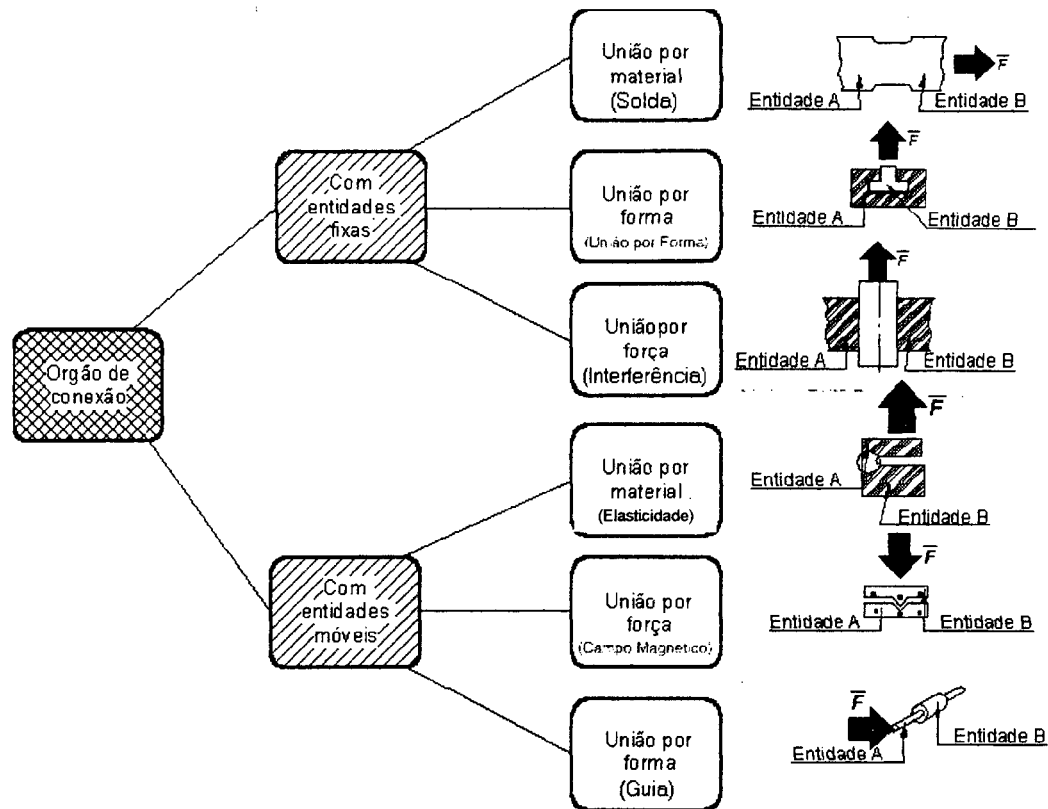


FIGURA 4.13 - Figura mostrando a classificação e tipos de órgãos de conexões possíveis entre elementos.

4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais elementos deste capítulo se relacionam de forma a possibilitar um melhor entendimento de sistemas modulares.

Este capítulo fez isto, primeiramente, apresentando os aspectos básicos de sistemas modulares. Em seguida, foram apresentadas vantagens e limitações dos produtos que utilizam sistemas modulares. Assim, teve-se uma idéia básica o que são produtos modulares. Para uma melhor consolidação desta idéia, foram apresentados itens de classificação de módulos e exemplos de produtos modulares.

Por fim, foi apresentado um item sobre conexões, que mostra sua importância dentro dos sistemas modulares e variáveis, e entidades a serem tratadas, bem como tipos de conexões.

Ao final deste capítulo conseguiu-se:

- uma definição e apresentação de sistemas modulares;
- vantagens e limitações apresentadas para fabricantes e consumidores de produtos modulares;
- um sistema de classificação de módulos para posterior utilização neste trabalho; e

- considerações, variáveis e entidades de elementos de conexão, bem como sua classificação.

Para móveis, a utilização de sistemas modulares é uma boa opção, pois o móvel pode encaixar-se melhor dentro das necessidades do cliente, sejam elas relacionadas ao custo ou de configuração.

Além disto, a utilização de sistemas modulares pelos fabricantes de móveis organiza e racionaliza a produção, uma vez que há padronização de peças e processos, bem como flexibilização de fornecimento de produtos.

Assim sendo, surge a preocupação de como desenvolver produtos modulares. Para isto, a utilização de uma sistemática de projeto que passe por todas as etapas do seu ciclo de vida se faz necessária e útil.

O próximo capítulo apresenta duas sistemáticas de projeto para produtos modulares, a de Pahl & Beitz [4] e a de Erixon [6] [7], que serviram como referência para a continuação deste trabalho.

CAPÍTULO 5

PROJETO DE PRODUTOS MODULARES

5.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo analisar as principais sistemáticas de projeto de produtos modulares.

A sistematização, geralmente, é entendida como uma maneira de se chegar a uma solução final, utilizando-se de uma seqüência lógica de etapas. A sistematização, quando empregada na elaboração de projetos, auxilia o projetista, pois fornece uma orientação para o desenvolvimento de produtos, resultando, quase sempre, em projetos de sucesso.

O emprego de uma sistematização voltada para o projeto de produtos modulares proporciona benefícios, já que possibilita uma melhor modularização dos produtos – definindo aqui modularização como sendo a estruturação de forma modular de um produto – e dando a eles as vantagens citadas no capítulo 4 e os fazendo assistir melhor as variantes da função global.

As principais sistemáticas de projeto de produtos modulares encontradas na literatura são apresentadas a partir dos estudos das etapas, passos e ferramentas utilizadas nas sistemáticas de Pahl & Beitz [4] e Erixon [6] [7].

Pahl & Beitz [4] apresentam um trabalho mais refinado nas etapas iniciais do projeto, ou seja, clarificação da tarefa e projeto conceitual. Apresentam o projeto de produtos modulares através de recomendações em algumas etapas ao longo do desenvolvimento do produto.

Erixon [6] [7], por sua vez, mostra-se mais preocupado com a exeqüibilidade da modularização de um produto e apresenta várias ferramentas para auxiliar nas etapas de projeto, principalmente no projeto conceitual e no preliminar.

Com a análise aqui desenvolvida obtém-se uma base de informações sobre as sistemáticas de projeto para produtos modulares, que servirá como base referencial para o próximo capítulo, informando quais as etapas de projeto menos assistidas.

5.2 PROJETO DE PRODUTOS MODULARES, SEGUNDO PAHL & BEITZ [4]

A figura 5.1 mostra a sistemática geral de projeto de produtos proposta por Pahl & Beitz [4]. Esta sistemática deve ser observada, pois é com base nela que os autores propõem o desenvolvimento de produtos modulares, através de recomendações próprias

- clarificação da tarefa;
- projeto conceitual;
- projeto preliminar (de configuração); e
- projeto detalhado.

Na clarificação da tarefa a principal atividade é a fixação dos requisitos de projeto, na qual são estudados os interesses dos clientes, com o propósito de estabelecer as informações iniciais do projeto.

Tendo os requisitos, no projeto conceitual, são abordadas as etapas de identificação dos problemas essenciais, estabelecimento da estrutura de funções, busca e combinação de princípio de solução e obtenção de diferentes princípios de concepção. Estes diferentes princípio são obtidos e avaliados, segundo critérios técnicos e econômicos, resultando na concepção escolhida para o produto.

No projeto preliminar, a concepção selecionada é desenvolvida sob o enfoque de sua geometria, dimensões básicas e seus componentes e materiais apropriados, resultando num leiaute preliminar para o produto. Este leiaute se tornará definitivo a partir de atividades de otimização e revisões dos componentes, estando descrito completamente no projeto detalhado do produto. Obtém-se, ao final, uma documentação para o produto que viabiliza sua realização física.

Baseando-se nesta sistemática de projeto, Pahl & Beitz [4] apresentam recomendações para o projeto de produtos modulares nas seguintes fases e etapas:

CLARIFICAÇÃO DA TAREFA: segundo os autores, neste item há a formulação de demandas e vontades, que podem ser baseadas em respostas dos consumidores ou a partir da lista de requisitos de projeto, mostrados na tabela 5.1, que apresenta em negrito os requisitos mais importantes para produtos modulares. Também segundo os autores, nesta etapa deve haver a descrição detalhada de todas as tarefas desenvolvidas pelo produto, pois um requisito característico de um produto modular é que ele tenha uma função global de vários propósitos. Estes diferentes propósitos geram variantes da função global, que possuem distintas expectativas de mercado e demandas. Por isso os autores ressaltam a utilização de uma análise econômica e das tarefas dos módulos.

A implementação de variantes de rara demanda deve ser cuidadosamente avaliada, pois aumenta o custo global do sistema modular. Segundo os autores, as eliminações das variantes não devem ser feitas até a elaboração do conceito final. Aliado a isso, devem ser analisados os custos das variantes da função global, como também sua influência individual sobre o custo de todo o sistema modular.

TABELA 5.1 - Lista para a definição de requisitos de projeto de produtos [4], apresentando grifados os mais importantes para projeto de produtos modulares.

Principais Quesitos	Exemplos
Geometria	⇒ Tamanho, altura, comprimento, largura, diâmetro, requisitos, espaços, números, arranjos, conexões, extensões
Cinemática	⇒ Tipos de movimentos, direções de movimentos, velocidades e acelerações
Forças	⇒ Direção de forças, magnitude, frequência, carga, deformações, ressonância, elasticidade, dureza
Energia	⇒ Saída, eficiência, perda, fricção, ventilação, estado, pressão, temperatura, aquecimento, resfriamento, suprimento, estocagem, capacidade de conversão
Material	⇒ Propriedades físicas e químicas do início ao final do processo, materiais auxiliares, prescrições para o material
Sinais	⇒ Entrada, saída, forma, exibição, equipamento de controle
Segurança	⇒ Princípios diretos de segurança, sistemas de proteção, operacionalidade, segurança do operador e do ambiente
Ergonomia	⇒ Relacionamento entre máquina e homem, tipos de operação, limpezas no leiaute, iluminação, estética
Produção	⇒ Limitações da fábrica, máximas dimensões possíveis, métodos preferíveis de produção, princípios de produção, qualidade aceitável e tolerâncias
Controle de Qualidade	⇒ Possibilidade de testes e medidas, aplicações de regulagens especiais e padrões
Montagem	⇒ Adaptações especiais, seções, instalações e fundações
Transporte	⇒ Meios de transporte (peso e tamanho), condições de transporte e cuidados com a natureza, limitação de guindastes
Operação	⇒ Calado, caminho, usos especiais, áreas de mercado, destinação (condições climáticas, de luminosidade, etc.)
Manutenção	⇒ intervalos de serviço (se necessário), inspeção, limpeza, trocas e reparos
Reciclagem	⇒ Reuso, reprocessamento, estocagem
Custo	⇒ Custo máximo de manufatura permitido, custo do ferramental, investimento e depreciação
Prazos	⇒ Data final para desenvolvimento, data limite para controle e planejamento de processo

PROJETO CONCEITUAL: nesta fase do projeto existe um alto grau de abstração, pois não são conhecidas formas, materiais e processos. Nesta etapa, estes aspectos começam a ser definidos para produtos modulares através das seguintes etapas:

ESTABELECIMENTO DA ESTRUTURA FUNCIONAL: neste item os autores ressaltam a importância do estabelecimento das estruturas funcionais no desenvolvimento de sistemas modulares, pois elas vão influenciar diretamente na estrutura final do produto modular.

Também ressaltam que as diferentes variantes de função global devem ser subdivididas em um número mínimo de funções elementares similares e classificam essas funções como básicas, auxiliares, especiais e funções adaptativas; já apresentadas e discutidas no capítulo 4.

Segundo os autores, as estruturas das variantes da função global devem ser lógica e fisicamente compatíveis e possuir o mesmo nível de desdobramento em suas funções elementares, que devem ser determinadas de forma a serem intercambiáveis. Isto será útil se, dependendo da tarefa em particular, a variante da função global puder ser composta, em sua maioria, por módulos essenciais, complementada por módulos possíveis (ambos definidos no Capítulo 4).

Na configuração de estruturas funcionais, as seguintes recomendações devem ser observadas:

- a implementação da função global requerida, deve ser feita pela combinação do menor número de funções possíveis, o que deve ser feito de maneira fácil, dando preferência à utilização de funções básicas;
- para assistir variantes da função global de rara demanda, podem ser usadas funções auxiliares, especiais ou adaptativas, podendo-se chegar até a sistemas mistos com funções não-modulares, os quais possuem maior custo efetivo.
- em funções adaptativas deve-se buscar um único módulo adaptativo. Este módulo pode suprir estas funções mesmo não estando definitivamente acabado, e será completado conforme a configuração exige. Isto deve ser buscado quando módulos especiais encarecem muito um sistema modular.

PESQUISA POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO E CONCEPÇÃO DE VARIANTES: a próxima etapa é a da procura dos princípios de soluções (princípio, forma, material, processos, etc.) para a implementação das várias funções elementares geradas na etapa anterior. Segundo os autores, neste etapa os vários princípios de solução devem possuir tipos similares de energia e de princípios de funcionamento, recomendado para que não haja alteração no projeto base e no princípio de funcionamento do sistema. A melhor solução é, portanto, a implementação de módulos com o mesmo tipo de alimentação de energia e com princípios de funcionamento compatíveis.

Segundo os autores, os fatores econômicos e técnicos nesta etapa se apresentam complexos e devem ser descritos e expostos de maneira clara e objetiva para facilitar a análise das soluções.

SELEÇÃO E AVALIAÇÃO: segundo Pahl & Beitz [4], nesta etapa devem ser avaliados vários conceitos de solução para a função global, segundo critérios técnicos e econômicos.

Ainda conforme o colocado pelos autores, as propriedades de qualquer variante da função global não estão suficientemente claras para a seleção de soluções, tornando-se assim uma difícil tarefa.

As soluções para funções básicas devem ser determinadas através da melhor relação custo—benefício dos módulos. Uma análise da influência dos módulos adaptativos, especiais e auxiliares sobre o custo dos módulos básicos é sugerida pelos autores. Também é sugerida uma análise das influências de custos de todas as variantes da função global sobre o custo total do sistema modular. Os autores ressaltam que esta é uma tarefa complexa, mas também não mostram quais as considerações que devem ser feitas.

Em suma, o leiaute dos módulos básicos deve ser adaptado para a expectativa da demanda, assim as variantes da função global com menor relação custo—benefício devem ser eliminadas do sistema modular. Para se atenderem variantes de baixa demanda, são adequadas adaptações individuais dos módulos ao invés de alterar-se todo o sistema modular, o que se tomaria mais custoso. Uma alternativa é a utilização de sistemas mistos.

Ao final da fase de projeto conceitual, têm-se recomendações básicas para o projeto de produtos modulares. Os autores não apresentam ferramentas e detalhes específicos sobre vários aspectos trabalhados nesta fase.

PROJETO PRELIMINAR: nesta fase são melhor detalhadas as dimensões, os materiais e os processos que começaram a ser definidos na etapa anterior. Os autores fazem recomendações para a seguinte etapa:

PREPARAÇÃO DO LEIAUTE DIMENSIONAL: tendo sido selecionada a solução, cada um dos módulos deve ser detalhado, de acordo com suas funções e também com os requisitos de produção (alguns listados na tabela 5.1). No projeto de sistemas modulares, as considerações de produção e montagem são de importância econômica predominante. Projetistas devem providenciar módulos básicos, auxiliares, especiais e adaptativos, com o maior número de peças similares e partes repetidas. E também com o menor número de peças e partes não acabadas, bem como com o menor número de processos de produção.

Os autores ressaltam algumas recomendações para o projeto de produtos modulares nesta fase, que são:

- necessidades de qualidade devem ter prioridade e ser mantidas, sem que erros apareçam, ou seja, haver um maior número de componentes individuais, um maior número de encaixes pode acarretar uma propagação de erros sobre a função e perda, por sua vez, da qualidade, além de distorção das necessidades;
- a desistência pela execução de alguns módulos é aconselhada somente para o aumento de outros, para garantir a qualidade ou reduzir custos.

- em produtos modulares em que há desgaste de peças e sua reposição é necessária, os autores aconselham que os desgastes no produto sejam uniformes em todas as peças de reposição e que sua manutenção seja fácil; e
- na determinação da estrutura modular de um produto, o módulo que possui a pior relação custo—benefício deve ser observado pelos projetistas com especial cautela, não somente quanto ao projeto em si, mas também quanto ao balanço global e o processo de produção, incluindo a montagem, manuseio e distribuição.

PROJETO DETALHADO: nesta fase do projeto os componentes do produto são documentados e detalhados totalmente, quanto à forma, materiais e processos. Para isto esta fase conta com as seguintes recomendações na etapa de:

PREPARAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO DE PRODUÇÃO: os autores citam que os documentos de produção devem ser preparados de tal forma que a execução de pedidos do produto seja realizada com a simples combinação de módulos.

Desenhos requerem um código apropriado para peças e classificação, os quais são importantes para uma boa combinação de módulos, em sua montagem, nas configurações das variantes da função global. As configurações do produto com a combinação dos módulos devem ser registradas em listas de peças.

Segundo Pahl & Beitz [4], “Experiências têm mostrado que ainda que a produção de sistemas modulares auxilie na redução de custos gerais (incluindo custos administrativos em particular), isto dá oportunidade para um aumento de gastos com a fabricação, essencialmente com matéria-prima, pois é consumida em maior quantidade. Somente o sistema modular que for desenvolvido com o exposto intuito de possuir melhor relação custo—benefício e tiver preocupações com os custos de fabricação é o que terá uma redução significativa no custo global”.

Os autores também não mostram como executar algumas recomendações ou que ferramentas utilizar. Ferramentas como QFD, análise e síntese, Matriz Morfológica poderiam ser utilizados para auxiliar no desenvolvimento do projeto de produtos convencionais e modulares.

5.3 PROJETO DE PRODUTOS MODULARES, SEGUNDO ERIXON [6] [7]

O projeto de produtos modulares apresentado por Erixon [6] [7] é denominado "Modular Function Deployment" - MFD, e é baseado nos resultados de pesquisas junto a várias empresas suecas e apresenta-se com uma natureza bem mais prática que a sistemática de Pahl & Beitz [4], anteriormente apresentada.

Erixon [6][7] busca com o MFD desenvolver produtos modulares para melhorar e agilizar a manufatura de produtos. No desenvolvimento proposto, o projeto dos módulos ocorre simultaneamente, como na manufatura, sendo os módulos fabricados em paralelo, como mostrado na figura 5.2.

A figura 5.2 apresenta também testes após a fabricação de cada módulo para a verificação de falhas e sua junção em uma linha de montagem final, onde são obtidos os produtos desejados. Estas características tendem a aumentar a qualidade dos produtos e facilitar a localização de falhas existentes, bem como reduzir o tempo de manufatura dos produtos. A idéia básica, segundo Erixon [6], é “dividir o produto em subprodutos (módulos) e a fabricação ser feita por times de trabalho para cada módulo”.

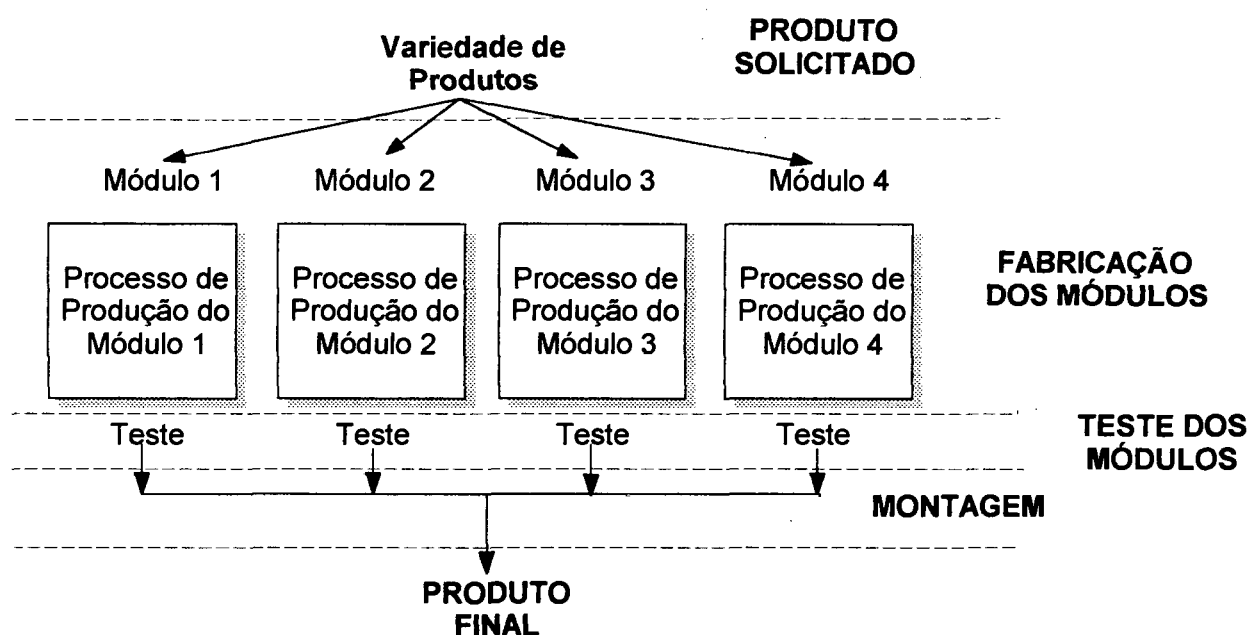


FIGURA 5.2 - Esquema de produção proposto por Erixon [6] para produtos modulares.

5.3.1 PASSOS DA SISTEMÁTICA DE PROJETO

A sistemática de Erixon [6][7] é específica para produtos modulares, pois tem por princípio básico o tratamento do produto do início ao final do projeto dirigido para uma estrutura modular. Também deve-se ressaltar que sua sistemática possui como pontos-chave a montagem e a fabricação.

Estudando a sistemática de Erixon, entendeu-se que o fluxo de informações no desenvolvimento de produtos modulares obedece ao fluxograma da figura 5.3.

Na figura 5.3 tem-se primeiramente a geração de requisitos de projeto, com a utilização da primeira matriz do QFD. Após gerados estes requisitos, os requisitos relativos à manufatura são utilizados na Matriz de Seleção de PUGH [5] para selecionar a solução

técnica mais adequada. As soluções técnicas, segundo o autor, são criadas em uma fase de criatividade, não descrita pelo mesmo.

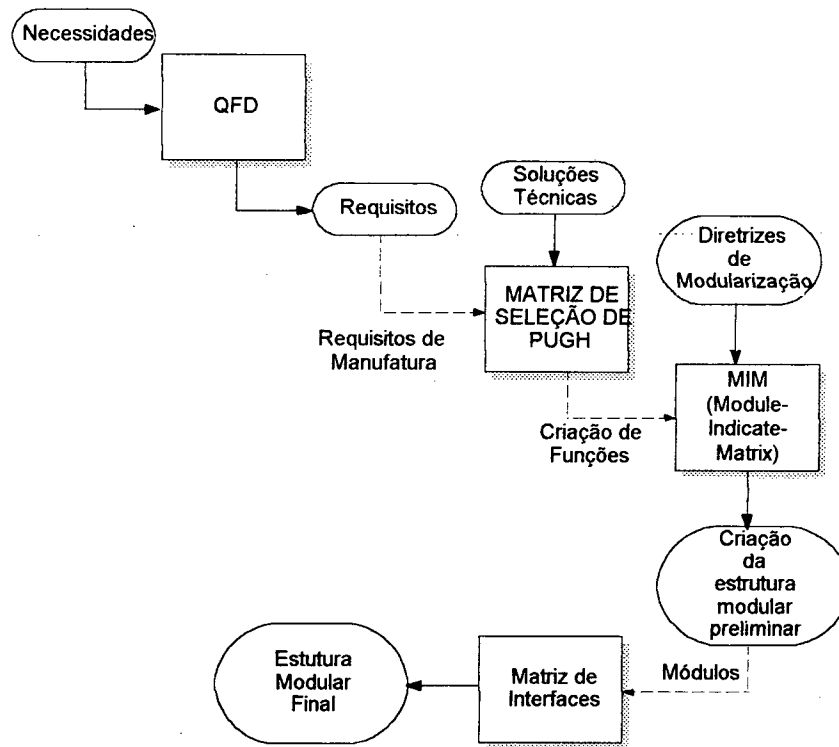


FIGURA 5.3 - Fluxo de informações da sistemática de Erixon.

Após a escolha da solução técnica, é utilizada a MIM (Module-Indicate-Matrix) para indicar quais as funções da solução que apresentam maior tendência a serem módulos e quais devem ser agrupadas, criando uma estrutura modular preliminar.

Com esta etapa realizada, é feita a análise e o melhoramento da estrutura modular preliminar através de uma Matriz de Interfaces, que auxiliará na configuração dos módulos, gerando a estrutura modular final.

A sistemática de Erixon [6] [7] trabalha como uma seqüência de cinco passos e em cada um destes são usadas ferramentas de auxílio para melhor executá-las. Estas ferramentas e passos são mostrados na figura 5.4.

A seguir serão descritos cada um dos passos, juntamente com as ferramentas usadas em cada um deles. Os questionários (Passo 3) e o gráfico de avaliação (Passo 4) não são apresentados, pois o autor não os descreve.

PASSO 1 - CLARIFICAÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO: o primeiro passo a ser desenvolvido é a clarificação das especificações de projeto, que se apresenta semelhante a várias metodologias de projeto de produtos convencionais. O autor utiliza o QFD (Quality Function Deployment), mostrado na figura 5.5, como principal ferramenta nesta etapa. Nota-

se a não-utilização, pelo autor, do telhado da casa da qualidade, nem dos pesos relativos das necessidades, não sendo apresentada qualquer justificativa para tal.

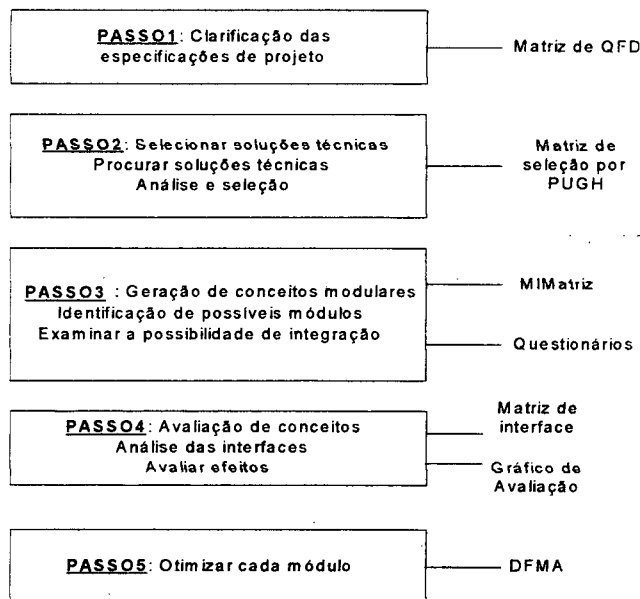


FIGURA 5.4 - Passos da sistemática de projeto de Erixon – MFD [6] [7].

Outro aspecto observado é o da utilização pelo autor do requisito de projeto, modularidade, sem, contudo, apresentar uma unidade de medida para este requisito e nem onde é definido. Poder-se-ia usar para medir este requisito um número ideal de módulos, que o autor propõe e é descrito posteriormente neste trabalho. Segundo o autor o uso deste requisito é fundamental para que as pessoas envolvidas no projeto tenham a idéia de modularização desde o início.

Tais preocupações deveriam ser observadas pelo autor, pois clarificariam e tornariam o QFD mais eficiente na geração de requisitos de projeto para produtos modulares.

Assim, chegando ao fim desta etapa têm-se gerados os requisitos de projeto. Destes requisitos de projeto os de manufatura são utilizados na ferramenta utilizada no próximo passo, a Matriz de Seleção de PUGH [5].

PASSO 2 - SELEÇÃO DE SOLUÇÕES TÉCNICAS: este passo tem por objetivo escolher soluções técnicas para o produto que está sendo desenvolvido ou reprojeto. Isto é feito com a utilização de, por exemplo, catálogos de componentes de mercado ou da própria criação de soluções. Estas soluções são selecionadas a partir de requisitos de produção, gerados nos requisitos do projeto, na etapa anterior. Para tanto, o autor utiliza como ferramenta para alcançar este objetivo a Matriz de Seleção de PUGH [5]. Nesta matriz de seleção são analisados requisitos de produção (tais como: tempo de preparação, estoque, descarte, entre outros) com soluções técnicas, como mostrado na figura 5.6. Observa-se

que as soluções com os somatórios de maior valor serão os melhores. Sendo assim, o valor “+” indica que o conceito ou solução assiste o requisito de forma positiva, “0” (zero) não assiste nem influencia negativamente o requisito, e o sinal “-” indica que a solução não assiste o requisito.

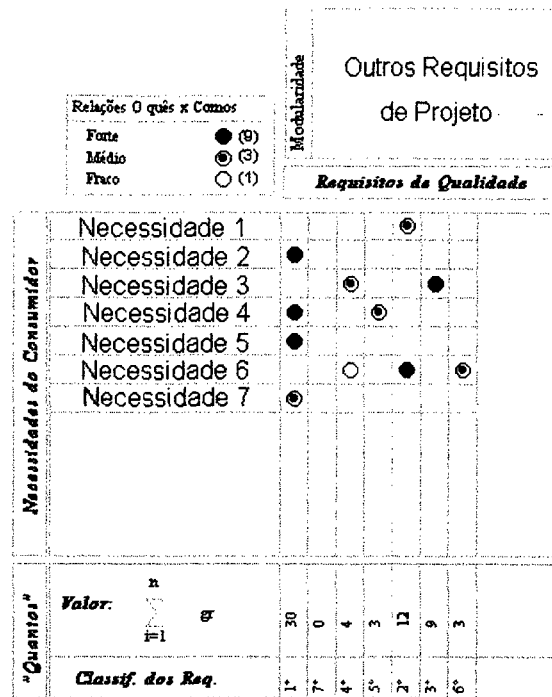


FIGURA 5.5 - Matriz do QFD com a modularidade como requisito fundamental do projeto [6].

Conceitos e Soluções Técnicas	Requisitos de Produção								Σ	
	0	0	+	-	+	0	-	0		
	+	+	-	0	+	0	+	0	+	4
	-	-	-	-	-	0	-	0	-	-7

FIGURA 5.6 - Matriz de Pugh utilizada na sistemática de Erixon [6].

Para a geração das soluções técnicas (realização física do produto), o autor cita uma fase de criatividade, em que são geradas as soluções após a utilização do QFD, não explicitando se estas soluções são baseadas nos requisitos de projeto.

Esta etapa é apresentada de forma superficial e obscura, não sendo mostradas nem ferramentas, nem os passos para a geração de soluções técnicas. Uma ferramenta que aqui poderia ser útil é a Matriz Morfológica, pois esta permite uma boa estruturação das soluções técnicas para cada função.

Por fim, este passo gera a solução técnica que permitirá a execução física do produto.

PASSO 3 - GERAÇÃO DE CONCEITOS MODULARES: este passo consiste na obtenção das possíveis estruturas modulares. Para auxiliar neste passo Erixon utiliza uma ferramenta

que denomina de MIM e apresenta o que chama de diretrizes de modularização, mostradas na tabela 5.2.

As diretrizes são critérios que devem ser observados quando da criação da estrutura modular de um produto, considerando características de todo o ciclo de vida do produto, desde o projeto até o descarte. Utilizadas na MIM, vão auxiliar a indicar quais as funções que podem tornar-se módulos e quais poderão ser agrupadas em um módulo.

TABELA 5.2 – Diretrizes de Modularização segundo Erixon [6] [7].

Desenvolvimento de Produtos	• Multi-Applicativo (“Carry-Over”):	⇒ uma função pode ser um módulo separado onde a solução tecnológica atual poderá ser levada para uma nova geração ou família de máquinas.
	• Evolução Tecnológica:	⇒ uma função pode ser um módulo único se o mesmo possui uma tecnologia que irá ser superada no seu ciclo de vida.
	• Planejamento de Alteração de Projeto:	⇒ uma função pode ser um módulo separado se esta possui características que serão alteradas segundo um plano.
Variação	• Especificação Técnica:	⇒ poderão ser concentradas alterações para se conseguir variantes em um módulo.
	• Estilo:	⇒ função pode ser um módulo separado se esta é influenciada por tendências e modas de tal maneira que as formas e/ou as cores tenham de ser alteradas.
Fabricação	• Unidade Comum:	⇒ uma função poderá ser separada em um módulo se a mesma possuir a mesma solução física em todos os produtos variantes.
	• Processo e Organização:	⇒ razões para separar uma função num módulo, quando ela : <ul style="list-style-type: none"> ▪ tenha um tarefa específica num grupo; ▪ encaixe-se no conhecimento tecnológico da empresa; ▪ possua uma montagem pedagógica; ▪ tenha um tempo de montagem que difere extremamente dos outros módulos.
Qualidade	• Testes em Separado:	⇒ uma função poderá ser separada em um módulo quando esta função puder ser testada separadamente.
Aquisição	• Compra de Produtos Prontos:	⇒ uma função que pode ser tratada como uma caixa preta causa redução dos custos logísticos.
Após Estar no Mercado	• Manutenção e Manutenibilidade:	⇒ manutenções e reparos podem ser facilitados se uma função fica bem em um módulo separado.
	• Atualização:	⇒ se é necessária pode ser facilitada se a função a ser atualizada for um módulo.
	• Reciclagem:	⇒ isto pode ser uma vantagem para concentrar materiais poluentes ou recicláveis em um mesmo módulo ou em módulos separados, conforme o caso.

Além destas diretrizes, que são genéricas, pode haver a complementação das mesmas com algumas especificações especiais de projeto e da empresa, tais como: estratégia, limitações de custos, legislação, etc.

Na MIM, figura 5.7, são inseridas nas linhas as diretrizes, apresentadas acima, e nas colunas as funções do produto, obtidas a partir da solução selecionada no passo anterior. Semelhante ao QFD, cada função é avaliada frente a cada diretriz e seu relacionamento com ela é qualificado como forte, médio ou fraco. Os símbolos destas relações e sua pontuação são mostrados na figura 5.7.

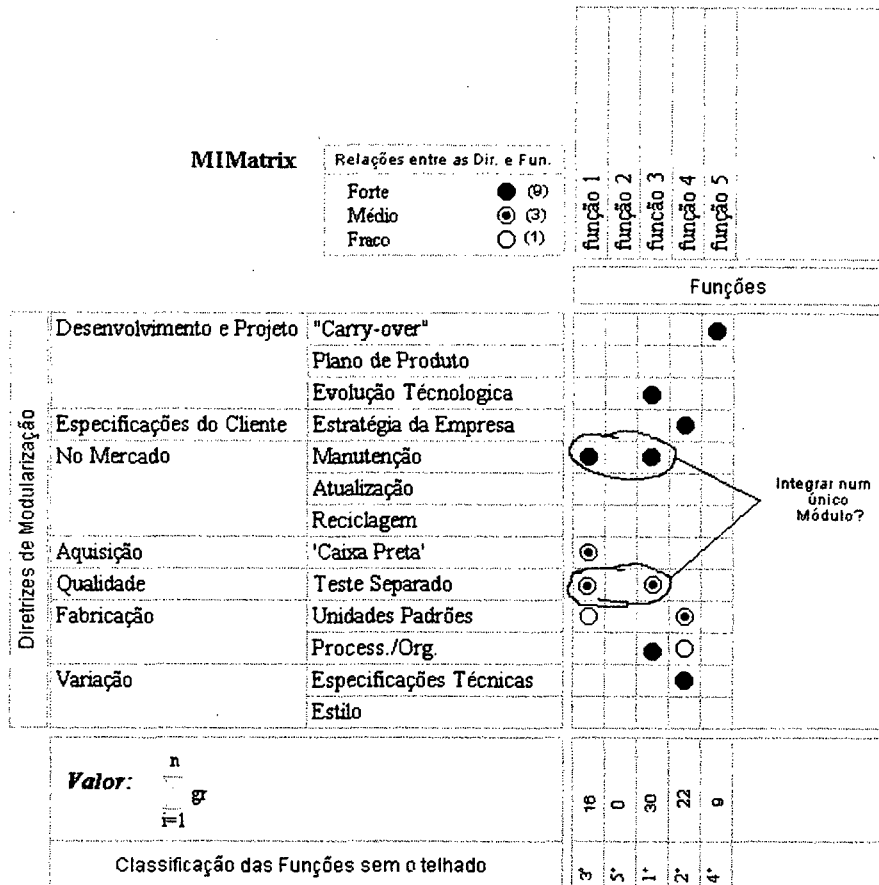


FIGURA 5.7 - Matriz de Indicação de Módulos, MIM [6][7].

Ao final do relacionamento das funções com as diretrizes, os somatórios obtidos indicaram quais funções tem maior tendência a se tornarem módulos.

No exemplo apresentado na figura 5.7, as funções 3 e 4 são fortes candidatas a tornarem-se módulos, em função da pontuação atingida, obtida a partir do somatório dos valores das colunas, 30 e 22, respectivamente. Com isto surge a dúvida se estas devem individualmente tomarem-se módulos, ou se devem ser unidas com outras funções tornando-se um único módulo.

A resposta para esta questão pode ser dada analisando-se as linhas da MIM procurando as fortes e médias relações entre as funções e as diretrizes de modularização, com o objetivo de procurar verificar num mesmo módulo algumas funções podem ser agrupadas, como visto em destaque na figura 5.7, na qual as funções 1 e 3 são fortes candidatas a serem incorporadas em um único módulo. Pois nas diretrizes de manutenção e teste separado ambas apresentam média e forte relação.

PASSO 4 - AVALIAÇÃO DOS CONCEITOS: neste passo avaliam-se as concepções, testando as interfaces entre dois ou mais módulos que serão unidos para gerar um módulo maior (submontagem) ou mesmo um produto. As interfaces têm um papel importante no produto final, em virtude da intercambiabilidade entre módulos e da sua melhor montagem.

Por sua vez, uma interface pode ser fixa, móvel ou ser um meio de transmissão. O autor a considera fixa quando tem a finalidade de unir módulos no produto e transmitir força. Por outro modo, a interface é considerada móvel quando transmite energia na forma de rotação, forças alternadas, etc., e é considerada um meio de transmissão quando transmite massa ou energia.

A matriz apresentada na figura 5.8 dá uma boa idéia das interfaces de ligação entre os módulos, como por exemplo a ligação do motor com a cobertura final e com a transmissão. Já a cobertura final tendo ligação com o tambor de arame, outra cobertura e a caixa de engrenagens que por sua vez também é ligada a transmissão.

A letra "E" representa as interfaces móveis e os meios de transmissão, e a letra "G" representa as restrições geométricas na interface ou conexão (tais como: encaixes, acentos, passagem de dutos, entre outros). Os tempos de operação de montagem são também introduzidos para completar a matriz.

As flechas indicam os melhores princípios de montagem. Estes princípios podem ser obtidos através da montagem por empilhamento ou através da montagem tendo um componente como peça base. Todas as outras interfaces, fora das áreas marcadas pelas setas, não são desejadas, pois não agilizam a montagem.

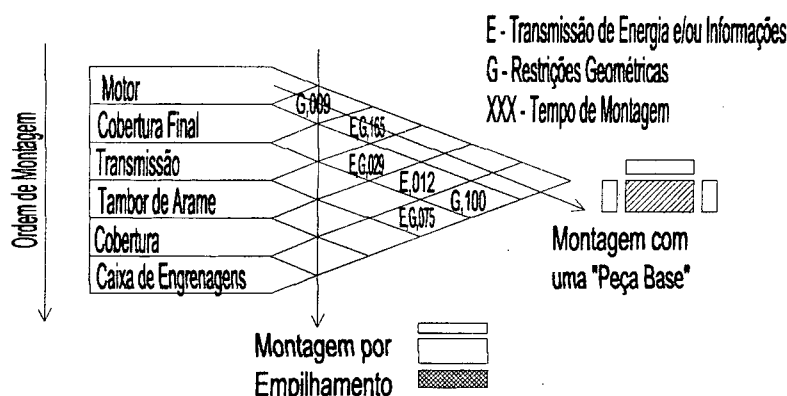


FIGURA 5.8 - Avaliação da complexidade das interfaces de um guindaste [6][7].

Desta forma, a matriz acima serve para indicar quais as interfaces de ligação a serem observadas e eventualmente melhoradas, buscando o caminho das setas e assim um melhor processo de montagem. A matriz também apresenta cuidados com restrições geométricas ou movimentos. Os tempos de montagem também são importantes para a análise do processo.

Ao final deste passo tem-se a análise de todos os conceitos de solução e interfaces.

PASSO 5 - OTIMIZAÇÃO DE CADA MÓDULO: nesta etapa o autor propõe o melhoramento de cada módulo com a utilização de técnicas de DFMA (Design for

Manufacture and Assembly), melhor preparando-os para a manufatura e montagem, como também para a manutenção, descarte e reciclagem.

5.3.2 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS MODULARES

Em sua sistemática, Erixon [6] [7] propõe algumas ferramentas para a avaliação de produtos modulares que devem ser usados em sistemas modulares já existentes ou a partir do projeto preliminar. Os pontos analisados por Erixon são:

1. Custo do Produto
2. Tempo de Desenvolvimento
3. Qualidade
4. Custo do Sistema de Suporte da Manufatura e da Montagem
5. Tempo de Montagem e número de Módulos no Produto
6. Capacidade de Desenvolvimento
7. Custo de Desenvolvimento

1.CUSTO DO PRODUTO: o objetivo deste ponto é ter um parâmetro para auxiliar na análise de custos e em sua redução. Segundo Erixon [6], o custo do produto é influenciado diretamente pelo material e trabalho despendido em sua fabricação. Custos com ferramental e dispositivos de fixação para a fabricação de cada módulo também têm influência sobre o custo total do produto. Por isso no Passo 5, é sugerido o emprego de técnicas de DFMA ao nível de cada módulo.

Segundo o autor, o custo depende principalmente do número de peças, número de módulos e da complexidade dos módulos. Também segundo Erixon, a redução e o controle destes custos é possível quando há a reutilização de módulos para várias funções, ou seja, o caso ideal é um sistema modular que atenda os requisitos solicitados com o menor número de módulos.

Segundo o autor, o custo do produto será proporcional à complexidade da variedade de módulos do sistema e, se esta for reduzida, menor será o custo do produto.

Para calcular a complexidade da variedade de módulos, o autor adaptou um cálculo utilizado por Pugh [5], que é usado para medir a complexidade da variedade de componentes em um produto convencional para um produto modular. Esta fórmula pode ser vista na equação 5.1.

$$k = \sqrt[3]{N_m \cdot N_{mot} \cdot N_c} \quad (5.1)$$

$k \Rightarrow$ complexidade

$N_m \Rightarrow$ número de módulos em uma variante do produto.

$N_{tot} \Rightarrow$ número total de módulos.

$N_c \Rightarrow$ número de superfícies de contato nas interfaces entre módulos em uma variante do produto.

Este cálculo da complexidade dá uma idéia geral para análise do custo do sistema modular, devendo-se buscar sempre o menor valor de "k", não sendo muito abrangente. Desta forma, "k" é útil, mas faltam outros fatores serem modelados da mesma forma que "k" foi.

2. TEMPO DE DESENVOLVIMENTO: segundo Erixon, este item deve ser particionado, ou seja, quanto maior o número de módulos desenvolvidos em paralelo, menor o tempo gasto para o desenvolvimento do produto. Desta forma este item é avaliado pela habilidade de desenvolvimento de módulos simultaneamente. Para isso ser possível antes do desenvolvimento de cada módulo, deve ser feito o estudo das interfaces e buscar a minimização da complexidade das mesmas.

3. QUALIDADE: este item é avaliado através do número de módulos que podem ser testados separadamente, sendo esta sua métrica. Este número de módulos deve ser maximizado, pois as falhas podem ser mais facilmente encontradas quando do teste em separado de cada módulo; assim é garantida maior qualidade do produto.

Neste aspecto o autor falha, pois não só o teste dos módulos em separado chega para se ter qualidade de produtos modulares. A qualidade deve estar presente em todo o ciclo de vida do produto.

4. CUSTO DO SISTEMA DE MANUFATURA E DA MONTAGEM: esse custo pode ser avaliado e trabalhado através do número de módulos comprados, que deve ser maximizado. Isto, segundo Erixon, reduz o custo de fabricação e, por sua vez, o custo do sistema de suporte, que, por seu turno, é a estrutura fabril necessária para a fabricação dos módulos.

Mas somente a maximização de módulos comprados não é suficiente: uma análise de custos deve ser feita para verificar se a compra ou a fabricação é mais adequada.

5. TEMPO DE MONTAGEM E NÚMERO DE MÓDULOS NO PRODUTO: para o cálculo de um tempo de montagem, Erixon utiliza-se da equação 5.2.

$$L = \frac{N_p \cdot T_{norm}}{N_m} + T_{test} + (N_m - 1) \cdot T_{int} \quad (5.2)$$

$L \Rightarrow$ tempo de montagem.

$N_p \Rightarrow$ número total de peças no produto completo (estimado).

$N_m \Rightarrow$ número de módulos em produção.

$T_{norm} \Rightarrow$ média de tempo de montagem por peça.

$T_{int} \Rightarrow$ tempo médio de montagem final para a interface entre os módulos.

$T_{test} \Rightarrow$ tempo médio para teste de funcionamento.

A partir da derivação da mesma obtém-se o número ideal de módulos, como visto nas EQUAÇÕES 5.3 e 5.4.

$$\frac{\partial L}{\partial N_m} = \frac{N_p \cdot T_{norm}}{(N_m)^2} + T_{int} = 0 \quad (5.3)$$

$$N_m = \sqrt{\frac{N_p \cdot T_{norm}}{T_{int}}} \quad (5.4)$$

Segundo o autor, se a variável tempo para a montagem final de uma interface (T_{int}) tende a ser igual à média de tempo de montagem para uma parte, o número ideal de módulos é $N_m = \sqrt{N_p}$, como visto na equação 5.4. Este número também pode ser usado como uma regra de manuseio em fases conceituais iniciais e pode vir a ser um indicador de modularização, o que não é feito pelo autor no PASSO 1, no QFD.

Exemplificando este cálculo, Erixon [6] apresenta um sistema modular com 81 peças, onde T_{norm} é igual a 10 s e T_{int} é igual a 50 s e T_{test} é desconsiderado, e o mínimo teórico de acordo com a equação 5.2 é observado na figura 5.9. Pode-se observar que o menor tempo de montagem é obtido com um número ideal de módulos (N_m) igual a 4.

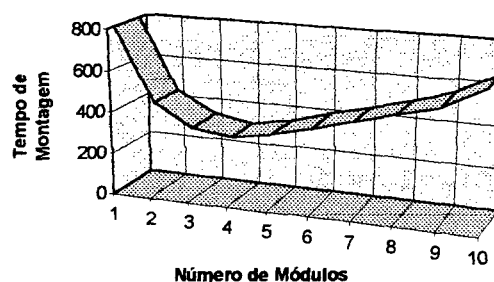


FIGURA 5.9 - Equação 5.2 plotada com $N_p = 81$, $T_{norm} = 10$ s, $T_{int} = 50$ s.

Neste caso, o tempo de montagem final é cinco vezes o tempo médio de montagem para as partes. Com isso, tem-se um $N_m \cong 0,5 \cdot \sqrt{N_p}$ ($N_m = 4.5$ para o exemplo onde $N_p = 81$). Na prática, os menores tempos de montagem ocorrem com valores de N_m na seguinte faixa: $0,5 \cdot \sqrt{N_p} \leq N_m \leq \sqrt{N_p}$, que pode servir no projeto, como faixa de referência para as fases conceituais.

6. CUSTO DE DESENVOLVIMENTO: Erixon coloca que o uso de módulos comprados e seus estoques tem influência sobre o custo de desenvolvimento, pois, se os módulos tiverem de ser desenvolvidos, causarão aumento de custo no desenvolvimento. Se os módulos forem comprados e estocados, devem permitir sua utilização em futuras gerações de produtos, senão acarretarão um aumento de custos. Os estoques finais não devem prejudicar:

- os requisitos de consumidores no que tange a novas gerações de produtos;
- a imagem da empresa; e
- uma nova estrutura modular que venha a surgir.

7. CAPACIDADE DE DESENVOLVIMENTO: o desenvolvimento de módulos deve ser terceirizado, pois adquiri-los é mais barato do que os desenvolver e fabricar, se a empresa não possuir capacidade para fazê-lo. Com a terceirização, há uma divisão de tarefas no desenvolvimento de módulos. Devem ser passadas as especificações aos terceirizadores de cada módulo até se chegar a um módulo adequado. Quanto maior o número de módulos comprados no mercado ou terceirizados, maior a capacidade de desenvolvimento, com menor gasto.

5. 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo mostrou sistemáticas propostas por alguns autores para o desenvolvimento de produtos modulares.

Sistemáticas já consagradas, como a VDI 2221, apresentam, algumas vezes, a preocupação com módulos. Porém, constata-se que o processo de desenvolvimento do produto é conduzido de forma que, ao final, existam módulos no produto e não um sistema modular que assista as variantes do produto. Por este motivo, estas sistemáticas não foram abordadas.

TABELA 5.3 - Resumo das regras e números de avaliação utilizados por Erixon [6][7].

Requisitos	Variáveis do Processo	Regra ou Número de Avaliação
Tempo de montagem	Número de Módulos	$0.5\sqrt{N_p} \leq N_m \leq \sqrt{N_p}$
Custo do sistema de manufatura e de montagem	Número de módulos comprados	Maximizar
Custo do produto	Complexidade de variedade	Minimizar
		$k = \sqrt[3]{N_m \cdot N_{mot} \cdot N_c}$
Qualidade	Número de módulos testados separadamente	Maximizar
Tempo em desenvolvimento	Habilidade de trabalho em paralelo	Minimizar a complexidade de especificações
Custo do desenvolvimento	Uso de "carry-overs"	Maximizar
Capacidade de desenvolvimento	Uso de módulos comprados	Maximizar

Pahl & Beitz [4] falam sobre projetos de produtos modulares e comentam sobre módulos e modularização; os autores apresentam uma sistemática de projeto de produtos modulares, mas não mostram completamente como desenvolver esses produtos. Percebe-se que os autores têm preocupação em relação aos assuntos acima mencionados, mas o desenvolvimento desses produtos, seus fundamentos, suas perspectivas, bem como sua sistemática de projeto, não são muito claros e documentados.

Na verdade, esta sistemática concentra-se mais nas fases iniciais do desenvolvimento de produtos modulares, ou seja, na clarificação da tarefa e no projeto conceitual. Apresenta-se, então, como uma lista de recomendações.

Existe carência de informações mais detalhadas quanto a criar listas de requisitos de projeto de produtos modulares, desenvolver princípios de solução para projetos de produtos modulares, estabelecer as possíveis concepções, desenvolver e definir as estruturas de construção e determinar os leiautes definitivos.

A sistemática de Erixon [6][7], a princípio, parece uma sistemática de projeto adequada para a criação de módulos em produtos em desenvolvimento ou reprojatados. No entanto, deixa dúvidas quanto à elaboração do projeto de produtos modulares propriamente dita. Ou seja, não fica clara qual o fluxo de informações a ser percorrido pelo projetista para se chegar ao desenvolvimento de um produto modular. As ferramentas e passos de Erixon complementariam a sistemática de Pahl e Beitz, pois possibilitam uma execução da sistemática de projeto de maneira mais prática e não tão teórica como feito por Pahl e Beitz.

Ao final deste capítulo conclui-se que:

- apesar de grande utilidade dos produtos modulares para a indústria, a sua sistemática de desenvolvimento não está bem documentada e exemplificada;

- nota-se que a maioria das sistemáticas de projeto não trata sobre produtos modulares, e as poucas que tratam são obscuras e pouco detalhadas; e
- necessita-se de uma sistemática mais clara e documentada, para que as vantagens dos produtos modulares possam ser mais bem utilizadas pela indústria.

CAPÍTULO 6

PROPOSTA DE SISTEMÁTICA DE PROJETO PARA SISTEMAS MODULARES

6.1 INTRODUÇÃO

Após o estudo de pontos-chave sobre móveis e, principalmente, sobre as sistemáticas de projeto para produtos modulares, este trabalho segue com o objetivo de propor uma sistemática de projeto para produtos modulares.

Esta proposta é feita, uma vez que as sistemáticas apresentadas não se apresentaram satisfatórias, em função das constatações apontadas no capítulo 5.

Identificadas as principais falhas, esta proposta é apresentada com todas suas etapas descritas e indicando ferramentas e recomendações para cada uma delas. As etapas da sistemática proposta são:

- tarefa;
- esclarecimento e formulação da tarefa;
- estabelecimento da estrutura funcional;
- análise da estrutura funcional e estabelecimento da estrutura modular;
- avaliação e otimização dos possíveis módulos;
- preparação da documentação para a produção; e
- produção.

Esta proposta foi feita para auxiliar os projetistas nas suas tomadas de decisão durante o desenvolvimento de produtos modulares.

Quando se fala no desenvolvimento de produtos modulares, deve-se ter em mente que estes produtos têm por finalidade atender às variantes de uma função global com elementos funcionais ou construtivos, planejados para que combinações distintas sejam possíveis.

Durante o seu desenvolvimento, alguns cuidados específicos devem ser tomados e algumas etapas são cruciais, entre elas, o estabelecimento e análise da estrutura funcional e o estabelecimento da estrutura modular, pois determinam as interfaces e os elementos funcionais ou construtivos para a obtenção de vantagens, como as citadas no capítulo 4.

Esta sistemática pretende ser mais abrangente, detalhada e eficaz que as apresentadas no capítulo 5, obtendo-se sua validação apresentada no capítulo 8, resultado de sua aplicação prática na indústria moveleira.

6.2 SISTEMÁTICA PROPOSTA

Neste item será apresentada a proposta de sistemática para projetar produtos modulares ou reprojeter um produto, de modo que este venha a possuir uma estrutura modular. Serão descritas as etapas para um bom e adequado projeto, indo desde a fase inicial até a produção. A idéia de modularização deve estar presente para todas as pessoas envolvidas no projeto desde o seu início.

Deve-se ter em mente, principalmente, suas interfaces e o desenvolvimento e fabricação simultaneamente de cada módulo, pois são pontos fundamentais para a obtenção das vantagens oferecidas pelos sistemas modulares.

As etapas da sistemática proposta, que se apresentam dentro de 4 fases, desde a tarefa até a obtenção dos documentos de produção, encontram-se descritas esquematicamente no fluxograma da figura 6.1.

De acordo com a figura 6.1, têm-se sete etapas ao longo de toda a sistemática proposta, e também são indicadas ferramentas para serem usadas em cada uma destas etapas. Esta sistemática possui algumas características, tais como:

- utiliza ferramentas nas etapas do desenvolvimento do produto com o propósito de agilizar e melhorar as informações envolvidas ao longo do projeto;
- encadeia logicamente as etapas e as informações ao longo do projeto;
- usa a idéia de uma estrutura modular desde o início do projeto e em todas suas etapas;
- é adequada para a implementação computacional;
- apresenta preocupações com a montagem e a fabricação, de forma a trabalhar a engenharia simultânea; e
- é genérica, ou seja, pode ser usada em qualquer produto.

As vantagens em relação às sistemáticas apresentadas no capítulo 5 estão presentes pelo fato da sistemática proposta sugerir ferramentas ao longo das etapas de projeto e encadear estas etapas ao longo do projeto de maneira clara e sistemática.

Todas as ferramentas e recomendações para cada etapa são descritas ao longo deste capítulo.

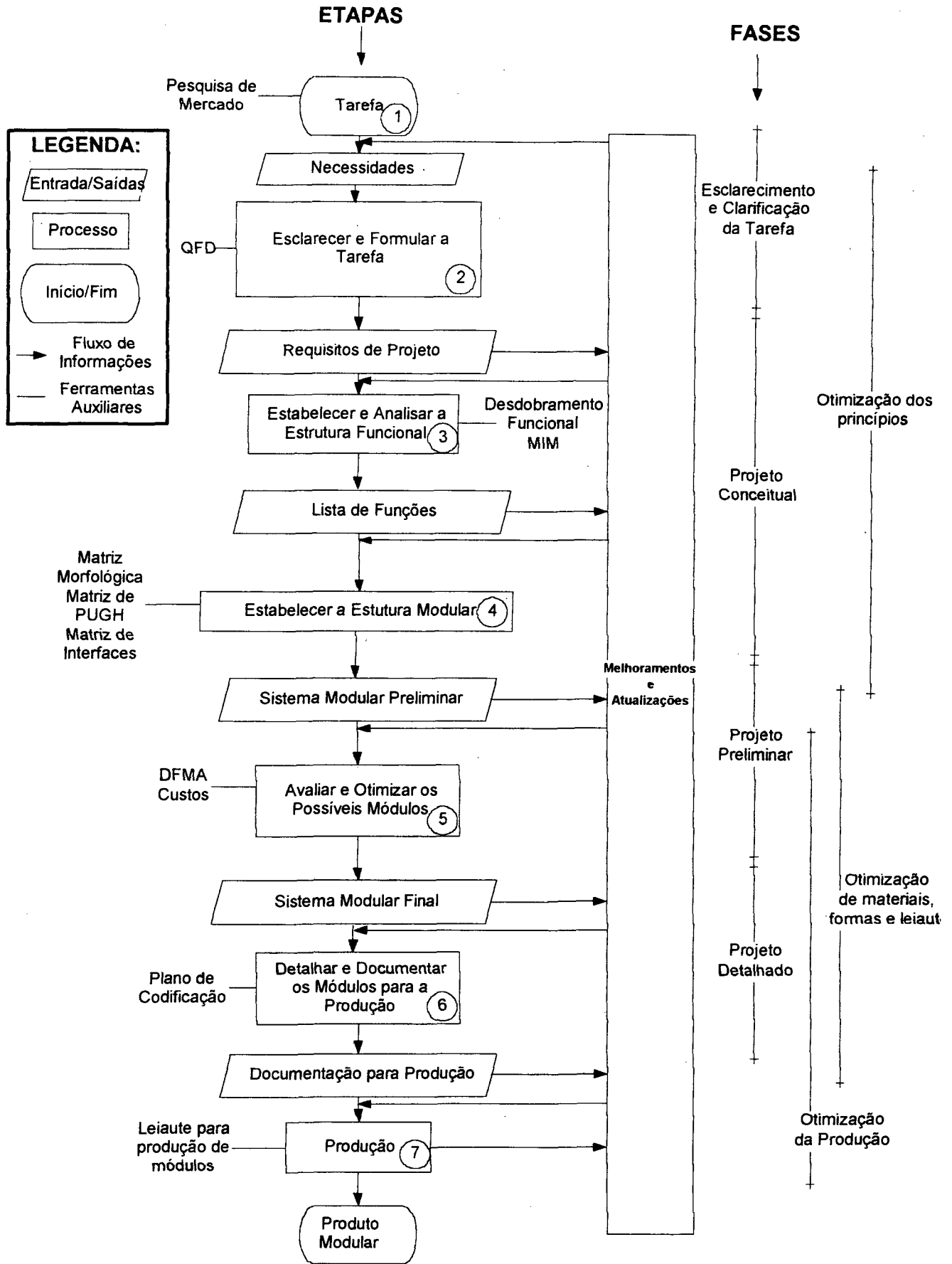


FIGURA 6.1 - Proposta de Sistemática de Projeto para Produtos Modulares.

6.2.1 TAREFA

A primeira etapa desta sistemática busca as necessidades de clientes internos, intermediários e externos, relativas ao produto. Uma das formas de obtenção destas necessidades é através de uma pesquisa de mercado, a qual possui o intuito de esclarecer e obter informações básicas sobre o produto.

Informações relativas à modularização ou não do produto já devem ser investigadas nesta etapa e devem ser levantadas junto a todos os clientes. Para isso, informações relativas a futuras expansões do produto, padronização dos componentes, manutenção, manutenibilidade, atualização, descarte, variações de estilo e referências técnicas, entre outras, devem ser levantadas e analisadas.

Informações sobre os fornecedores e clientes internos, as quais são importantes para estabelecer as necessidades relativas aos processos internos de desenvolvimento e produção de produtos, também devem ser observadas.

Uma maneira de se fazer uma pesquisa de mercado eficiente, e não tão abrangente, é executá-la junto aos vendedores do produto. Estes possuem um contato direto com o público consumidor e, assim, um maior conhecimento sobre as vontades e desejos do mesmo.

Outras informações importantes a serem levantadas referem-se à concorrência. Neste caso, incluem-se empresas que comercializam produtos iguais ou semelhantes àqueles que se pretende produzir. Algumas informações básicas, para móveis, segundo Paim [8], e que podem ser usadas para outros produtos são:

- a) qual o padrão de qualidade caracterizado por acabamento, funcionalidade, durabilidade, cor, resistência, preço, tamanhos e embalagem;
- b) o que pode ser melhorado e/ou inovado;
- c) quais as faixas de mercado que são atendidas e quais as que ainda não foram;
- d) quais os produtos concorrentes em todos os aspectos;
- e) qual a qualidade do atendimento, prazo de entrega, quantidades produzidas, número de funcionários, maquinário e porte das empresas concorrentes; e
- f) em que aspecto pode-se superar os concorrentes.

Os pontos a serem estudados na pesquisa de mercado e qual o produto a ser desenvolvido devem ser decididos por todos os setores envolvidos no desenvolvimento de um produto ou no reprojeto de um produto já existente. Entre os setores envolvidos podem

ser citados os seguintes: marketing, compras, vendas, fabricação, desenvolvimento ou qualquer outro que seja de interesse.

Após o levantamento destas informações, a decisão da utilização de um sistema modular ou não para o produto deve ser tomada, levando em consideração aspectos econômicos, técnicos e de viabilidade.

Por exemplo, se houver procura por um produto com diferentes especificações técnicas, mas com a mesma função global, boa demanda de mercado e com viabilidade de fabricação o mesmo deve utilizar um sistema modular.

Ao final desta etapa, devem-se ter reunidas todas as informações relativas às necessidades do produto, as quais serão utilizadas na próxima etapa, que é o esclarecimento e a formulação da tarefa.

6.2.2 ESCLARECER E FORMULAR A TAREFA

Esta etapa consiste no esclarecimento e formulação da tarefa, com o propósito de gerar os requisitos de projeto. Ou seja, analisar e quantificar as necessidades geradas na etapa anterior. Outro objetivo desta etapa é analisar a exeqüibilidade do produto.

Após os resultados da pesquisa de mercado, os setores envolvidos na etapa anterior definirão quais as necessidades mais importantes e que devem ser atendidas.

A modularização pode ser estimada através do número ideal de módulos, que pode ser calculado da forma como foi calculado por Erixon [6], apresentado no capítulo 5, no item 5.3.1. Este número de módulos dependerá do produto que está sendo desenvolvido e de como é feita sua fabricação e montagem.

A ferramenta empregada nesta etapa é a primeira matriz do QFD, casa da qualidade, em que as necessidades obtidas na etapa anterior são utilizadas, para serem “os quês”. Pelos princípios da casa da qualidade e pelas necessidades dos clientes, obter-se-á, ao final, uma lista de requisitos de projeto, “os como”, que descrevem tecnicamente e quantitativamente o produto e as características desejáveis dos clientes do projeto.

Também pode ser usada aqui a tabela 5.1, de recomendações, apresentada no capítulo 5 da sistemática de projeto modular, descrita por Pahl & Beitz [4]. Entre os vários requisitos citados nesta tabela, temos os das seguintes áreas: Geometria, Cinemática, Forças, Energia, Materiais, Sinais, Segurança, Ergonomia, Produção, Controle de Qualidade, Montagem, Transporte, Operação, Manutenção, Reciclagem, Custo e Prazos.

A descrição clara do produto será concluída quando os requisitos tiverem sido estruturados e classificados em subgrupos de interesse, como, por exemplo: manufatura, montagem, acabamento, etc... Também devem ser revisados e complementados, se necessário.

Ao término desta etapa deve existir um consenso com todas as partes envolvidas sobre os requisitos gerados.

6.2.3 ESTABELECEER E ANALISAR A ESTRUTURA FUNCIONAL

O propósito desta etapa é identificar a função global do produto, suas variantes e sua estrutura funcional, a partir dos requisitos de projeto. A abstração é essencial para que os problemas formulados não sejam orientados, desde o início, para soluções específicas. Busca-se nesta etapa estabelecer os processos de transformação e operação, bem como as tecnologias envolvidas.

Esta etapa possui dois passos bem definidos: o estabelecimento da estrutura funcional do produto e sua análise com a utilização da MIM.

Para o primeiro passo, emprega-se o método do desdobramento funcional. Antes de aplicar este método, devem ser estabelecidas todas as variações da função global. Isto deve ser identificado ainda na primeira etapa deste desenvolvimento. Depois disso, cada variante da função global deve ser desdobrada, até se chegar às funções elementares. Este desdobramento deve obter o mesmo nível em todas as variantes. Isto deve ser feito para que, no final, as funções elementares de todas as variantes da função global possam ser agrupadas de uma maneira lógica e clara, montando assim a estrutura funcional total do produto a ser desenvolvido.

No estabelecimento da estrutura funcional total, as funções elementares semelhantes devem ser agrupadas buscando uma única função, se possível, ou seja, buscando uma padronização, como visto na figura 6.2.

A figura 6.2 mostra duas variantes da função global (Produto 1 e Produto 2) e seus respectivos desdobramentos funcionais, em que as duas funções semelhantes (A1 e A2) são substituídas por uma única "A", que atende às duas variantes da função global.

Com a estrutura funcional total da função global montada, deve-se proceder à classificação das funções elementares em básicas, auxiliares, adaptativas, especiais, essenciais e possíveis, conforme mostrado no capítulo 4.

A classificação deve ser feita de forma que as variantes da função global de alta demanda sejam construídas, em sua maioria, com módulos básicos.

Se houver muitas variantes da função global e funções elementares a se atenderem, as mesmas devem ser também classificadas devido às suas demandas e importâncias. Isto deve ser feito também para auxiliar na escolha dos possíveis módulos, o que ocorre na etapa posterior.

No final do desdobramento funcional deve-se ter uma estrutura funcional total que atenda a todas as variantes da função global, identificadas no início deste passo.

Em um segundo passo, as funções elementares geradas devem ser analisadas em três aspectos: na relação com as outras funções elementares, na relação com as diretrizes de modularização e na sua 'vocação' em tornar-se módulo. Isto pode ser feito através da MIM, descrita no capítulo 5, que servirá, nesta etapa, como ferramenta de apoio na análise das fun es elementares.

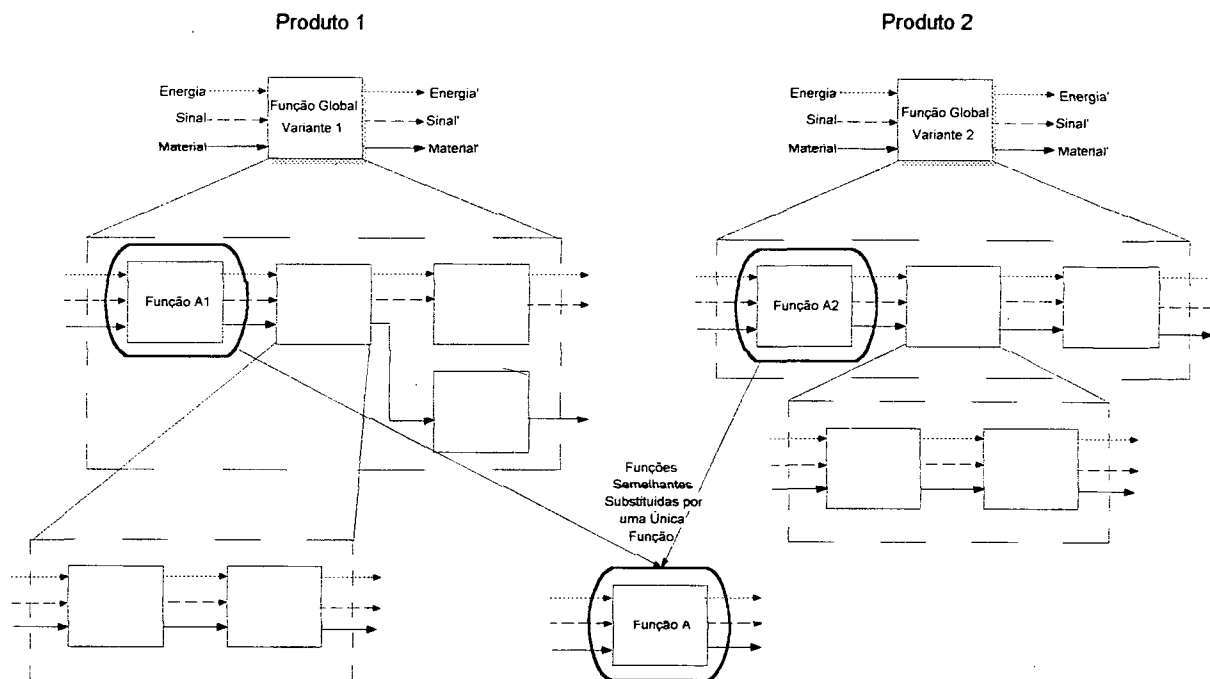


FIGURA 6.2 - Substitui o de fun es semelhantes por uma única fun o.

Estes três aspectos são apresentados na figura 6.3: o segundo e o terceiro, com a utiliza o da MIM, como já conhecida; e o primeiro, com o acréscimo de um telhado na matriz, que indica se as rela es entre as fun es possuem influências positivas ou negativas. Na figura 6.3   apresentada somente a classifica o dos módulos.

Preocupa es com dimensões e matérias-primas, relativas às fun es, já devem ser observadas nesta etapa, se possível.

Desta etapa resulta a estrutura funcional total do produto, bem como as rela es entre as fun es, suas importâncias e a 'voca o' destas para tornarem-se módulos. As informa es da análise aqui feita, citadas acima, auxiliarão na tomada de decisão da estrutura modular preliminar, que será feita na etapa seguinte.

6.2.4 ESTABELECE A ESTRUTURA MODULAR

Esta etapa pretende estabelecer a estrutura do sistema modular preliminar, ou seja, dar forma física às fun es. Para tanto, além da rela o entre as fun es, suas importâncias e suas 'voca es' para tornarem-se módulos, as solu es para as fun es são cruciais.

Para o melhor entendimento desta etapa são apresentados os seus passos na figura 6.4.

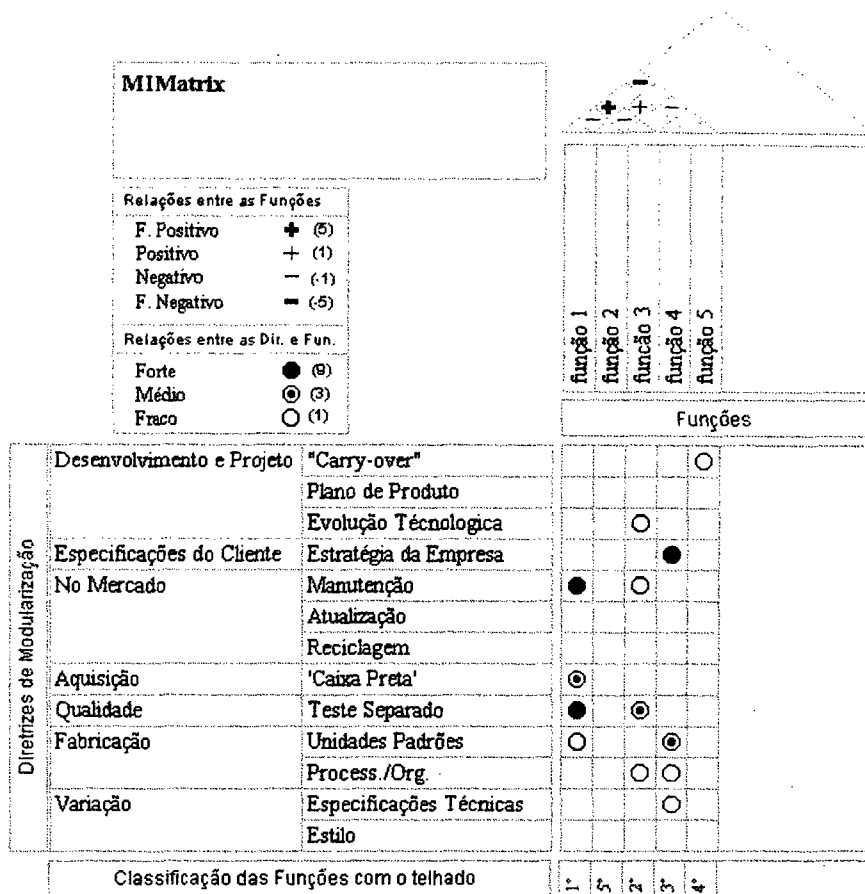


FIGURA 6.3 - MIM com telhado de relações.

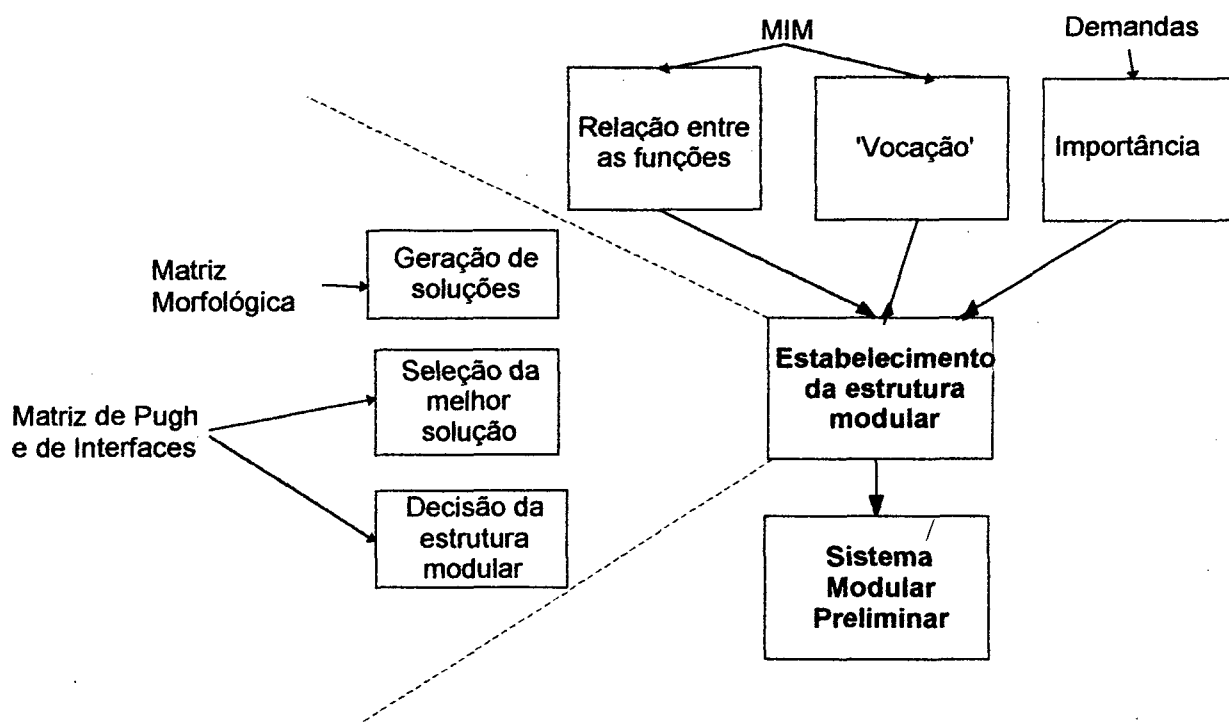


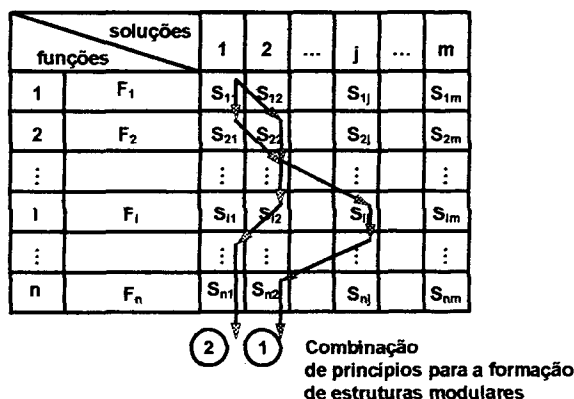
FIGURA 6.4 - Fluxo de etapas no Estabelecimento da Estrutura Modular.

TABELA 6.1 - Métodos para a busca de princípios de solução.[15]

Métodos convencionais	<ul style="list-style-type: none"> • Busca em literatura livros, jornais, patentes, brochuras de concorrentes, ... • Análise de sistemas naturais biônica e biomecânica • Análise de sistemas técnicos existentes produtos e métodos concorrentes ou antigos, ... • Analogias • Medidas e testes em modelos
Métodos intuitivos	<ul style="list-style-type: none"> • Brainstorming livre associação de idéias, Osborn [25] • Método 635 6 participantes, 3 proposições, 5 sugestões • Método Delphi 3 rodadas de perguntas a especialistas • Sinergia utilização sistemática de analogias • Combinação de métodos
Métodos discursivos	<ul style="list-style-type: none"> • Estudo sistemático de sistemas técnicos efeito físico representado por uma equação • Uso de esquemas de classificação apresentação sistemática de dados - matriz morfológica • Uso de catálogos de projeto

Na busca das formas para as funções (soluções), podem ser usados vários métodos, entre eles, os apresentados na tabela 6.1.

Da tabela 6.1 a utilização da Matriz Morfológica é aconselhável, pois para cada função consegue-se descrever soluções de forma sistemática e organizada. As soluções para cada função elementar podem ser geradas e analisadas com a utilização dos outros métodos citados na tabela 6.1. Outra vantagem da utilização da Matriz Morfológica é o seu uso na combinação dos princípios de solução para as funções, como visto na figura 6.5, para auxiliar na geração de estruturas modulares.



Estrutura Modular 1: $S_{11}+S_{22}+\dots+S_{n2}$

Estrutura Modular 2: $S_{11}+S_{21}+\dots+S_{n1}$

FIGURA 6.5 - Combinação de princípios de solução em variantes de solução para o estabelecimento da estrutura modular.

Desta forma, ao final da utilização da matriz morfológica, obtêm-se soluções alternativas para as funções de um mesmo sistema modular.

Além das soluções, devem ser gerados os custos para cada solução na Matriz Morfológica, o que será utilizado na etapa posterior, para análise e otimização dos possíveis módulos do sistema modular.

Para as tomadas de decisão na geração de possíveis sistemas modulares a partir da Matriz Morfológica, também devem ser analisadas as informações geradas na etapa anterior, juntamente com as soluções disponíveis na Matriz Morfológica.

Após a geração das possíveis configurações do sistema modular, deve-se eleger a mais promissora. Não existe método totalmente seguro para isso, mas nesta etapa duas ferramentas podem ser de grande valia.

Primeiramente, a Matriz de Seleção de PUGH [6] é utilizada para avaliar as soluções geradas na Matriz Morfológica, conforme mostrado na figura 6.6, e seu uso não deve ser confundido com a utilização desta ferramenta feita por Erixon, no capítulo anterior. Basicamente o funcionamento da Matriz é o mesmo, mas os requisitos utilizados não são apenas os de manufatura: todos os requisitos de projeto são levados em consideração, sendo, assim, identificada mais uma contribuição deste trabalho.

Soluções para o sistema modular	Requisitos de Projeto									☑	
	0	0	+	-	+	0	-	0	-		-1
	+	+	-	0	+	0	+	0	+		4
	-	-	-	-	-	0	-	0	-	-7	

FIGURA 6.6 - Matriz de PUGH com requisitos de projeto e possíveis soluções.

A segunda ferramenta que pode auxiliar é a Matriz de Interfaces [6], apresentada na figura 6.7. Sua utilização auxiliará a escolher as soluções com melhores interfaces e, portanto, a melhor solução, levando em consideração restrições geométricas, transmissão de energia e/ou informações como também o tempo de montagem de cada solução.

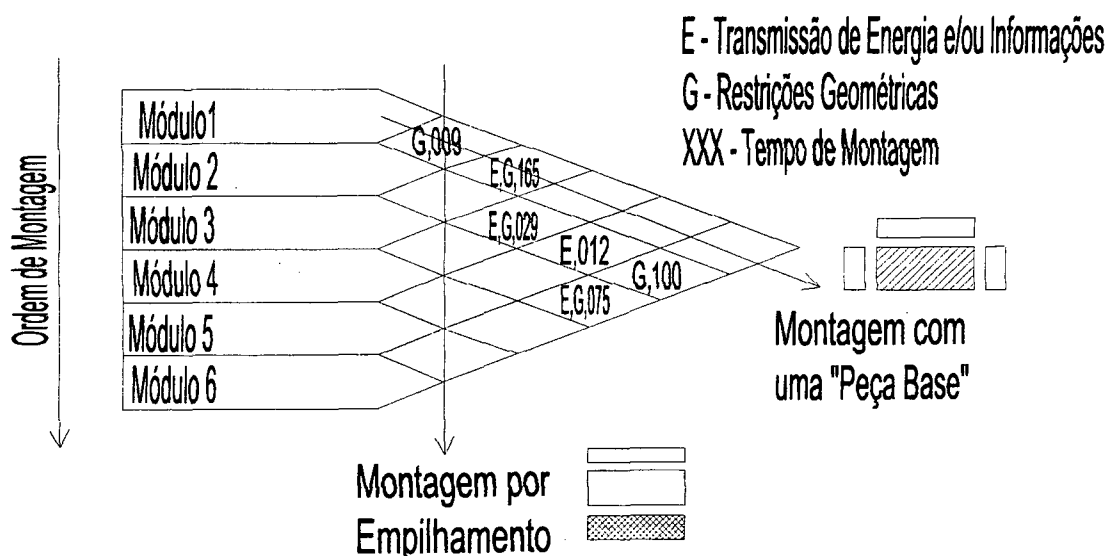


FIGURA 6.7 - Matriz de Interfaces que, juntamente com a Matriz de PUGH, pode ser usada nesta etapa da sistemática.

Com a matriz apresentada na figura 6.7 terá maior sucesso a solução que se aproximar mais das setas que indicam os métodos de montagem e que possuem menor número de restrições geométricas e tempo de montagem.

A análise e determinação de interfaces através da Matriz de Interfaces [6], juntamente com a utilização da Matriz de Seleção de PUGH [6], e o levantamento dos custos na Matriz Morfológica servem para avaliar os conceitos e qual a melhor configuração para o sistema modular. Com isso, podem-se buscar as melhores configurações dos módulos do ponto de vista de custos, interfaces e atendimento às necessidades dos clientes.

É importante ressaltar que as concepções selecionadas devem ser detalhadas com relação aos requisitos de projeto, tendo-se definições qualitativas e quantitativas dos mesmos. Estas definições devem apresentar dados como: performance; susceptibilidade a falhas; requisitos espaciais; entre outros.

O resultado desses itens pode ser obtido de várias maneiras, entre elas: cálculos preliminares; desenhos preliminares em escala; experimentos em modelos; modelos analógicos; simulação computacional; patentes; e literatura específica.

Para a utilização destas diferentes maneiras de obtenção de dados, quantitativos e qualitativos, devem ser levados em consideração aspectos sobre forma, material e processos, mostrados na tabela 6.2.

Ao final desta etapa, toma-se o sistema modular preliminar e os dados preliminares do projeto, que serão melhor detalhados na próxima etapa, que é a da avaliação e otimização dos possíveis módulos.

6.2.5 AVALIAR E OTIMIZAR OS POSSÍVEIS MÓDULOS

Nesta etapa de avaliação e otimização, devem-se definir, se já não foram, matérias-primas, formas, processos e o cálculo do custo de cada módulo. Soluções para a montagem e fabricação também devem ser definidas.

Além disso, nesta etapa será escolhida a estrutura modular definitiva, eliminando os módulos menos viáveis e com pior relação custo—benefício.

As interfaces podem ser, nesta etapa, melhoradas ou alteradas, pois os dados (números de partes, transmissão de massa e/ou energia, carregamentos, etc.) sobre cada módulo estão mais detalhados. A análise das formas das interfaces e de montagem pode ser feita com a utilização de sistemas CAD.

TABELA 6.2 - Dados relativos à forma, materiais e processos que devem ser levantados nesta etapa [11].

Forma	<ul style="list-style-type: none"> • carregamentos; • conceito; • tamanho; • propriedades superficiais; • padronização.
Material	<ul style="list-style-type: none"> • ambiente químico; • carregamentos físicos; • avaliação dos materiais; • descarte, reciclagem; • custos.
Processos	<ul style="list-style-type: none"> • quantidades requeridas; • alteração de propriedades físicas; • acabamento superficial; • máquinas, ferramentas e fixações; • tolerâncias; • custos.

Nesta etapa, cada módulo terá de ser melhorado ao máximo, diminuindo sua complexidade e assim o seu custo. Também deve ter detalhes finais definidos.

Com as informações sobre as interfaces, podem-se obter as dimensões que são envolvidas na estrutura global e daí se trabalhar cada módulo, de modo a facilitar ainda mais sua fabricação e montagem. Para isso, podem ser usadas técnicas de DFM (Design for Manufacture) e DFA (Design for Assembly). Algumas destas técnicas são descritas na tabela 6.3.

Ainda nesta etapa, pode-se analisar a estrutura modular e os módulos separadamente. Para isso, a tabela 5.3 pode ser usada para avaliar o custo do produto, a qualidade, o tempo de montagem e de desenvolvimento, a capacidade de desenvolvimento e o custo do sistema de manufatura e desenvolvimento.

TABELA 6.3 Recomendações para a Montagem.

- 1) Minimizar o número de peças em uma montagem
- 2) Projetar o produto com um componente base
- 3) Padronizar a função e o estilo dos produtos
- 4) Padronizar os componentes, principalmente os elementos de fixação
- 5) Facilitar a inserção de componentes
- 6) Projetar componentes que sejam de fácil manuseio
- 7) Projetar para a fácil alimentação automática
- 8) Utilizar uma seqüência de montagem eficiente
- 9) Maximizar a acessibilidade aos componentes
- 10) Minimizar o número de direções de inserção
- 11) Projetar as peças para a fácil orientação
- 12) Projetar peças que sejam estáveis
- 13) Minimizar o peso do produto
- 14) Evitar o acúmulo de tolerâncias
- 15) Projetar para o uso de ferramentas simples e convencionais durante a montagem.

Ao término desta etapa, deverá ser obtido o leiaute final com a estrutura modular definida, pois com as formas, os materiais e os processos definidos, pode-se passar para a etapa da documentação para a produção.

6.2.6 PREPARAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO DE PRODUÇÃO

Nesta etapa devem ser preparados os documentos para a produção, ou seja, os desenhos dos componentes devem ser totalmente detalhados e dimensionados, os planos de processos das peças devem ser providenciados, enfim, deve-se providenciar e preparar toda a documentação necessária para a produção.

Um plano de codificação de peças e desenhos deve ser feito de maneira lógica, em que se possam identificar facilmente as peças pertencentes aos módulos.

O número de codificação é de grande importância no sistema modular, pois pode, assim, identificar similaridades entre componentes de módulos distintos e os tornar uma única peça comum aos módulos.

Também devem ser escritos os planos de processo e de montagem detalhadamente, assim como os desenhos.

Devem ser aqui acrescentadas informações sobre o manuseio, transporte, operações, estocagem e todos os dados relevantes até então não tratados e observados.

Deve-se ter em cada módulo uma descrição completa de quais peças o formam através de desenhos de conjunto, como também, para cada variante do produto, todas as listas de peças, juntamente com seus planos de conexões.

Com a documentação pronta e detalhada, passa-se para a próxima etapa, a produção.

6.2.7 PRODUÇÃO

A produção será influenciada e poderá ser reprojetaada dependendo da organização fabril. Poderão existir linhas de produção destinadas a cada família de módulos. O leiaute industrial é um elemento de grande importância para sistemas de produção, e, principalmente, com vistas à produção de produtos modulares, deve ser estudado. Deve-se, então, além de tornar o leiaute industrial produtivo, torná-lo adequado à produção de produtos modulares. O leiaute deve ser tratado como um problema dinâmico e não estático, e os módulos produzidos simultaneamente.

Cada linha de produção de produtos deve se adaptar e ter a capacidade de conseguir executar os requisitos de cada módulo. O manuseio de materiais deve ser flexível e as alterações durante a vida útil do projeto devem ser possibilitadas.

Com um leiaute adequado, na produção de produtos modulares, problemas de produção podem mais facilmente ser localizados, pois se ocorrem problemas em um módulo, este será facilmente identificado na linha de produção.

6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi apresentada uma proposta de sistemática para projeto de produtos modulares com suas respectivas etapas, que são as seguintes:

- TAREFA - levantar as necessidades dos clientes do projeto, que são a base para a satisfação destes e decide-se pela utilização ou não de sistema modular.
- ESCLARECIMENTO E FORMULAÇÃO DA TAREFA - quantificam-se as necessidades, ou seja, geram-se os requisitos de projeto, tendo a modularização como idéia desde o início do projeto.
- ESTABELECIMENTO E ANÁLISE DA ESTRUTURA FUNCIONAL - gera-se a estrutura funcional total do produto baseada nos requisitos de projeto e nas variantes da função global. Também é feita uma análise de cada função quanto à sua 'vocação', importância e relação com outras funções, para o auxílio no estabelecimento da estrutura modular preliminar.
- ESTABELECIMENTO DA ESTRUTURA MODULAR - geram-se as soluções para as funções e escolhe-se a estrutura modular preliminar, baseada nos aspectos da fase anterior e nas soluções das funções.
- AVALIAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DOS POSSÍVEIS MÓDULOS - geração da estrutura modular final, através do melhoramento e da análise de dados gerados na etapa anterior.
- PREPARAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO PARA A PRODUÇÃO - como o próprio nome diz, geram-se os desenhos e os planos para a produção, com códigos adequados para auxiliar na fabricação e identificação de módulos.
- PRODUÇÃO - relata considerações e cuidados que devem ser tomados com a produção.

Em cada etapa foram indicadas ferramentas para auxiliar na sistemática de projeto, porque as ferramentas agilizam e estruturam as informações dentro de cada etapa, tornando o desenvolvimento de produto mais dinâmico e eficiente. Abaixo são citadas as ferramentas e seus resultados:

- Pesquisa de Mercado - Necessidades dos clientes
- QFD - Requisitos de Projeto
- Análise ou Síntese - Estrutura Funcional
- MIM - 'Vocação' e relação entre as funções
- Matriz Morfológica - Estruturação das soluções

- Matriz de Seleção de PUGH - Escolha da solução
- Matriz de Interfaces - Análise das interfaces e escolha da solução
- DFMA - Melhoramento dos módulos para a montagem e fabricação
- Plano de Codificação - Organização da produção e das peças pertencentes ao sistema
- Leiaute para a Produção Modular (Produção Simultânea) - Agilização e organização da produção

Observa-se que a sistemática proposta possui três etapas cruciais para a determinação de produtos modulares, que são: o estabelecimento e análise da estrutura funcional total, estabelecimento da estrutura modular e avaliação e otimização dos possíveis módulos, mostrados na figura 6.8. Estas etapas são consideradas importantes, pois nelas ocorre a avaliação das funções que irão propiciar a definição dos módulos. Isto é feito levando-se em consideração vários aspectos, entre eles, as soluções para cada função, as interfaces, os custos das soluções, a relação entre as funções, suas importâncias, e 'vocações' das funções para serem módulos.

Com todas estas tomadas de decisões parte-se da abstração da estrutura funcional e chega-se à configuração concreta do sistema modular.

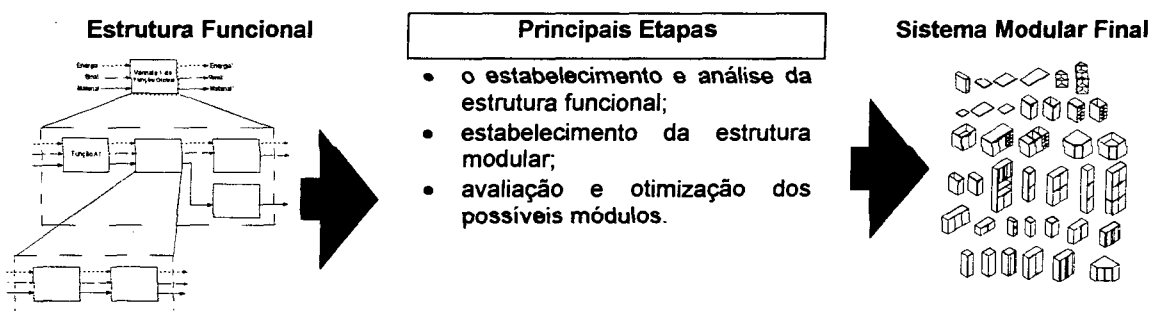


FIGURA 6.8 - Critérios utilizados da passagem de funções para módulos

Com esta sistemática conseguiu-se::

- auxiliar o projetista nas tomadas de decisão ao longo do projeto;
- descrever claramente suas etapas, principalmente as de maior importância para produtos modulares;
- contribuições com o acréscimo do telhado na MIM para o estudo do relacionamento das funções entre si, possibilitando uma melhor compreensão das relações entre as funções e assim trabalhando melhor a estrutura do sistema modular;

- direcionamento do produto para a fabricação e a montagem;
- apresentação adequada da implementação computacional;
- indicação de várias maneiras para gerar soluções e como estruturá-las;
- possibilidade de ser usada para o projeto ou reprojeto;
- apresentação de uma forma genérica, ou seja, pode ser utilizada para o desenvolvimento de qualquer produto.

Concluindo, este capítulo apresentou uma sistemática mais abrangente, clara e estruturada que as apresentadas no capítulo 5. Nos capítulos restantes é apresentado um sistema computacional desenvolvido para o auxílio da utilização da sistemática proposta, bem como um estudo de caso que busca mostrar sua validação.

CAPÍTULO 7

SISTEMA COMPUTACIONAL MModulare

7.1 INTRODUÇÃO

Ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de produtos, como o sistema SACPRO [16] e o sistema GPFAIClass [17], podem auxiliar a sistemática de projeto proposta no capítulo 6 em algumas de suas etapas, como mostrado na figura 7.1.

A figura 7.1 mostra também a área de atuação do sistema computacional MModulare. Esta área foi escolhida por não existirem *softwares* para auxiliar no desenvolvimento de móveis nestas etapas. Mas o mesmo não ocorre em outras etapas da sistemática, pois o software SACPRO [16] desenvolvido para auxílio de projeto, supre o QFD, o desdobramento funcional, a Matriz Morfológica, entre outros.

No detalhamento e documentação para a produção, a codificação das peças para a produção pode ser efetuada pelo *software* GPFAIClass [17].

Dessa forma, o sistema computacional possui o intuito de auxiliar em algumas etapas do projeto, tornando a tarefa de modularização, de configuração e levantamento de soluções menos trabalhosas. O sistema computacional desenvolvido e implementado neste trabalho auxilia a sistemática de projeto proposta desde o término da fase conceitual do projeto até o término do projeto detalhado, como visto na figura 7.1.

O sistema auxilia a execução das seguintes etapas: geração de soluções das funções, análise de interfaces, melhoramento de cada módulo, leiaute final do produto e preparação da documentação para a produção, possibilitando a otimização de formas, leiaute e processos. Para isso, são usadas as ferramentas implementadas pelo sistema MModulare, sistema computacional foi desenvolvido na linguagem AutoLISP, juntamente com ferramentas-padrão já existentes no sistema de CAD. Usa como plataforma o AutoCAD, que interpreta a linguagem acima mencionada. Necessita como requisitos mínimos a versão 12 do AutoCAD (com AME-Advanced Modeling Extension), e a configuração de *hardware* mínima para sua execução é 486-DX4-100MHZ, 16Mb RAM e 26Mb de HDD.

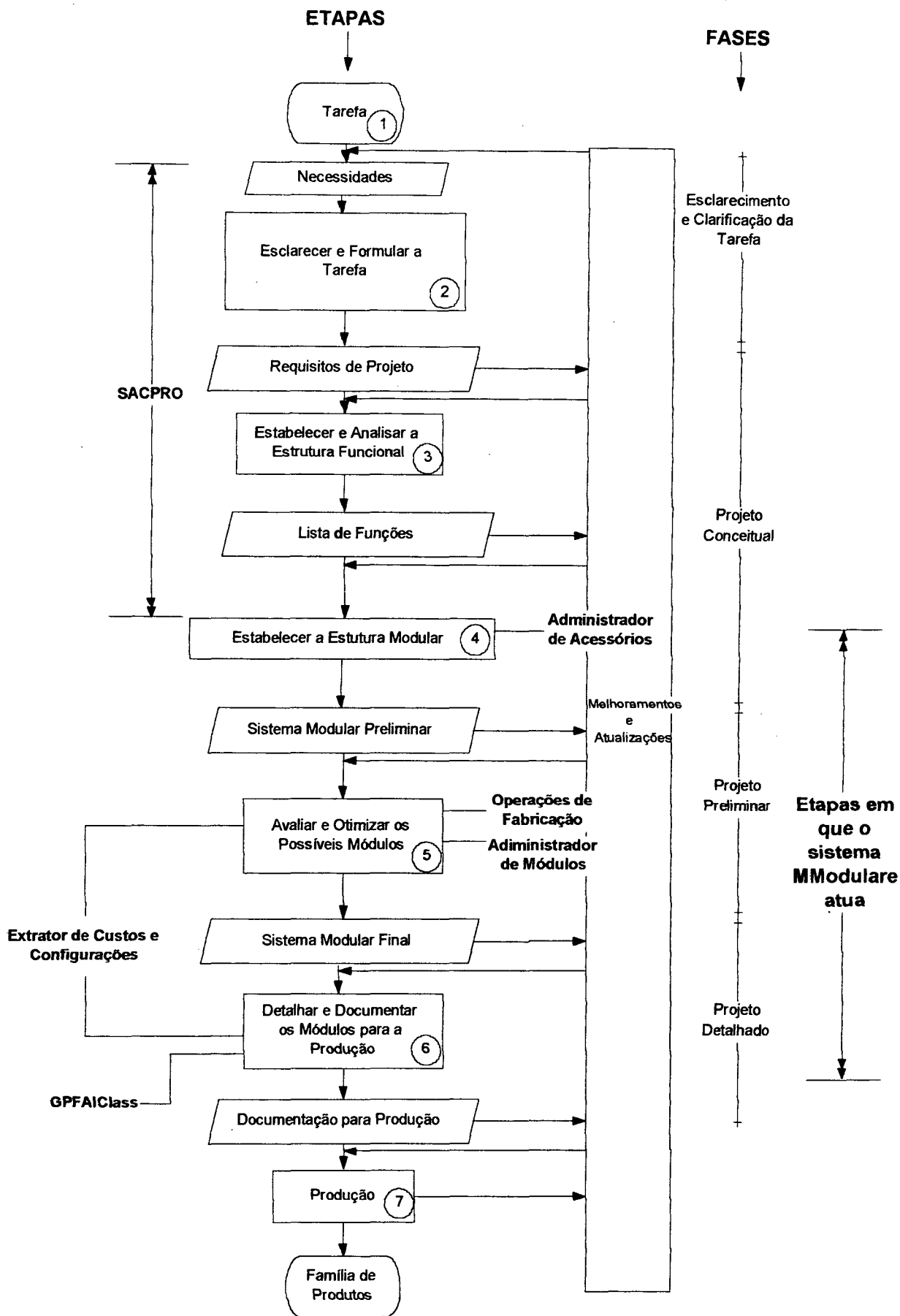


FIGURA 7.1 - Etapas da Sistemática proposta, em que os programas do sistema MModulare atuam.

O sistema computacional apresenta diferentes ferramentas, apresentadas na figura 7.2, que dividem o sistema MModulare em quatro partes, a saber:

- Administrador de Banco de Dados de Acessórios
- Operações de Fabricação de Móveis
- Administrador de Banco de Dados de Módulos
- Extração de Custos de Configurações Finais

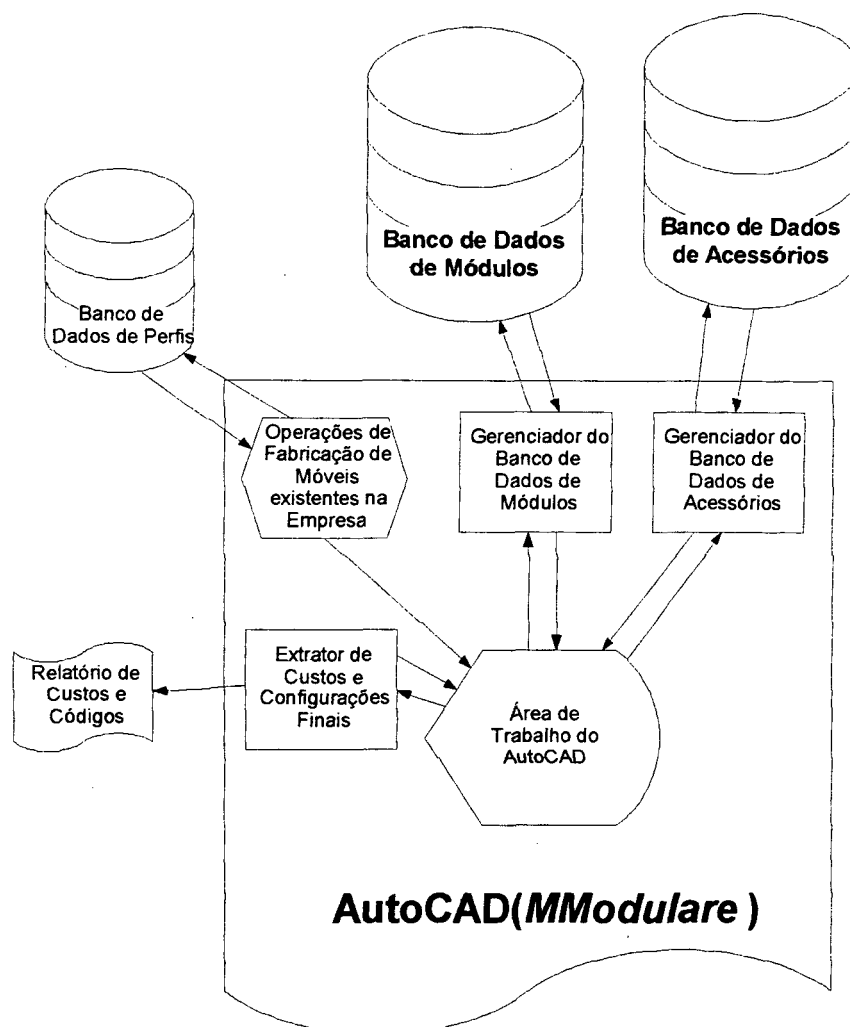


FIGURA 7.2 - Estrutura do Sistema Computacional MModulare.

O Administrador de Acessórios auxilia na etapa do estabelecimento da estrutura modular, com as possíveis soluções encontradas no mercado armazenadas no seu banco de dados. Estas soluções poderão ser usadas na Matriz Morfológica e devem ser a primeira parte do programa a ser usada. Isto deve ser feito buscando-se informações no mercado quanto a soluções para diferentes funções elementares que possam surgir no desdobramento funcional e, assim, alimentar os bancos de dados de acessórios.

A parte que trabalha com as operações de fabricação de móveis auxilia na etapa de avaliação e otimização de possíveis módulos, pois faz com que as formas sejam trabalhadas de acordo com os processos disponíveis.

O Administrador de Módulos auxilia nas mesmas etapas que as das operações fabris, só que de outra forma. Trabalha armazenando a estrutura modular, através do armazenamento dos módulos – e assim permite o estudo de interfaces e da montagem das possíveis configurações –, bem como armazenando o custo e o código de cada módulo.

É importante ressaltar que os bancos de dados devem ser primeiramente alimentados com acessórios e módulos para posteriormente serem utilizados.

O Extrator de Custos e Configurações finais auxilia na avaliação e otimização de possíveis módulos e na preparação da documentação para a produção, pois, além de levantar os custos das configurações, faz o levantamento dos módulos das configurações que já possuem suas partes listadas.

A seguir é apresentada cada parte do programa, como funciona e onde se encaixa dentro da sistemática proposta.

7.2 ADMINISTRADOR DO BANCO DE DADOS DE ACESSÓRIOS

Um banco de dados para acessórios foi implementado, devido à utilização e importância de acessórios disponíveis no mercado, como forma de padronizar, diminuir custos, possibilitar flexibilidade e variedade de soluções, na etapa do estabelecimento da estrutura modular. Com este intuito, a implementação de um administrador para este banco de dados torna-se necessária e, portanto, este item descreve a estrutura do banco de dados de acessórios e o seu funcionamento.

Os acessórios são divididos em tipos distintos como, por exemplo, puxadores, dobradiças, molduras, peças de fixação, entre outros. Esta estrutura é mostrada na figura 7.3. Para cada tipo de acessório armazena-se o nome, um imagem para a visualização e o desenho do mesmo.

Computacionalmente, os tipos são armazenados em diretórios diferentes. Nestes diretórios são armazenados todos os nomes dos acessórios em um arquivo texto, um slide do desenho, e os desenhos que são utilizados para a leitura do administrador.

O administrador deste banco de dados cria, armazena (figura 7.4.a.) e apaga (figura 7.4.d.) acessórios, com as informações necessárias para seu funcionamento. Este administrador também permite a pesquisa e utilização do acessório solicitado, através de janela, como é mostrado na figura 7.4.d.

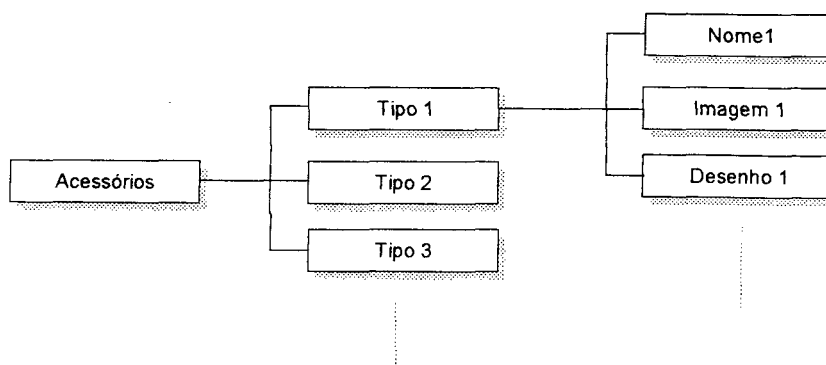


FIGURA 7.3 - Estrutura do banco de dados de acessórios.

A figura 7.4. apresenta quatro janelas do sistema computacional MModulare. A figura 7.4.a. mostra a janela de acesso do sistema MModulare para o administrador de acessórios. A figura 7.4.b. apresenta a janela de inserção de módulos e, como é visto, permite a pesquisa de módulos armazenados no banco de dados do sistema.

A figura 7.4.c. apresenta a janela de criação de famílias de acessório ou armazenamento em famílias existentes. Por último, a figura 7.4.d. mostra a janela de armazenamento de módulos, permitindo a pesquisa dos já existentes e a escolha de famílias para o armazenamento dos acessórios, como os apresentados no Anexo A (desenhos 5, 6, 18 e 19).

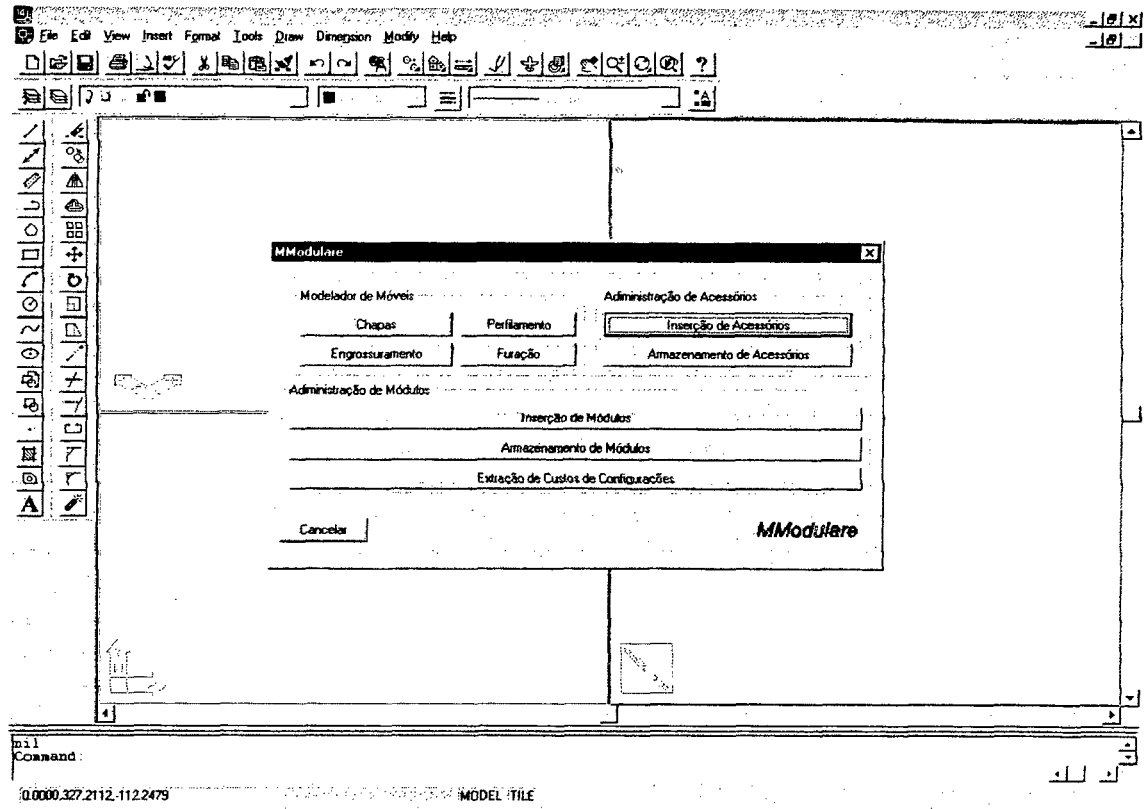
Para fim prático é recomendável a utilização de desenhos tridimensionais para a melhor visualização das configurações. Um ponto importante a ser ressaltado é sobre as informações dimensionais para a execução do desenho computacional de maneira mais completa possível.

7.3 OPERAÇÕES DE FABRICAÇÃO DE MÓVEIS IMPLEMENTADAS

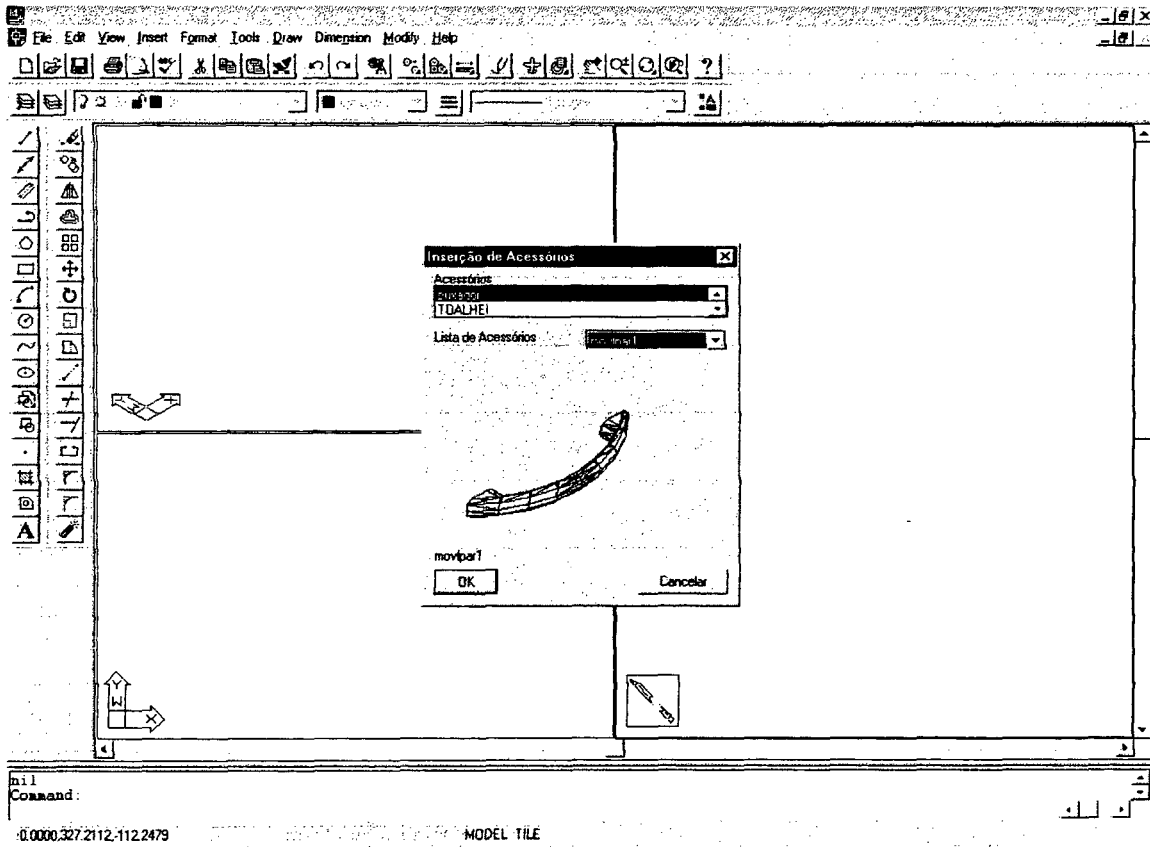
Esta parte do programa serve tanto para a otimização de formas, como para a preparação para a produção, uma vez que as formas são obtidas com os processos implementados computacionalmente, ou seja, as formas já são adequadas aos processos de produção. Os resultados das operações podem ser vistos no Anexo A deste trabalho, nos desenhos do produto desenvolvido no estudo de caso.

Esta parte do programa auxilia nas fases do estabelecimento da estrutura modular com formas e processos disponíveis. Também auxilia na avaliação e otimização dos possíveis módulos, com as forma e processos definitivos dos possíveis módulos.

O sistema não armazena seqüências de processos, as operações dependem única e exclusivamente do operador, que deve possuir o conhecimento dos processos fabris.

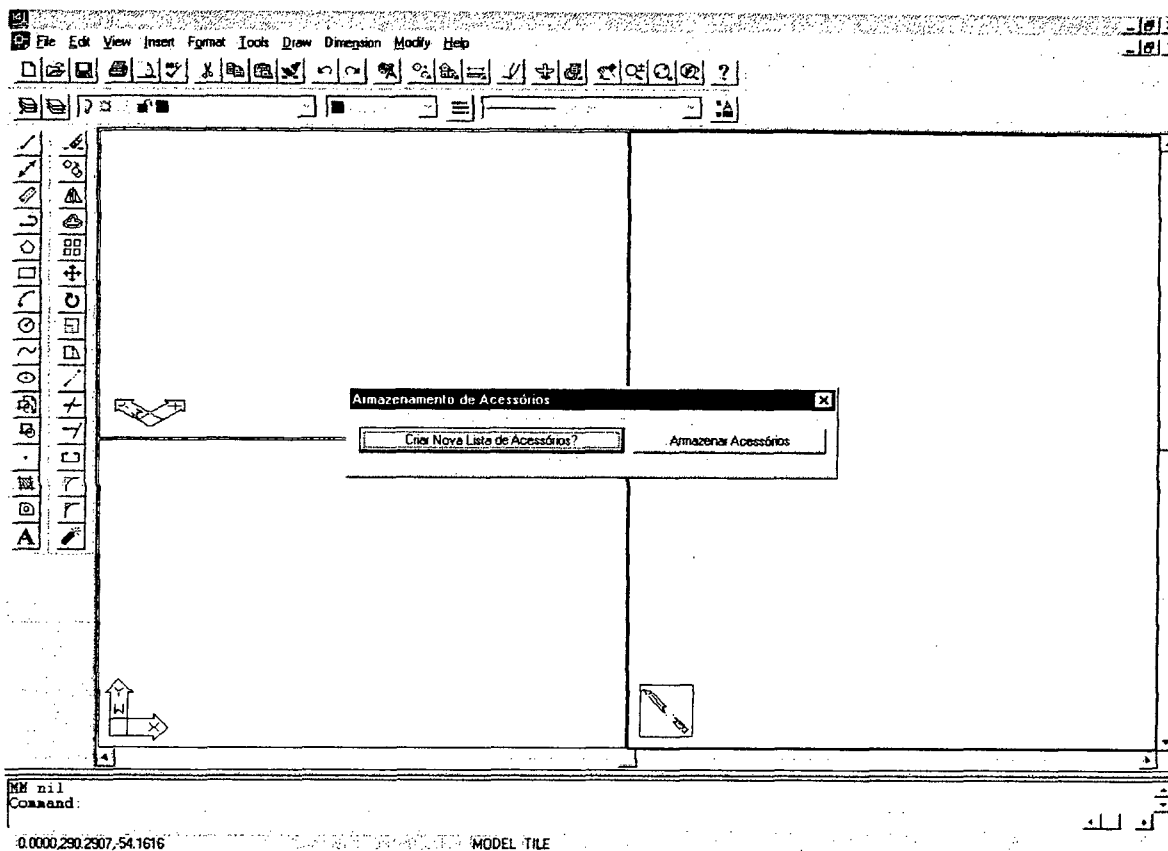


a) Tela principal do sistema acionando inserção de acessórios.

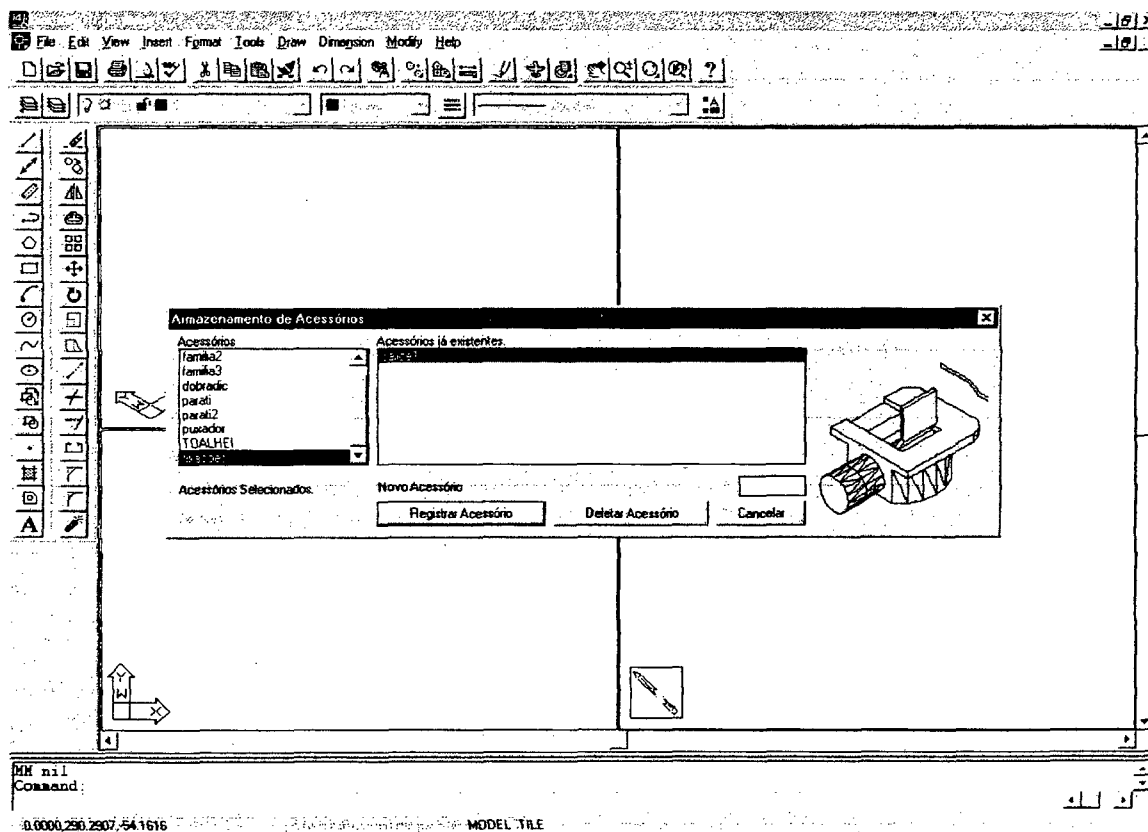


b) Janela de inserção de acessórios.

FIGURA 7.4 - Administrador do Banco de Dados de Acessórios.



c) Opção de armazenar ou criar família de acessórios.



d) Janela de armazenamento de acessórios.

FIGURA 7.4 - Continuação.

As operações implementadas são descritas a seguir, e são operações para o processamento de chapas de aglomerado, MDF, madeira maciça, entre outras. Os processos são:

- corte de chapas;
- furação;
- engrossuramento; e
- perfilamento.

As possíveis seqüências de processos para a obtenção das peças finais são apresentadas na figura 7.5. Chega-se a uma peça final com processos, formas e matérias-primas definidas. A seqüência distinta de processos trará formas diferentes a peças finais. Com isso, observa-se que há uma forte relação entre formas, processos e matéria-prima.

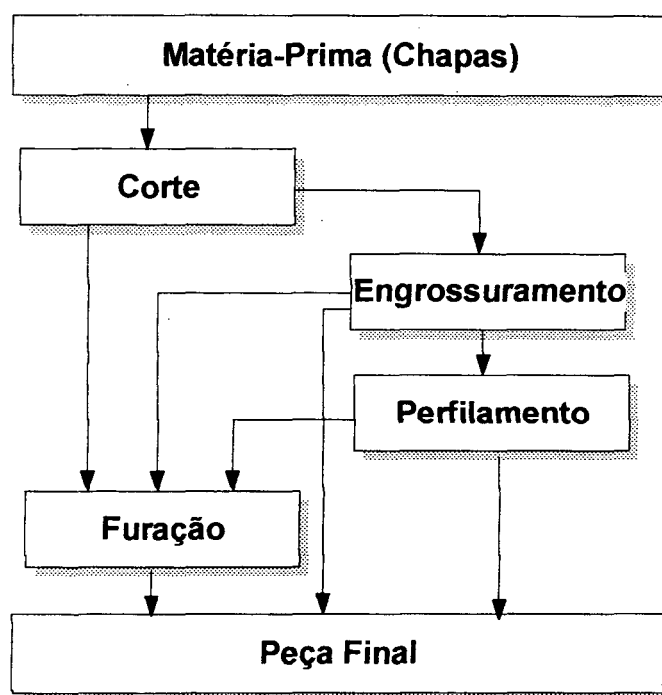


FIGURA 7.5 - Possíveis processos fabris utilizados no estudo de caso.

Nos itens que se seguem são apresentadas as operações fabris desenvolvidas e implementadas computacionalmente.

7.3.1 CORTE DE CHAPAS

A operação corte de chapas consiste no primeiro processo de transformação da matéria-prima, pelo qual obtém-se uma forma retangular com as dimensões desejadas, definidas pelo operador. Na configuração do mobiliário, estas chapas podem ser de diferentes espessuras, dependendo diretamente da matéria-prima.

Especialmente, a localização das chapas já cortadas pode ser feita de três maneiras distintas, mostradas na figura 7.6. São elas: posição horizontal, frontal e lateral.

Além da informação da posição da chapa, também são necessárias informações sobre as dimensões da chapa que deve ser gerada.

Baseada nestas informações de dimensões e posição, foi implementada a operação de corte, que é acionada na janela principal do sistema MModulare, como visto na figura 7.7.a. Depois disso, são solicitadas as informações necessárias, mostradas na figura 7.7.b., e, por fim, obtém-se a chapa, como visto na figura 7.7.c. e no Anexo A, nos desenhos 1, 2, 7, 8, 16 e 17.

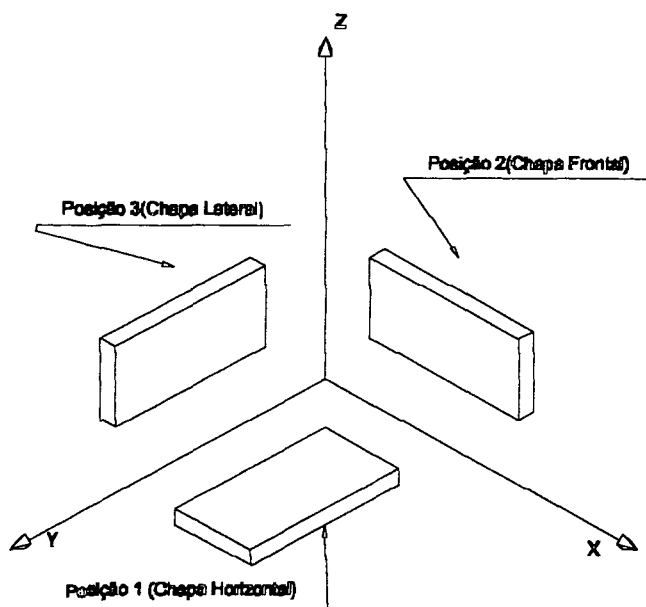
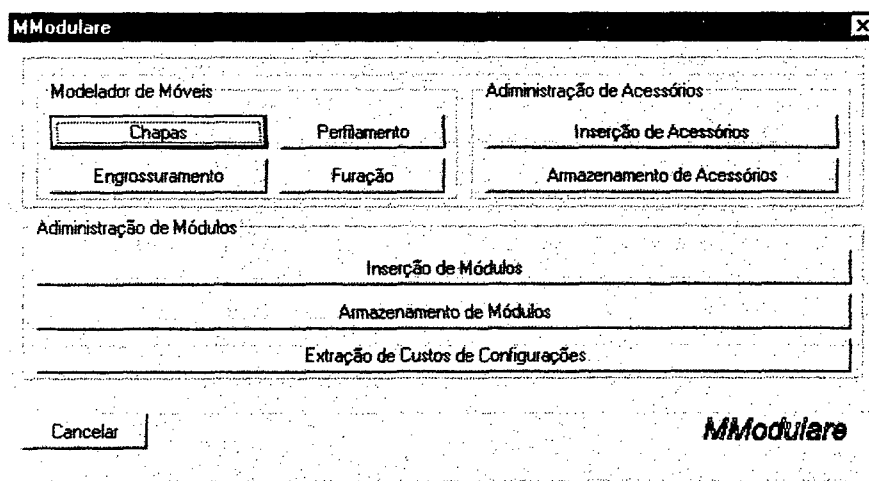
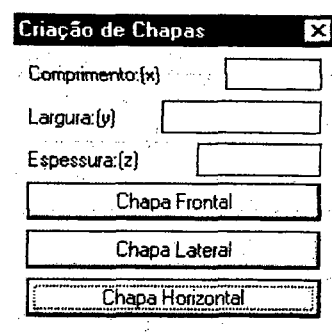


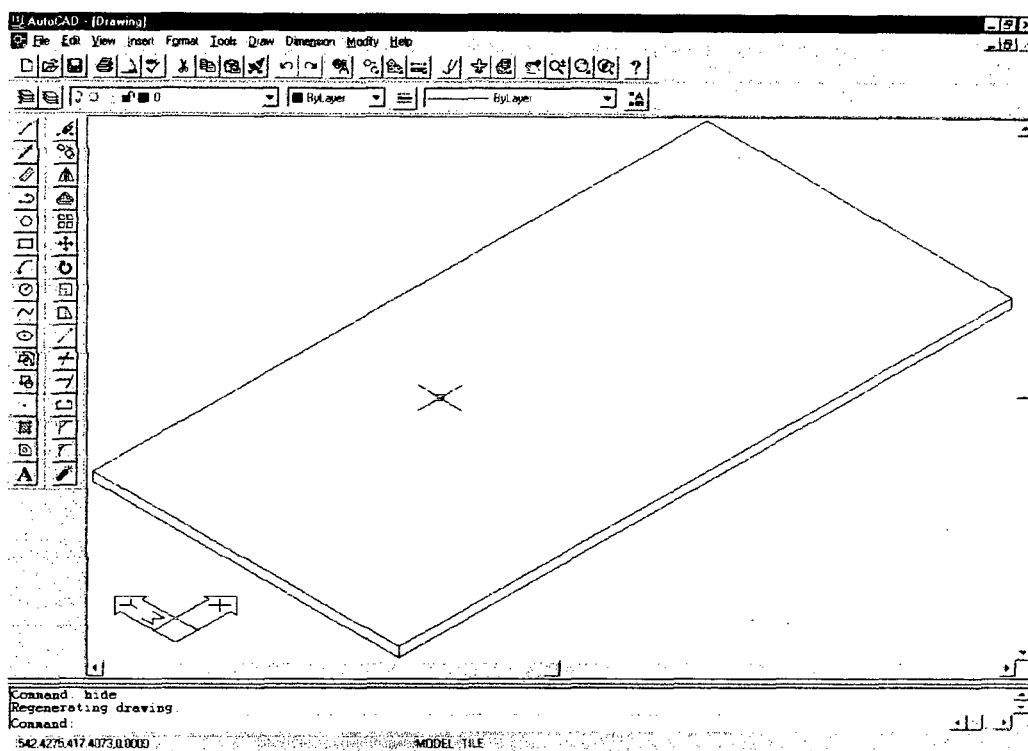
FIGURA 7.6 - Posições possíveis das chapas nos móveis fabricados.



a) Acionamento do corte de chapas na janela principal do sistema MModulare.
 FIGURA 7.7 - Acionamento da operação de corte, dimensões e posicionamento.



b) Janela de informação da chapa.



c) Chapa apresentada na tela do AutoCAD.

FIGURA 7.7 - Continuação.

Nesta parte do sistema não são implementadas informações sobre a matéria-prima, nem sobre otimização de corte de chapas.

7.3.2 FURAÇÃO

Outro processo utilizado para a fabricação de móveis é a furação, que pode ser utilizado em todas as superfícies da matéria-prima, como mostrado na figura 7.8. São mostrados, também, na figura 7.8, os três tipos de furos utilizados, no estudo de caso, na empresa para a fabricação de móveis.

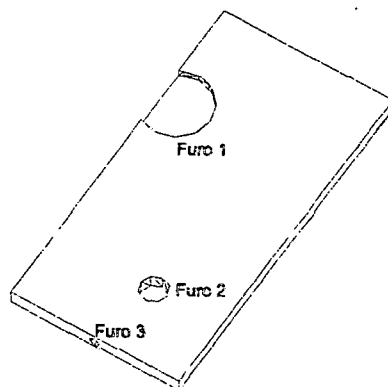


FIGURA 7.8 - Furos utilizados na fabricação de móveis.

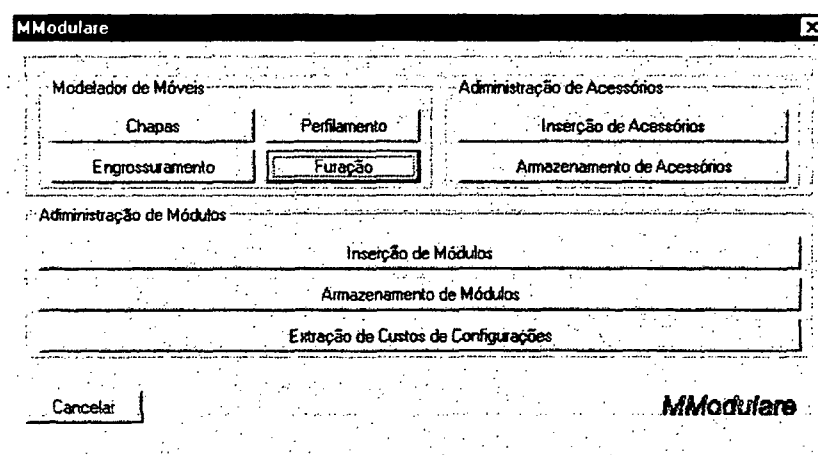
O furo 1 é um furo não passante, ou seja, não se apresenta totalmente dentro da chapa. É utilizado para a fixação de acessórios de montagem, como, por exemplo, as dobradiças de copo mostradas no capítulo 3. Este furo geralmente é aplicado na superfície de maior área da chapa.

O furo 2 é um furo passante e se encontra totalmente dentro da chapa, sendo utilizado principalmente para a fixação de parafusos e para a montagem.

O furo 3 é um furo não passante e apresenta todo o seu diâmetro dentro da chapa. É utilizado geralmente para a colocação de cavilhas, parafusos ou acessórios de fixação sempre se destinando a fixação destes.

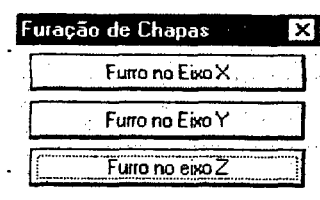
A implementação computacional da furação utiliza os eixos cartesianos para referenciar qual a direção do furo, as coordenadas do centro do furo, e qual a chapa que será furada e a profundidade do furo. Com estas informações o programa de furação executa sua tarefa.

A figura 7.9.a. mostra o acionamento do programa de furação na janela do sistema MModulare, bem como a escolha da direção de furação e o resultado final apresentado no AutoCAD (figura 7.9.c.). A aplicação deste programa também pode ser vista no Anexo A, em todos os desenhos de peças de madeira que apresentam furos.

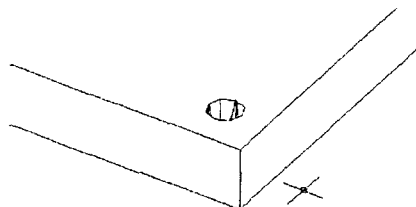


a) Acionamento da operação de furação no sistema MModulare.

FIGURA 7.9 - Funcionamento do Programa de Furação.



b) Informações sobre a chapa a ser furada.



c) Modelamento apresentado na tela do AutoCAD.

FIGURA 7.9 - Continuação.

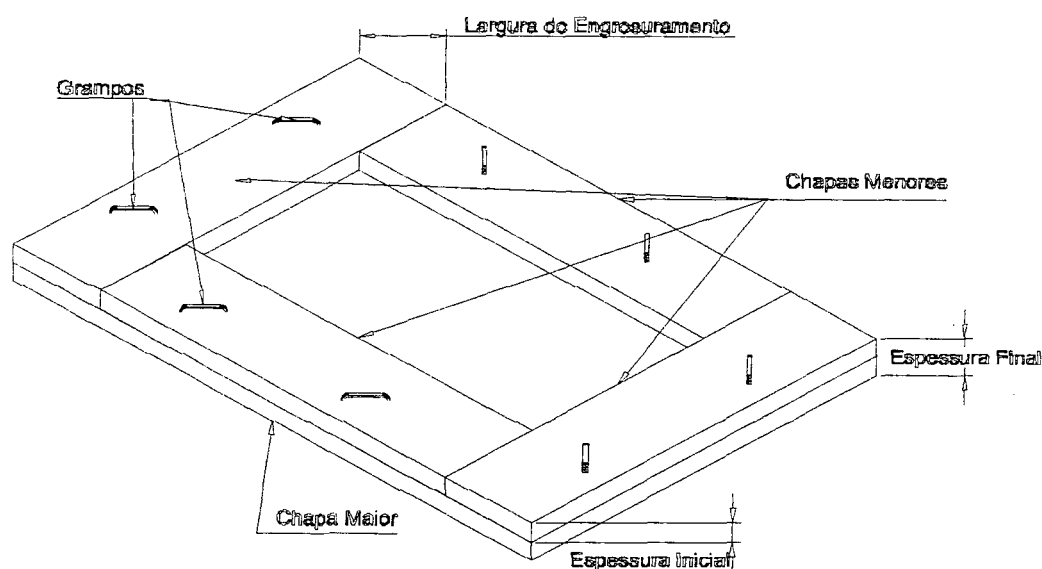


FIGURA 7.10 - Engrossamento e seus componentes.

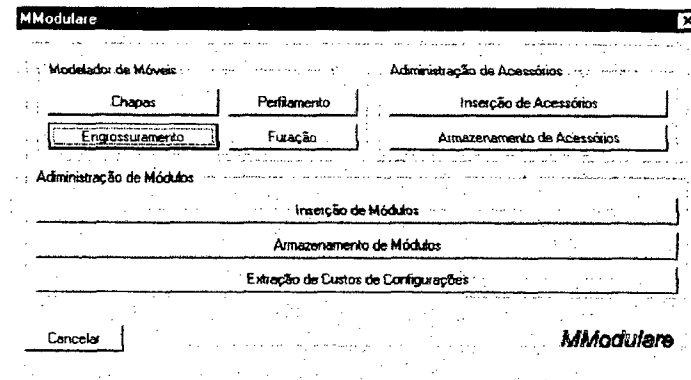
7.3.3 ENGROSSAMENTO

Esta operação consiste no acréscimo de espessura à chapa já cortada através da colocação de chapas menores em torno de todo o perímetro da chapa maior, fixadas por grampos, como é mostrado na figura 7.10.

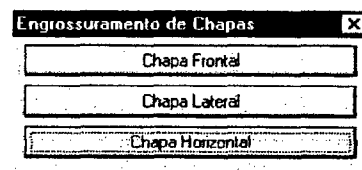
Este processo tem duas finalidades básicas: ou acrescer a rigidez da peça ou permitir um apelo visual que pode ser complementado ou não pelo perfilamento, descrito no próximo item.

A figura 7.11.a mostra o acionamento do engrossamento na janela do sistema MModulare. Computacionalmente este processo foi implementado de forma que, dados a posição da chapa (figura 7.11.b.), a chapa a ser engrossurada, a espessura a ser adicionada (espessura final - espessura inicial), a largura do engrossamento e a diagonal

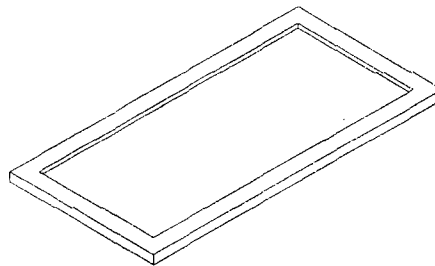
da chapa, a operação seja efetuada, como é mostrado na figura 7.11.c. e nos desenhos 3, 4, 12 e 13 do Anexo A.



a) Acionamento da operação de engrossamento no sistema MModulare.



b) Informações da chapa a ser engrossurada.



c) Chapa engrossurada apresentada na tela do AutoCAD.

FIGURA 7.11 - Seqüência da entrada de dados.

No próximo item temos a descrição do perfilamento, que é um processo dentro da empresa que ocorre sempre após o engrossamento, pois é utilizados para fins estéticos e de acréscimo de rigidez.

7.3.4 PERFILAMENTO

O perfilamento é o processo mais amplo dos até aqui apresentados devido às suas características de forma e à sua aplicação, que pode ser de retirada ou de acréscimo de material.

Para as variedades de forma, foi implementado um banco de dados para as mesmas, cujo administrador é visto na figura 7.12.

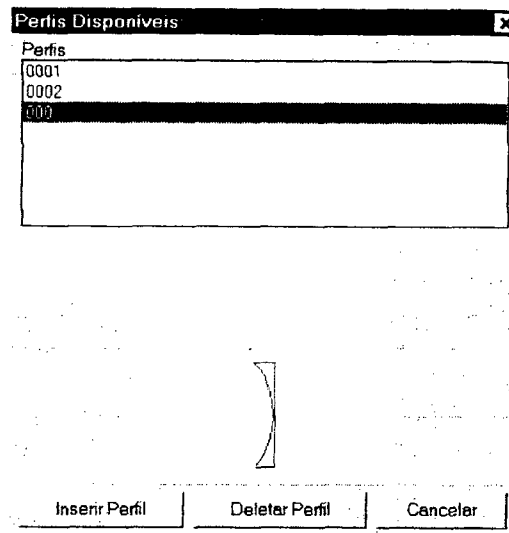
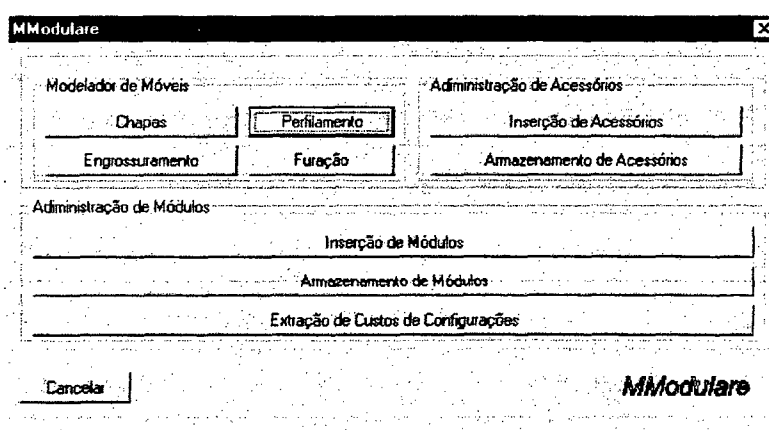


FIGURA 7.12 - Administrador do Banco de Dados de Perfis.

Estas formas podem ser armazenadas ou aplicadas por acréscimo ou retirada de material, ou seja, podem ser coladas ou usinadas na forma usinada. A figura 7.13.a. mostra o acionamento da operação de perfilamento na janela principal do sistema. A figura 7.13.b. mostra, por sua vez, a janela de armazenamento ou aplicação do perfil e a 7.13.c. apresenta o resultado final obtido na tela do AutoCAD. Este resultado também pode ser visto nos desenhos 3 e 4 do Anexo A. Para chegar-se a esse ponto, são necessárias informações sobre que chapa, perfil e direção de aplicação serão usadas.

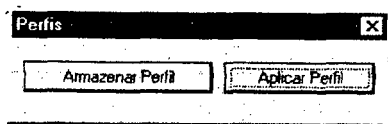
O perfilamento é quase sempre aplicado após um engrossamento, devido as fresas de formas (tupias), que são utilizadas para a execução da retirada de material. Este é o caso mais corriqueiro que ocorre nas empresas em geral.

A seguir são apresentadas as outras partes e programas do sistema e onde se encaixam neste trabalho. Até aqui tem-se única e exclusivamente uma ferramenta de modelamento limitadora e aplicando os processos fabris disponíveis, podendo auxiliar na otimização de planos de processo e de formas das peças.

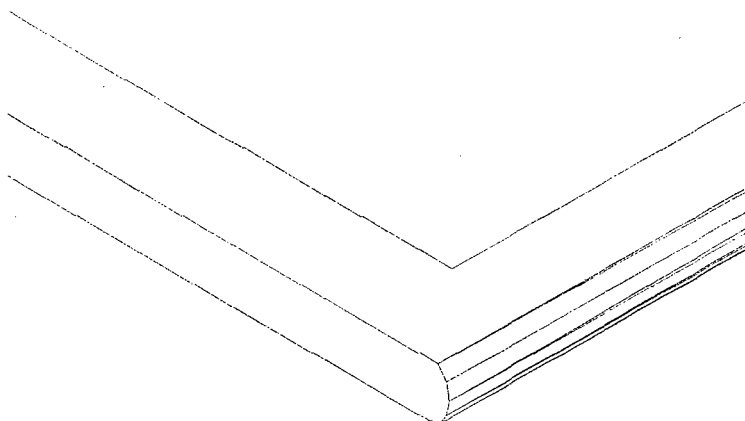


a) Acionamento da operação de perfilamento no sistema MModulare.

FIGURA 7.13 - Seqüência de aplicação do perfilamento.



b) Opções de armazenamento ou aplicação de perfis.



c) Perfil por retirada de material apresentado no AutoCAD.

FIGURA 7.13 - Continuação.

7.4 ADMINISTRADOR DO BANCO DE DADOS DE MÓDULOS

Após o modelamento de cada módulo, os módulos são armazenados com as informações necessárias para alimentar o banco de dados, e sua estrutura é mostrada na figura 7.14. Estes dados são estruturados em famílias de módulos, ou seja, módulos do mesmo sistema modular.

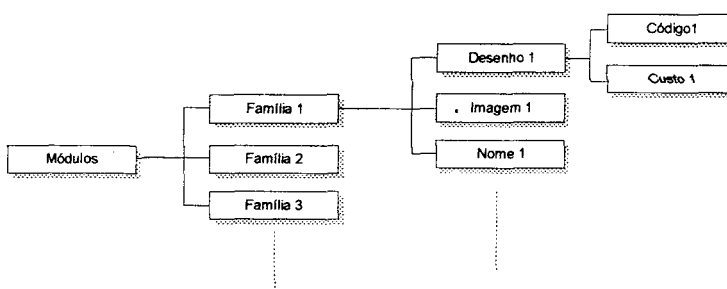


FIGURA 7.14 - Estrutura do Banco de Dados dos Módulos.

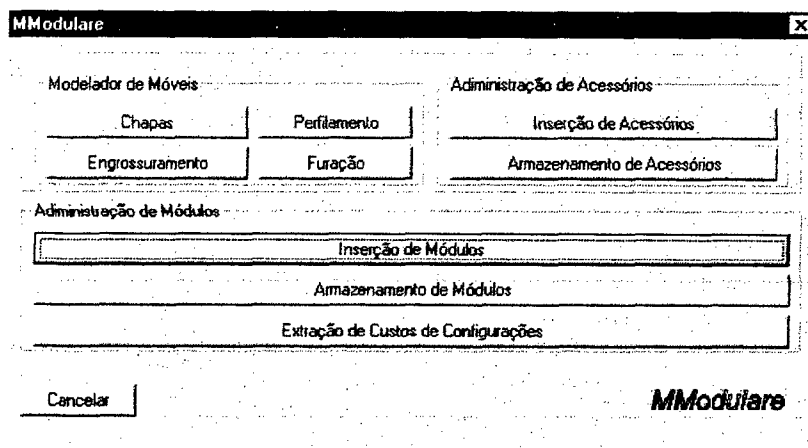
Estes dados são importantes para a construção de configurações com módulos para atender variantes da função global, pois não somente com o nome, mas também com a visualização do módulo é mais prático e fácil a sua identificação. O código e o custo servem para montar relatórios posteriores de custos totais das configurações e dos módulos que delas fazem parte.

A interface do administrador de módulos é semelhante à do administrador de acessórios e é mostrada na figura 7.15.

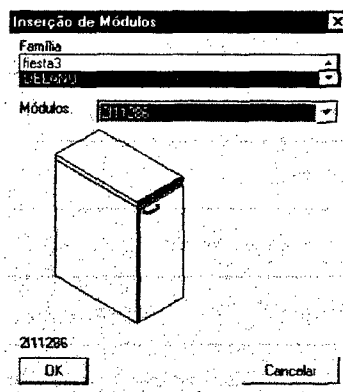
A figura 7.15. apresenta quatro janelas do sistema computacional MModulare. A figura 7.15.a. mostra a janela de acesso do sistema MModulare para o administrador de

módulos. A figura 7.15.b. apresenta a janela de inserção de módulos e, como é visto, permite a pesquisa de módulos armazenados no banco de dados do sistema.

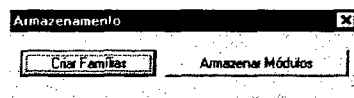
A figura 7.15.c. apresenta a janela de criação de famílias de módulos ou armazenamento em famílias existentes. Por último, a figura 7.4.d. mostra a janela de armazenamento de módulos, permitindo a pesquisa dos já existentes e a escolha de famílias para o armazenamento dos módulos, como os apresentados no Anexo A (desenhos 9, 10, 11 e 15).



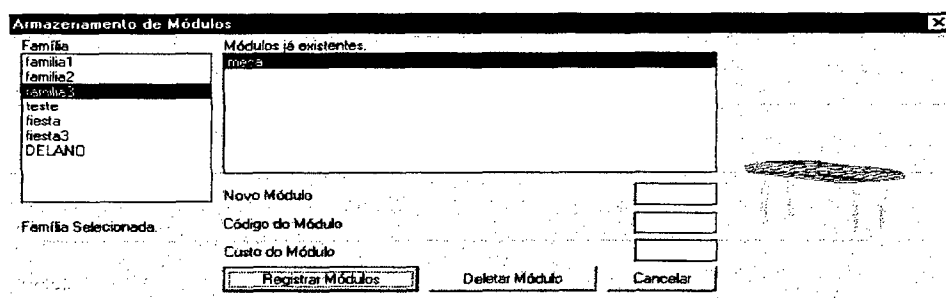
a) Acionamento da inserção de módulos no sistema MModulare.



b) Janela de inserção de módulos.



c) Opção de criar famílias de módulos ou armazenar módulos.



d) Janela de armazenamento de módulos.

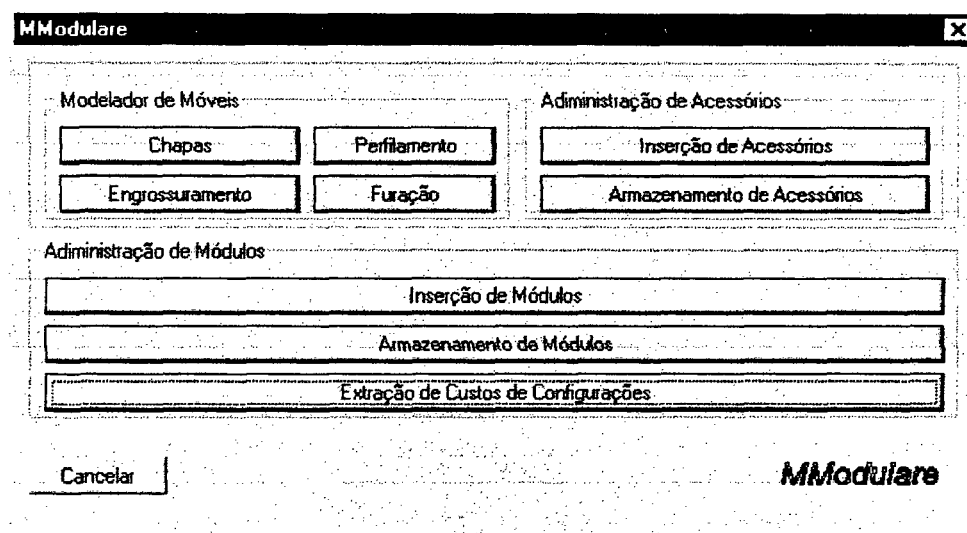
FIGURA 7.15 - Seqüência de funcionamento do administrador de módulos.

7.5 EXTRAÇÃO DE CUSTOS E CÓDIGOS DE CONFIGURAÇÕES FINAIS

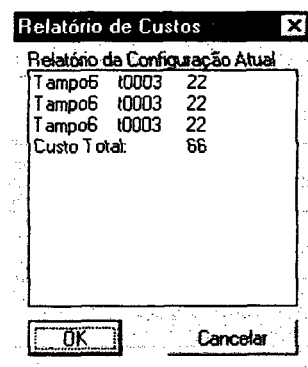
Esta parte do sistema executa a extração de códigos e custos. Esta extração é importante para a análise de custos da configuração montada e fornecimento das peças necessárias para esta montagem. A última informação é importante para o fabricante, que sabe assim quais os módulos que devem ser providenciados.

Estas informações são extraídas de dados que estão no desenho dos módulos e foram lá colocados no momento de seu armazenamento. O uso e o resultado da extração são mostrados na figura 7.16.

A figura 7.16.a. mostra o acionamento do programa de extração de custos e configuração. A figura 7.16.b. mostra um relatório gerado após a extração. Este relatório também é salvo em um arquivo texto e pode ser utilizado posteriormente.



a) Acionamento da extração de custos e módulos pertencentes a uma configuração.



b) Resultado apresentando os custos e o código dos módulos no AutoCAD.

FIGURA 7.16 - Relatório e extração de custos e códigos.

Assim, temos aqui a descrição do sistema computacional e o seu funcionamento, e onde é utilizado dentro da sistemática proposta.

7.6 MMODULARE EM REDE

A utilização de redes de computadores de médio e pequeno porte é algo cada vez mais corriqueiro em grupos de trabalho, também como programas e bancos de dados compartilhados para o uso destes grupos.

Assim sendo, uma preocupação tomada foi a de que o sistema computacional MModulare possa ser executado em rede e que os bancos de dados possam ser utilizados por várias pessoas e que estejam localizados em um único computador. Com isso há a atualização mais dinâmica dos bancos de dados, executada uma única vez. A figura 7.17 mostra a rede de computadores em que foi desenvolvido e utilizado o sistema Mmodular. Também é mostrada a localização dos programas principais num servidor.

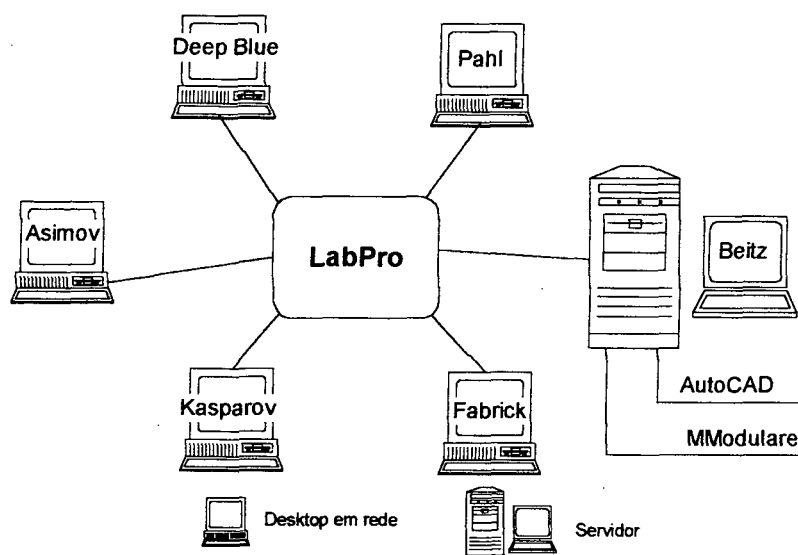


FIGURA 7.17 - Rede LabPro e MModulare em rede.

7.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término deste capítulo apresentou-se o sistema Mmodulare, bem como em quais etapas da sistemática proposta este pode ajudar.

Outras ferramentas poderiam ser implementadas computacionalmente. Entre elas, a MIM, a Matriz de Seleção de PUGH e a Matriz de Interfaces seriam de grande auxílio para o desenvolvimento de produtos modulares.

Programas com as ferramentas de QFD, Matriz Morfológica, Desdobramento Funcional e Plano de Codificação já existem. Bastariam ajustes para sua aplicação em produtos modulares. Estas últimas ferramentas estão implementadas no sistema SACPRO [16] e no programa GPFAIClass [17], que utiliza o plano de codificação MICLASS, apresentado no capítulo 6.

Com o Sistema MModulare implementado têm-se as seguintes contribuições:

- agilização de algumas etapas da metodologia proposta;
- preparação da documentação para a produção de forma mais rápida;
- possibilidade de trabalho em grupo, pela sua configuração em rede;
- restrição dos processos e formas que podem ser executados, tomando como parâmetros os processos fabris implementados; e
- geração de relatório de custos e peças, auxiliando na organização da produção e na comercialização.

Este sistema foi utilizado para auxílio no estudo de caso, apresentado no próximo capítulo e resultados de sua aplicação podem ser vistos no Anexo A.

Para finalizar, nota-se a importância da informática no auxílio do desenvolvimento total de produtos, pois agiliza e estrutura o fluxo de informações envolvidos dentro das etapas de desenvolvimento e fabricação. Com isso, o próximo capítulo, além de validar a sistemática proposta, também mostrará a utilidade do sistema MModulare dentro das etapas, já citadas, da sistemática proposta.

CAPÍTULO 8

ESTUDO DE CASO

8.1 INTRODUÇÃO

Este estudo de caso tem o objetivo de testar, para fins de validação, a sistemática de projeto para produtos modulares proposta no capítulo 6, utilizando uma sistemática de projeto junto à indústria moveleira e utilizando a ferramenta computacional apresentada no capítulo 7. Esta validação será feita através do desenvolvimento de um móvel, descrito ao longo deste capítulo.

O estudo foi realizado sobre o desenvolvimento de um roupeiro, junto à indústria de móveis Utilinea S/A, localizada no município de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. O estudo de caso teve a duração de 35 dias, entre os meses de outubro e novembro de 1997.

A empresa onde foi realizado o estudo de caso caracteriza-se por possuir 20 funcionários e ser uma empresa de pequeno porte, que não apresenta a utilização de máquinas de controle numérico, utilizando somente máquinas convencionais, que efetuam as operações de corte, furação, perfilamento e bordamento.

Em relação ao desenvolvimento de produtos, a empresa apresenta-se com as mesmas características gerais do segmento moveleiro nacional, descritas no capítulo 2, ou seja, desconhecadora de metodologia para o desenvolvimento de produtos, não possuindo setor de projeto. A tarefa de desenvolvimento é feita pelo pessoal da produção, com as idéias e nichos de mercado detectados pelos proprietários.

Neste contexto, foi realizado o estudo de caso, utilizando-se a sistemática proposta.

O estudo de caso será apresentado abordando as sete etapas da sistemática proposta, que são:

- tarefa;
- esclarecimento e descrição da tarefa;
- estabelecimento e análise da estrutura funcional;
- estabelecimento da estrutura funcional;
- avaliação e otimização dos possíveis módulos;
- preparação da documentação para a produção; e
- produção.

Juntamente com os resultados de cada etapa, também são apresentadas as ferramentas utilizadas e as considerações feitas.

8.2 TAREFA

Nesta etapa foi feita uma análise de mercado, através de uma pesquisa realizada junto aos representantes comerciais da empresa, na qual foram levados em consideração alguns itens importantes, como os citados por Paim [8], no capítulo 6.

Desta pesquisa obteve-se resultados, dos quais os mais importantes são citados a seguir:

- o mercado de móveis de cozinhas encontra-se saturado, principalmente o de móveis modulares;
- o mercado de estantes e racks não suporta um sistema modular. Além disto, os até hoje lançados não obtiveram sucesso;
- o mercado de roupeiros está em expansão, com concentração em móveis para a classe A;
- os móveis para área de serviço, como também para banheiros não comportam sistema modulares. Isto ocorre pela pequena procura por estes produtos, além das diferentes configurações que seriam necessárias;
- a maioria dos fabricantes de móveis apresenta boa qualidade e as tecnologias envolvidas são avançadas - trabalham com diferentes materiais indo desde a madeira até o aço; e
- os móveis de escritório possuem um bom mercado, encaixando-se bem para um sistema modular, mas devido às características de estofaria e metalurgia não se tornam viáveis para a empresa.

Com estas informações e pelo perfil da empresa em que foi efetuado o estudo de caso, decidiu-se pelo desenvolvimento de um roupeiro modular, destinado ao público de classe média. Esta decisão foi tomada, já que a maioria dos roupeiros modulares se destina ao público de classe alta, não atendendo a outras faixas de mercado.

Outra necessidade observada nesta etapa foi a de que um roupeiro modular necessita e deve ter a possibilidade de ser adquirido em partes, o que possibilita posterior ampliação, conforme o poder de compra do consumidor. Outra característica importante é que um roupeiro modular deve possuir flexibilidade dimensional, podendo se ajustar a vários tipos de quartos, desde o de solteiro até o de casal.

Nesta etapa foram procuradas as necessidades dos clientes internos, intermediários e externos para roupeiros modulares.

Como clientes internos, têm-se as pessoas que trabalham nas operações para fabricação e que manuseiam com os móveis. Como clientes intermediários, têm-se as pessoas que os transportam e os revendem. E como clientes externos, têm-se todas as pessoas que adquirem os roupeiros.

As necessidades são mostradas na tabela 8.1 e apresentadas conforme a necessidade de cada cliente.

TABELA 8.1 - Necessidades obtidas junto aos clientes externos, internos e intermediários.

Clientes	Necessidades
Internos	<ul style="list-style-type: none"> • ter costas dos móveis adequadas para a embalagem e para a rigidez necessária; • ser de fácil manuseio para transporte e estocagem; • haver plano de processo adequado, principalmente para furação e corte;
Intermediários	<ul style="list-style-type: none"> • ser de fácil montagem; • possuir assistência técnica; • ter embalagem adequada para o transporte;
Externos	<ul style="list-style-type: none"> • permitir posterior ampliação; • ser desmontável; • ser prático no uso; • ter capacidade de adequar-se a diferentes dimensões de ambientes; • guardar eletroeletrônicos; • guardar roupas e calçados; • possuir dimensões adequadas; • ser resistente; • ser bonito; • ter um preço acessível.

8.3 ESCLARECIMENTO E CLARIFICAÇÃO DA TAREFA

Nesta etapa, objetiva-se quantificar as necessidades levantadas na etapa anterior, a fim de gerar requisitos de projeto, que serão utilizados ao longo de todas as suas etapas.

Para tanto, a ferramenta utilizada nesta etapa é a primeira matriz do QFD, apresentada na figura 8.1 e realizada com o software de QFD do sistema SACPRO [16].

Estas necessidades, aplicadas à casa da qualidade, auxiliam na definição dos requisitos de projeto, apresentados e descritos a seguir.

Sabendo-se das necessidades acima, geraram-se os requisitos de projeto abaixo descritos e ordenados na tabela 8.2.

Serão estes os requisitos de projeto que serão observados nas próximas etapas:

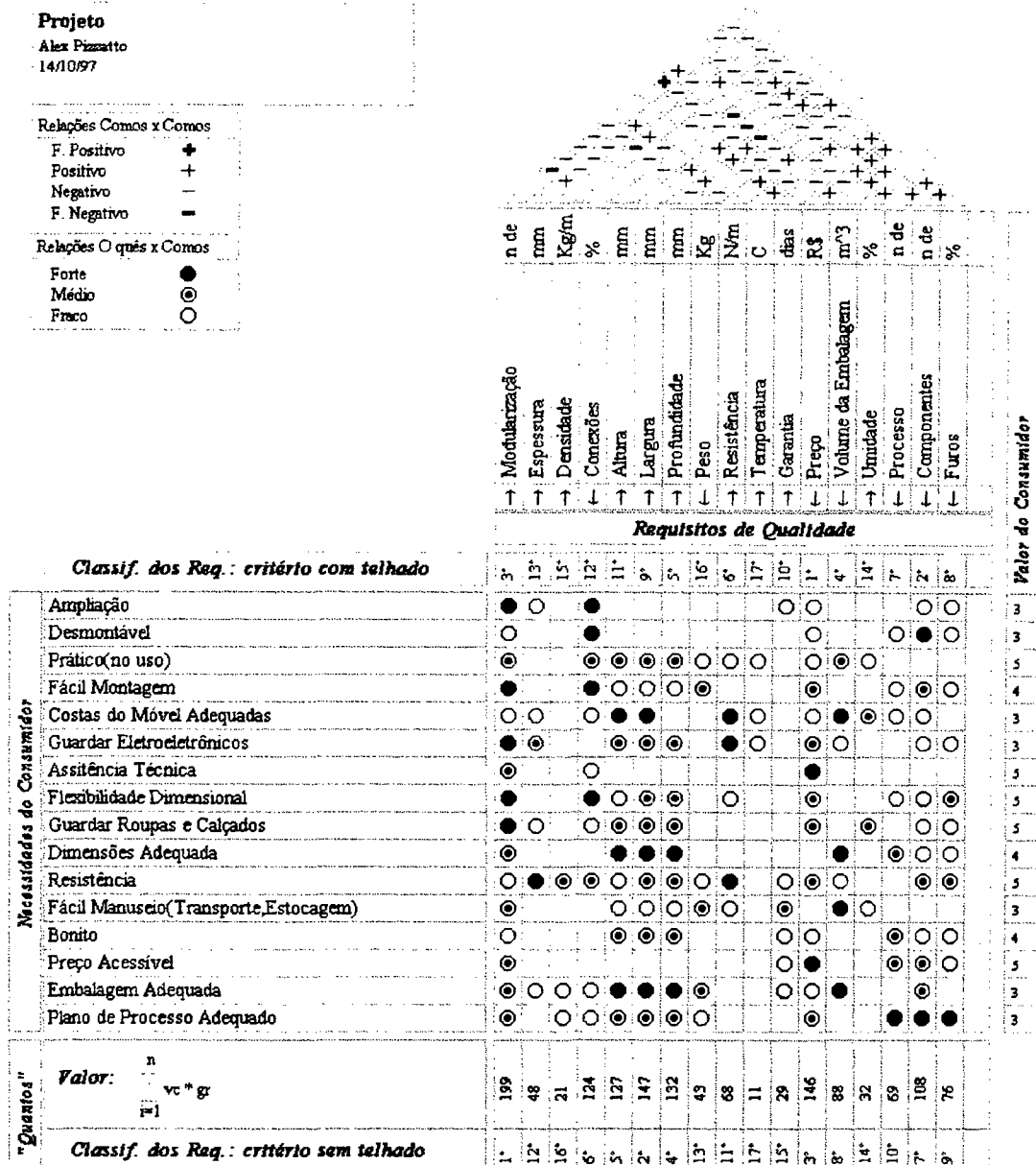


FIGURA 8.1 - Casa da Qualidade com necessidades e requisitos gerados.

8.4 ESTABELECIMENTO E AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA FUNCIONAL

Nesta etapa tem-se que gerar, a partir dos requisitos, a função global e suas variantes, fazer o seu desdobramento funcional e chegar a uma estrutura funcional que atenda a todas as variantes da função global.

Para o tipo de produto em desenvolvimento não há, em princípio, fluxo de energia, massa ou informação, assim o desdobramento funcional foi representado através de uma estrutura hierárquica. Entre as variantes da função global, foram encontradas variantes que se destinam só ao armazenamento de roupa até variantes que:

- destinam-se somente ao armazenamento de roupas;

- ao armazenamento de calçados e acessórios;
- ao armazenamento de roupas, roupas de cama, eletroeletrônicos e malas;
- entre outros.

armazenam desde roupa de cama até eletroeletrônicos, além de variantes que armazenam calçados e malas.

TABELA 8.2 - Lista de Requisitos de Projeto utilizando o telhado na casa da qualidade.

Requisitos	Unidade	Valor Meta	Sensor	Observação
1. Preço	R\$	preço máximo de R\$100,00 por módulo	cálculo de custos(material, fabricação, etc.)	valor em média inferior ao dos outros fabricantes.
2. Componentes	Número de componentes	máximo de 12 componentes por módulo	número de componentes por módulo	peças de aglomerado.
3. Modularização	Número de módulos	máximo 10 módulos	n° de módulos	
4. Volume da Embalagem	m ³	volume máximo de 0.55m ³	volume	considerar medidas adequadas(h,p,l)
5. Profundidade	mm	de 400mm a 600mm	teste de verificação(trena)	faixa de medidas padrão do mercado
6. Processo	Número de Processos	reduzir o número de passos no processos comparados aos móveis fabricados hoje pela empresa.	n° de operações por módulo	
7. Resistência	N/mm ²	cargas de 800N	análise de resistência	
8. Largura	mm	entre 400 a 1600mm	teste de verificação(trena)	largura para acomodar cama e adequar para o armazenamento.
9. Número de Furos	%	reduzir em comparação aos móveis fabricados hoje	n° de furos	Buscar o menor número de operações
10. Garantia	Dias	máx. de 120 dias após a venda	dias	prazo para transporte e entrega após a venda
11. Altura	mm	de 1800 a 2300	medição direta(trena)	
12. Conexões	%	reduzir o número de conexões e relação aos móveis antes fabricados.	n° de conexões	reduzir em relação ao móveis fabricados(por módulo)
13. Espessura	mm	de 15 a 45 mm	medição direta(trena)	
14. Umidade	Umidade relativa	50%	higrômetro	para não haver decomposição do material
15. Densidade	Kg/m ³	3Kg/m ³		
16. Peso	Kg	peso máximo de 50Kg por módulo	balança	peso adequado para o trans. em duas pessoas
17. Temperatura	°C	de 0° a 60°C	termômetro	para não haver empenamento nas chapas

Ao final da identificação das possíveis variantes, chega-se a uma estrutura funcional que descreve e agrupa todas as variantes do produto, apresentada na figura 8.2, e que possui como função global "Armazenar Objetos do Dormitório".

A numeração usada é para identificar o nível de desdobramento e a hierarquia da função no desdobramento funcional, como também, no primeiro nível de desdobramento, é dado um grau de importância para as funções. Este grau foi referido pela equipe de projeto.

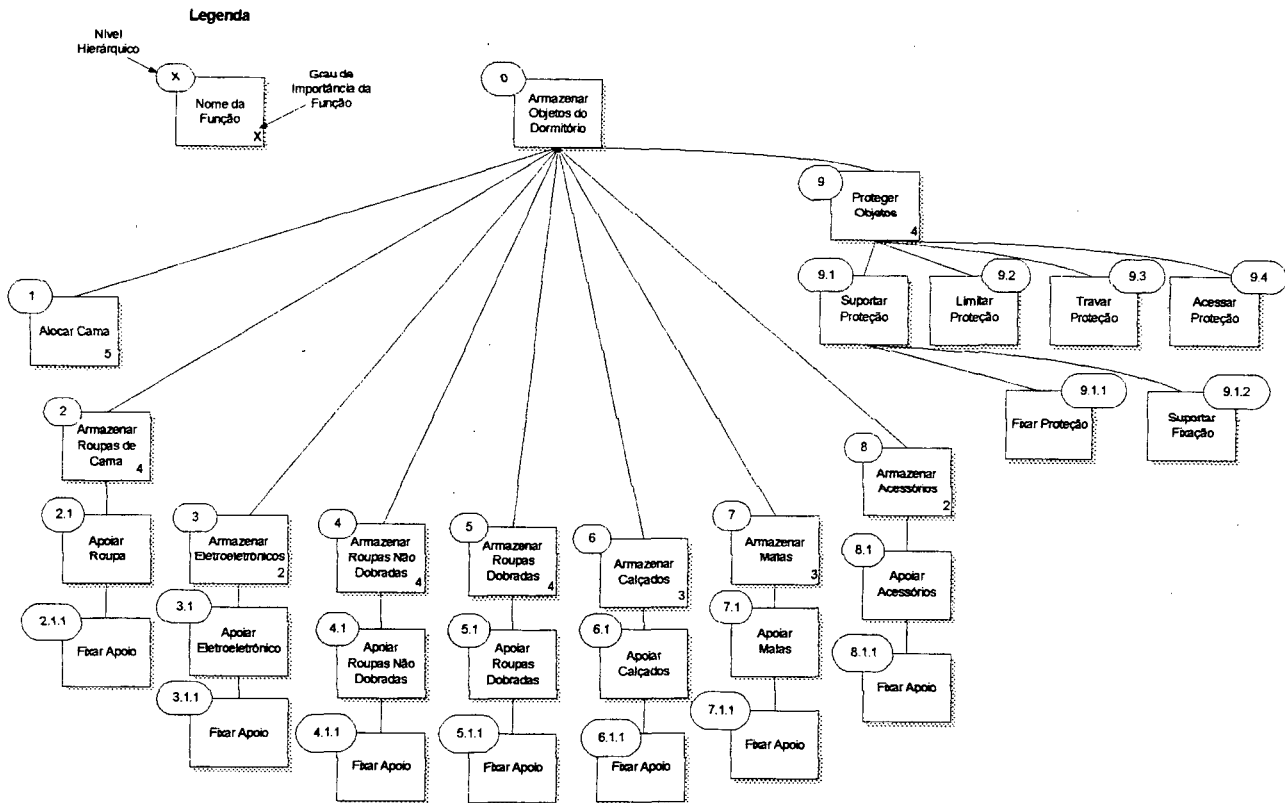


FIGURA 8.2 - Estrutura Funcional com ordenação hierárquica.

Estas funções foram obtidas com o auxílio de pessoas experientes, que já trabalhavam com roupeiros, buscando abranger todas as necessidades funcionais.

Pela figura 8.2 pode-se notar que aparecem semelhanças no desdobramento funcional das funções de 2 a 8. Estas funções, no seu desdobramento, apresentam as mesmas funções, só que para objetos distintos. São elas: “armazenar”, “apoiar” e “fixar”.

A função 1 é por si própria uma função, e não precisa de maior desdobramento. A função 9, como é visto na figura 8.2, é a que se apresenta mais complexa no seu desdobramento funcional e é considerada pela equipe de projeto, juntamente com a função 1, uma das de maior importância.

Tem-se também, na figura 8.2, o grau de importância de cada função no seu primeiro nível de desdobramento, como já dito, que juntamente com a avaliação feita na MIM, figura 8.3, auxiliará na etapa posterior. Tanto a atribuição do grau de importância, como também a escolha de somente colocar o grau de importância no primeiro nível de desdobramento funcional foram determinadas pelas pessoas envolvidas no projeto.

A MIM, mostrada na figura 8.3, avalia a estrutura funcional quanto às relações entre as funções, através do telhado, e fornece a ‘vocação’ de cada função em tornar-se módulo. Na figura 8.3 estão grifados as relações entre as funções fortemente positivas, estas

funções elementares semelhantes foram agrupadas lado a lado nas colunas da matriz para que as relações fossem melhor analisadas e utilizadas nas próximas etapas. Nas funções são mantidos os números hierárquicos do desdobramento funcional para facilitar a identificação das funções. Outra consideração tomada pela equipe com relação às funções, foi quanto à não-utilização na MIM das funções “apoiar”, pois se entendeu que estariam expressas pelas funções “armazenar”.

Para a realização da MIM, foi utilizado o software de QFD do SACPRO [16], que não apresenta o resultado do somatório das funções, mostrando somente sua classificação, como pode ser visto na figura 8.3.

Na MIM foram usadas algumas das diretrizes de modularização utilizadas por Erixon [6] e apresentadas no capítulo 5, como pode ser visto na figura 8.3. Foram acrescentadas três diretrizes de modularização, aquelas que foram considerados pela equipe de projeto como importantes na modularização deste produto. São elas:

- dimensões padronizadas;
- montagem; e
- flexibilidade dimensional.

Na figura 8.3, têm-se classificadas, segundo a ‘vocação’ de cada função para tornar-se módulo, que teve importância na escolha da estrutura modular, as funções são as seguintes:

- acessar proteção;
- proteger objetos;
- fixar apoio (3.1.1, 4.11, 5.11, 7.11, 8.11, 2.1.1);
- armazenar roupas de cama;
- fixar apoio (4.1.1);
- armazenar eletroeletrônicos;
- armazenar roupas dobradas;
- armazenar malas;
- armazenar acessórios;
- armazenar calçados;
- fixar proteção (9.1.1);
- travar proteção;
- limitar proteção;
- suportar proteção;

- armazenar roupas não dobradas; e
- alocar cama.

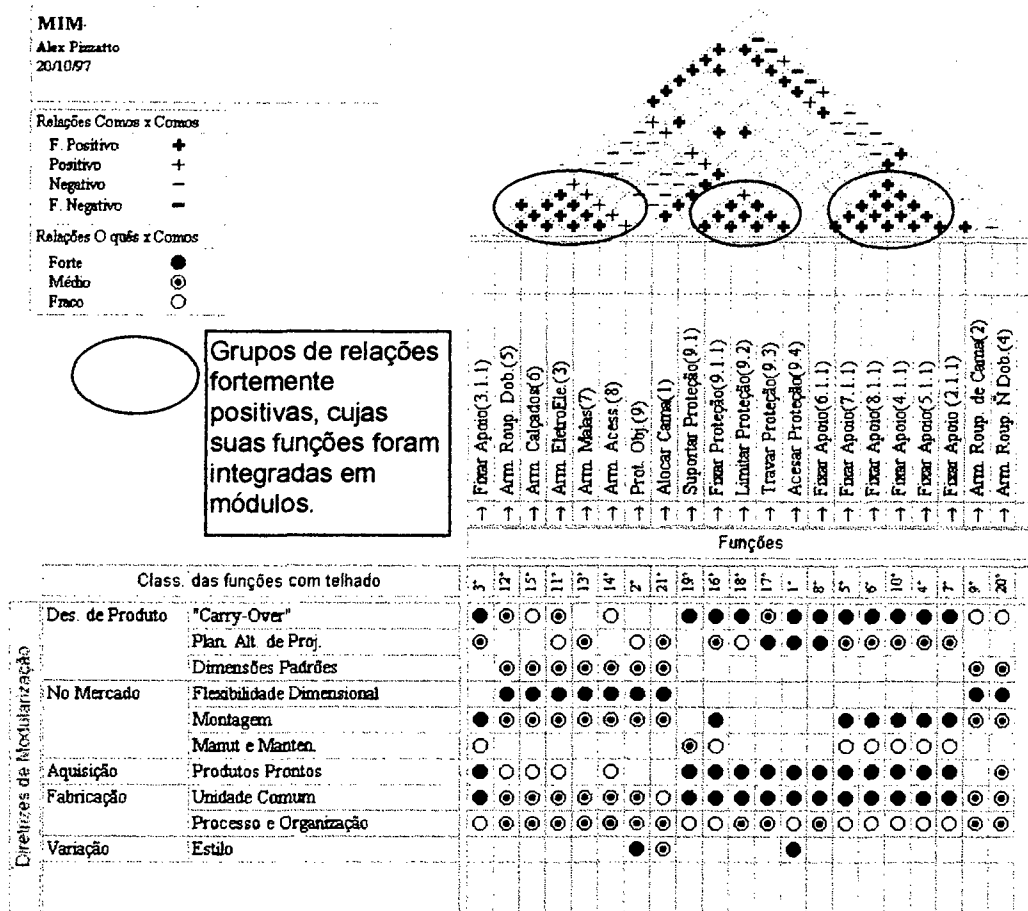


FIGURA 8.3 - Matriz MIM com as relações entre funções e diretrizes.

Com o desdobramento funcional e a avaliação fornecida pela MIM, pode-se, na etapa posterior, determinar os módulos com o auxílio da Matriz Morfológica, que trará os custos e as soluções para cada função.

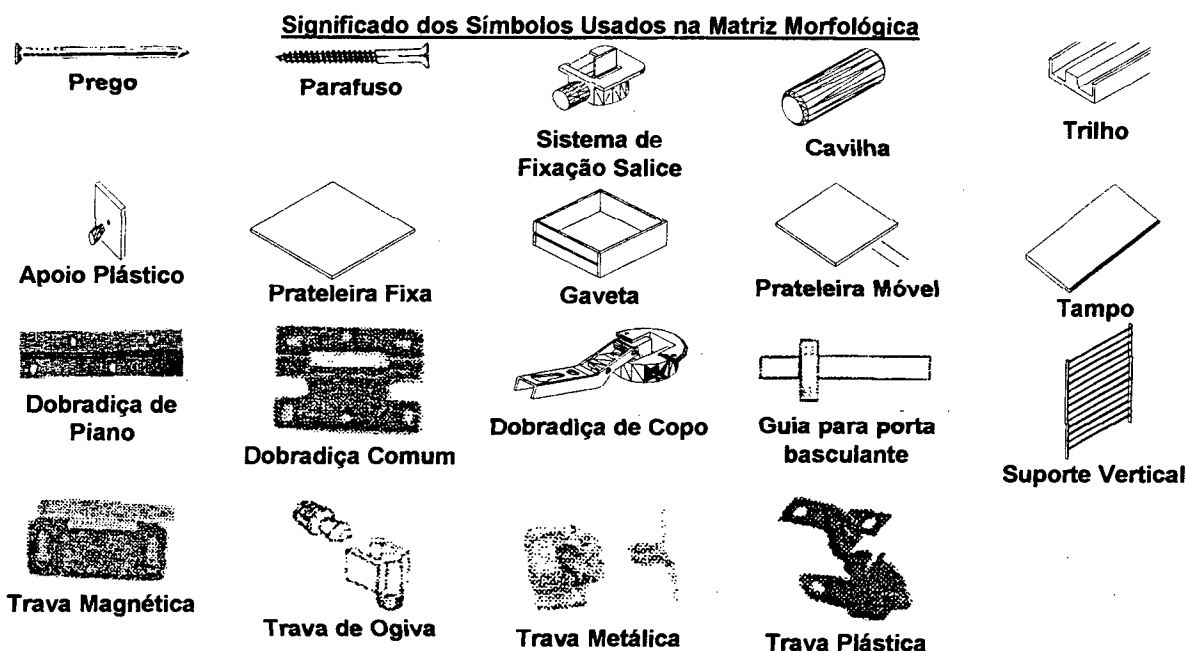
8.5 ESTABELECIMENTO DA ESTRUTURA MODULAR

Esta etapa se mostrou a mais crucial e trabalhosa do estudo de caso pelo número e importância das decisões necessárias ao estabelecimento da estrutura modular inicial do produto.

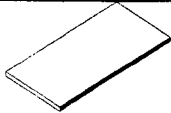
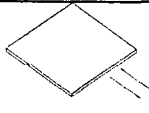
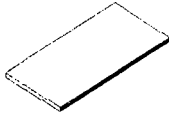
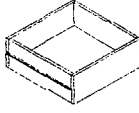

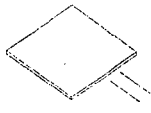
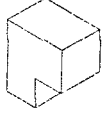

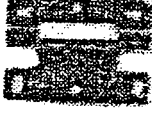

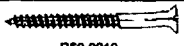



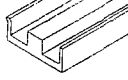
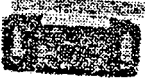








































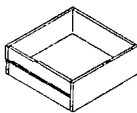

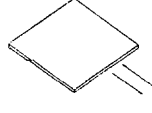
A decisão sobre quais destas funções tomam-se módulos dependeu diretamente das soluções possíveis para cada uma delas e dos dados gerados na etapa anterior, buscando-se principalmente a escolha de unidades comuns, para atender a várias funções; assim como também as informações obtidas na etapa anterior tiveram influência sobre a escolha das soluções.

Na figura 8.4 é apresentada a Matriz Morfológica com as possíveis soluções para as funções descritas até aqui, e, dos dados gerados na etapa anterior; também foi mantido o índice do nível hierárquico para facilitar o reconhecimento das funções. Outra informação importante que foi acrescida a Matriz é o custo de cada solução, que foi estimado pela equipe de projeto e auxilia na escolha das soluções mais promissoras e levando em consideração custo de material, fabricação, mão de obra e ferramentaria.

Desta Matriz Morfológica foram retirados quatro conceitos que atendem às necessidades dos clientes. Estas soluções são apresentadas na tabela 8.4. Em algumas delas são apresentadas duas soluções que poderiam ser usadas para uma mesma função.



Fixar Apoio (3.1.1)	R\$0.01	R\$0.0219	Cola do R\$0.05/m	R\$0.21	R\$0.005	Corre- diça R\$2.50	R\$3.00/m	R\$0.005
Armazenar Roup. Dobr. (5)	±R\$5.00	±R\$15.00	±R\$15.00	±R\$5.00	±R\$7.50			
Armazenar Calçados (6)	±R\$5.00	±R\$15.00	±R\$15.00	±R\$5.00				
Armazenar EletroElet. (3)	±R\$7.50	±R\$15.00	±R\$15.00	±R\$5.00				
Armazenar Malas (7)	±R\$5.00							

		 ±R\$7.50	 ±R\$5.00			
Armazenar Acessórios (8)	 ±R\$7.50	 ±R\$15.00	 ±R\$5.00	 ±R\$5.00		
Proteger Objetos (9)	Porta Tradicional ±R\$7.50	Persiana ±R\$15.00/m ²	Porta Bipartida ±R\$17.00	Porta de Correr ±R\$8.50		
Alocar Cama (1)	Ajuste. Dimensional ±R\$0.10	Cama ±R\$30.00				
Suportar Proteção (9.1)	 Guia R\$0.10	 R\$0.30/m	 R\$0.45	 R\$0.68		
Fixar Proteção (9.1.1)	 R\$0.0219	 R\$0.01	Colado R\$0.05/m			
Limitar Proteção (9.2)	 R\$ 0.005	 R\$3.00	 R\$3.00/m			
Travar Proteção (9.3)	 R\$0.61	 R\$0.0582	 R\$0.206	 R\$0.0785		
Acessar Proteção (9.4)	 Puxador ±R\$0.30					
Fixar Apoio (6.1.1)	 R\$0.01	 R\$0.0219	Colado R\$0.05/m  R\$0.21	 R\$0.005	Corrediça R\$2.50  R\$3.00/m	 R\$0.005
Fixar Apoio (7.1.1)	 R\$0.01	 R\$0.0219	Colado R\$0.05/m  R\$0.21	 R\$0.005	Corrediça R\$2.50  R\$3.00/m	 R\$0.005
Fixar Apoio (8.1.1)	 R\$0.01	 R\$0.0219	Colado R\$0.05/m  R\$0.21	 R\$0.005	Corrediça R\$2.50  R\$3.00/m	 R\$0.005
Fixar Apoio (4.1.1)	 R\$0.01	 R\$0.0219	Colado R\$0.05/m  R\$0.21	 R\$0.005	Corrediça R\$2.50  R\$3.00/m	 R\$0.005
Fixar Apoio (5.1.1)	 R\$0.01	 R\$0.0219	Colado R\$0.05/m  R\$0.21	 R\$0.005	Corrediça R\$2.50  R\$3.00/m	 R\$0.005
Fixar Apoio (2.1.1)	 R\$0.01	 R\$0.0219	Colado R\$0.05/m  R\$0.21	 R\$0.005	Corrediça R\$2.50  R\$3.00/m	 R\$0.005
Arm. Roupas de Cama (2)	 ±R\$15.00	 ±R\$5.00	 ±R\$5.00			

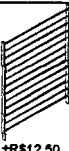
Arm. Roupas Ñ Dobradas (4)	Cabideiro e Calceiro ±R\$11.00	Ganchos ±R\$1.50	 ±R\$12.50	
----------------------------	-----------------------------------	---------------------	---	--

FIGURA 8.4 - Matriz Morfológica.

Outro fator importante e que é fundamental para a escolha das soluções são as interfaces, também aqui avaliadas pela Matriz de Interfaces, e a escolhida é mostrada na próxima etapa.

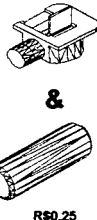

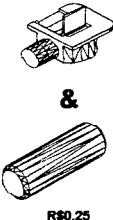
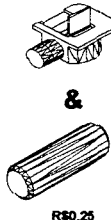
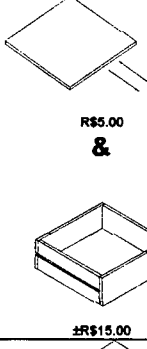
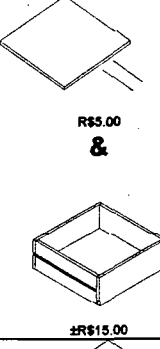
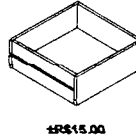
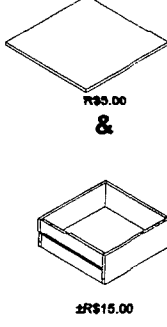

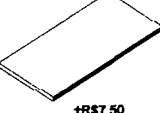


Define-se, então, qual a estrutura modular preliminar, mostrada na TABELA 8.3, que o sistema deve possuir, sendo a estrutura definitiva descrita na etapa posterior.


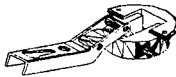

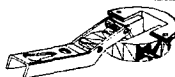
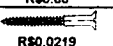
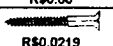
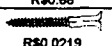
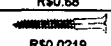










A tabela 8.4 apresenta os princípios de solução que podem ser usados para a estrutura modular preliminar. Os acessórios apresentados na tabela 8.4 foram armazenados no sistema MModulare, e os utilizados têm o seu desenho mostrado no Anexo A.

TABELA 8.3 - Estrutura modular preliminar classificada segundo Pahl & Beitz[4].

Classificação	Funções	Módulos(Formas)
Auxiliares	Fixar Apoio(3.1.1)	Módulo 1
	Fixar Apoio(7.1.1, 8.1.1, 5.1.1, 2.1.1, 6.1.1)	Módulo 2
	Fixar Apoio e Proteção(4.1.1, 9.1.1)	Módulo 3
Básicos	Armazenar(5,6,7,8,2)	Módulo 4
	Armazenar(3)	Módulo 5
	Armazenar(4)	Módulo 6
	Proteger Objeto(9, com todo seu desdobramento)	Módulo 7

TABELA 8.4- Possíveis Soluções e Seus Custos.

FUNÇÕES	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
Fixar Apoio (3.1.1)	 & R\$0.25	 R\$0.005	 & R\$0.25	 & R\$0.25
Armazenar (5,6,7,8,2)	 R\$5.00 & ±R\$15.00	 R\$5.00 & ±R\$15.00	 ±R\$15.00	 R\$5.00 & ±R\$15.00
Armazenar EletroElet. (3)	 ±R\$7.50	 ±R\$7.50	 ±R\$7.50	 ±R\$7.50
Alocar Cama (1)	Adequação Dimensional ±R\$0.10	Adequação Dimensional ±R\$0.10	Adequação Dimensional ±R\$0.10	Adequação Dimensional ±R\$0.10
Proteger Objetos (9)	Porta Tradicional	Porta Tradicional ±R\$7.50	Porta Tradicional ±R\$7.50	Porta Tradicional ±R\$7.50

Suportar Proteção (9.1)	 ±R\$7.50	 R\$0.68	 R\$0.68	 R\$0.68
Fixar Proteção (9.1.1) e Apoio (4.1.1)	 R\$0.0219	 R\$0.0219	 R\$0.0219	 R\$0.0219
Limitar Proteção (9.2)	 R\$0.005	 R\$0.005	 R\$0.005	 R\$0.005
Travar Proteção (9.3)	Dobradiça com Trava R\$0.00	Dobradiça com Trava R\$0.00	Dobradiça com Trava R\$0.00	Dobradiça com Trava R\$0.00
Acessar Proteção (9.4)	 Puxador R\$0.30	 Puxador R\$0.30	 Puxador R\$0.30	 Puxador R\$0.30
Fixar Apoio (6.1.1; 7.1.1; 8.1.1; 2.1.1; 5.1.1)	 R\$0.005	Corrediça R\$2.50	Corrediça R\$2.50	 R\$0.005
Arm. Roupas Ñ Dobradas (4)	Cabideiro e Calceiro ±R\$11.00	Cabideiro e Calceiro ±R\$11.00	Cabideiro e Calceiro ±R\$11.00	Cabideiro e Calceiro ±R\$11.00

A busca pela estrutura do roupeiro poderia variar entre muitas opções, desde tubular até de outros materiais e formas, mas, pelas características da empresa e pela matéria-prima disponível, a escolha por uma estrutura de chapas de aglomerado mostrou-se a mais adequada. É feita a escolha de uma estrutura, pois é necessária a localização dos módulos acima apresentados, pois eles por si só não se estruturam.

As características da estrutura baseiam-se em algumas necessidades gerais, entre elas: flexibilidade dimensional, fácil montagem e desmontável, embalagem adequada e planos de corte de chapas adequados.

A flexibilidade dimensional é a necessidade predominante neste caso, pois são necessários módulos estruturais de variados tamanhos, como também para diferentes situações. Módulo para um canto, por exemplo, é necessário, pois a maioria dos ambientes apresentam cantos perpendiculares. Outro módulo que deve ser providenciado é um módulo auxiliar para permitir a união entre os módulos, devendo suprir os requisitos de projeto com os quais apresenta forte relacionamento.

Com isso observa-se que existem mais módulos do que aqueles até aqui descritos (tabela 8.3). Tem-se também os módulos estruturais mostrados na tabela 8.5.

A estrutura apresentada na tabela 8.5 supre as necessidades de flexibilidade dimensional e nela devem ser alojados os possíveis módulos anteriormente apresentados na tabela 8.3.

Como interfaces temos a união das chapas da estrutura e as fixações de apoio de cada módulo.

TABELA 8.5 - Sistema modular preliminar dos possíveis módulos estruturais.

Módulos	Funções
Módulo e1 (básico e possível)	Módulo de Canto
Módulo e2 (básico e essencial)	Módulo Menor
Módulo e3 (básico e possível)	Módulo Maior
Módulo e4 (auxiliar e essencial)	Junções Estruturais

Como interfaces temos a união das chapas da estrutura e as fixações de apoio de cada módulo.

As soluções da tabela 8.4 deverão suprir os requisitos de projeto e obedecer ao plano de conexões da Matriz de Interface apresentada na figura 8.5. Nesta figura 8.5, são marcadas com "X" as interfaces, devido ao produto trabalhado, e conclui-se que este plano de conexões é viável para qualquer uma das quatro soluções apresentadas. Não são fornecidas informações sobre tempo de montagem, restrições geométricas e fluxos de massa ou energia, pois não foram consideradas relevantes pela equipe de projeto.

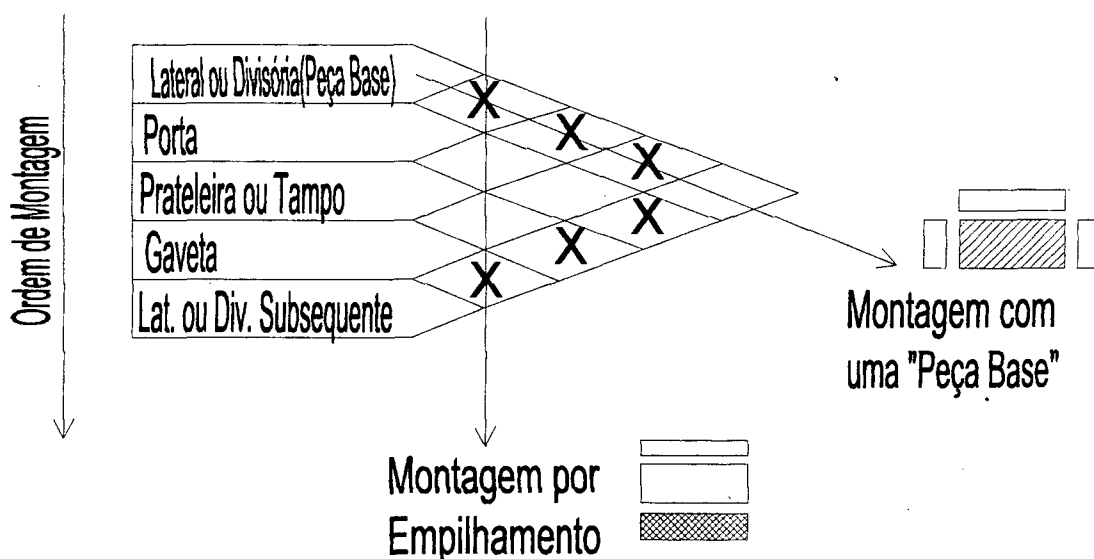


FIGURA 8.5 - Melhor Matriz de Interfaces, que deve ser seguida na próxima etapa.

Ao final desta etapa, tem-se uma estrutura modular preliminar com suas possíveis soluções e com um plano de conexões desejável, apresentado nas tabelas 8.3, 8.4, 8.5 e na figura 8.5.

A figura 8.6 é apresentada uma Matriz de Seleção de PUGH, com uma avaliação das soluções perante os requisitos de projeto, e mostra a solução de número 4 como a mais promissora.

As quatro estruturas foram obtidas analisando-se os requisitos de projeto, a matriz MIM, juntamente com a Matriz Morfológica. Funções com mesmo princípio de solução, diretrizes de modularização e requisitos semelhantes foram agrupados em um único módulo, como mostrado anteriormente na tabela 8.4.

	Modularização	Espessura	Densidade	Conexões	Altura	Largura	Profundidade	Peso	Resistência	Temperatura	Garantia	Preço	Volume da Embalagem	Umidade	Processo	Componentes	Furos	Somatório
Solução 1	1	-1	0	0	0	-1	0	1	0	-1	0	-1	0	0	0	-1	-1	-4
Solução 2	1	-1	0	-1	0	-1	-1	0	0	-1	0	-1	0	0	1	1	1	-2
Solução 3	1	-1	0	0	0	-1	-1	0	0	-1	0	-1	0	0	0	1	1	-2
Solução 4	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	-1	-1	5

Figura 8.6 - Matriz de PUGH para a avaliação das soluções.

8.6 AVALIAR E OTIMIZAR OS POSSÍVEIS MÓDULOS

Nesta etapa são analisados quatro conceitos gerados a partir da Matriz Morfológica, analisando-se os custos das soluções e a viabilidade técnica, como também é determinado o sistema modular definitivo com formas, materiais e processos.

Em uma análise técnica dos requisitos de projeto, a utilização de prateleiras móveis e gavetas é a mais adequada devido à sua praticidade. Mas a utilização de prateleiras móveis não é possível, pois a sua implementação encareceria o móvel, tornando, então, a utilização de prateleiras fixas inevitável. Este acréscimo de custo se daria pela não-utilização do sistema de portas tradicionais, o que encareceria o móvel para o consumidor.

A utilização de corrediças em prateleiras móveis tecnicamente seria perfeita, principalmente pelas características de maciez, praticidade, baixo desgaste e resistência. Entretanto, economicamente, acarretaria um aumento de custo. Assim, na solução número 1, são utilizadas cavilhas plásticas para suportar prateleiras móveis e gavetas.

A utilização destas cavilhas plásticas trouxe uma dúvida quanto a qual seria sua resistência, principalmente quanto ao seu desgaste e se não se desprenderiam do local de fixação. Por esse impasse, foram realizados testes com protótipos de gavetas, para os quais as prateleiras móveis e os tarugos se mostraram adequados para as operações necessárias.

A escolha da porta tradicional com dobradiça com travas se mostrou desde o início a mais adequada, pelo menor número de componentes envolvidos e pelo seu custo. A portas tradicionais causam problemas técnicos com as prateleiras móveis, pois há uma redução no tamanho e aumento de material para sua fixação. Este motivo levou a escolha de prateleiras fixas, levando à solução 4, como indicado na tabela 8.4.

Uma das necessidades do projeto é a de que o móvel seja desmontável o maior número de vezes possíveis. Para isso os elementos de conexão devem permitir uma boa fixação e ter a possibilidade de serem usados várias vezes. Desta forma, decidiu-se pela utilização de um sistema de fixação oferecido pela empresa italiana Salice, que é mostrado na figura 8.7.

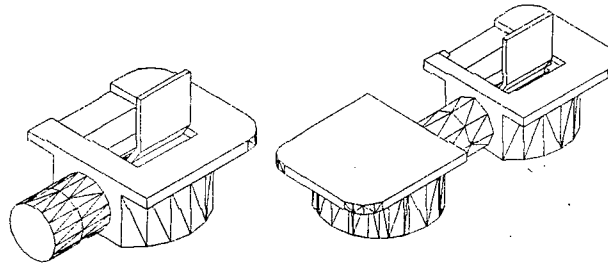


FIGURA 8.7 - Sistema Salice para fixação sem parafuso.

Em termos de custo, o sistema apresentado na figura 8.7 é mais caro que a utilização de parafusos, mas possui a vantagem de possibilitar inúmeras montagens e desmontagens. Pelo seu custo, 10 vezes superior ao de parafusos, sua utilização foi racionalizada ao máximo, usando-se o menor número possível de fixações deste tipo, conjugadas com cavilhas.

A opção de cabideiro e calceiro, que podem ser adquiridos no mercado, é a mais econômica para a função 4.

Depois de todas essas considerações, a solução de número 4 mostra-se a mais adequada para atender a toda a gama de requisitos do projeto.

Nesta etapa também foram estipuladas as medidas principais e, na etapa posterior, otimizadas, como descrito a seguir.

Aqui também a utilização do sistema computacional mostrou-se uma ótima ferramenta para o armazenamento e gerenciamento das soluções, como também vai acontecer nas fases posteriores: no gerenciamento e montagem de possíveis configurações com o sistema modular obtido.

No planejamento de processo, na fabricação de móveis de chapas de aglomerado, o aproveitamento de matéria-prima é fundamental para o custo final do produto. Assim sendo, as dimensões foram ajustadas para a obtenção do melhor aproveitamento, chegando-se às medidas das peças principais do roupeiro modular apresentadas no Anexo A. A utilização do sistema MModulare e do AutoCAD foi de suma importância para a realização dos ajustes aqui apresentados (medidas nos desenhos no Anexo A). A figura 8.7 apresenta as dimensões principais do roupeiro modular e seus módulos, tendo sido suas partes modeladas pelo sistema computacional MModulare.

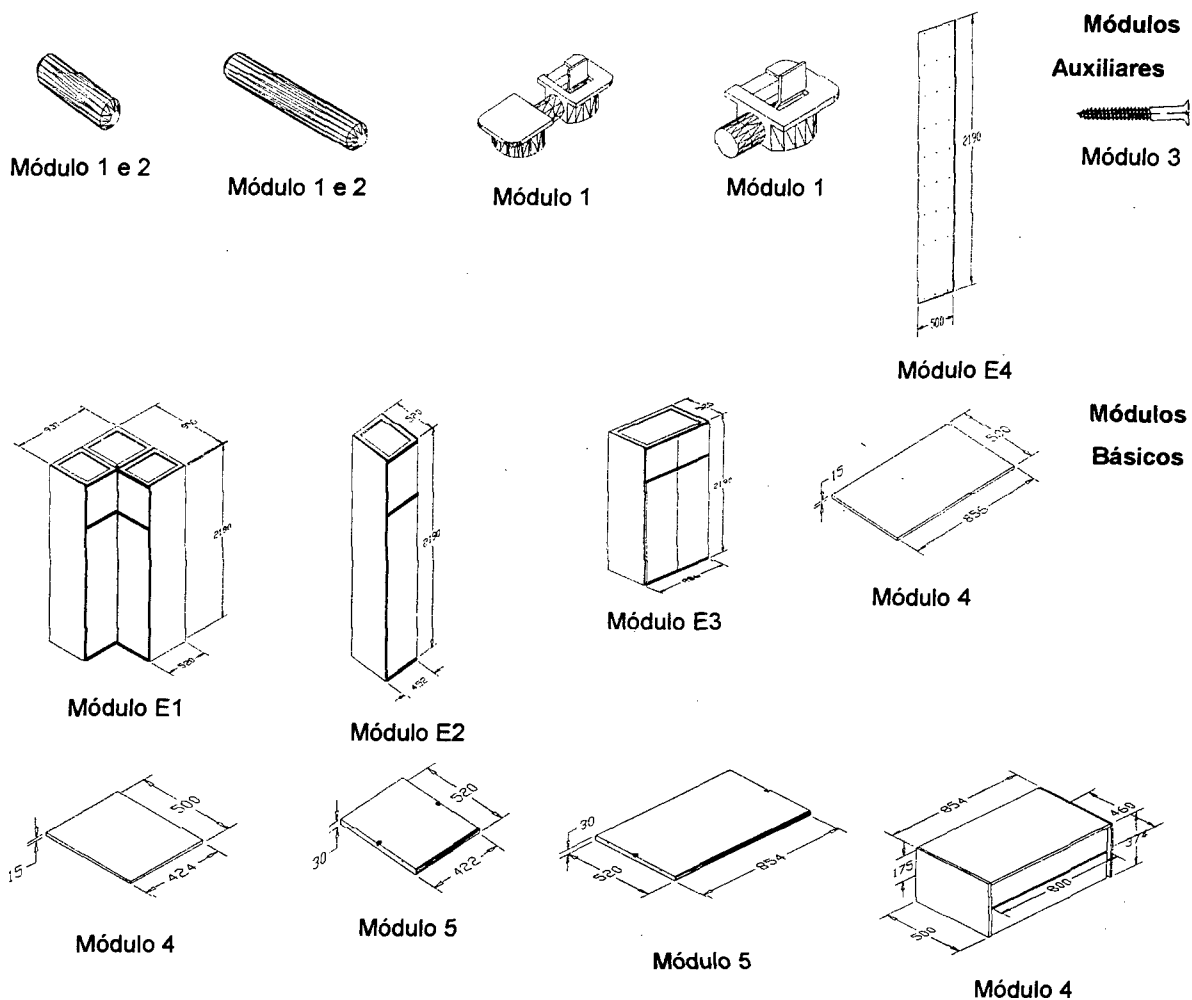


FIGURA 8.8 - Medidas Principais, Estrutura Modular Definitiva e com nomes relativos aos módulos do Sistema Modular Preliminar, obtido na etapa anterior.

Os desenhos também possuem uma lista de todos os elementos que fazem parte de cada módulo, que acompanhará os manuais de montagem.

Para a montagem das estruturas dos módulos, teve-se a preocupação de tomar-se uma peça como base e acopla-se as demais peças de forma a facilitar a montagem, como é visto nas figuras 8.10, 8.11 e 8.12, bem como utilizar uma única direção de montagem. Esta preocupação surgiu com o diagrama de interfaces mostrado com mais detalhes na figura 8.9 do que na figura 8.5.

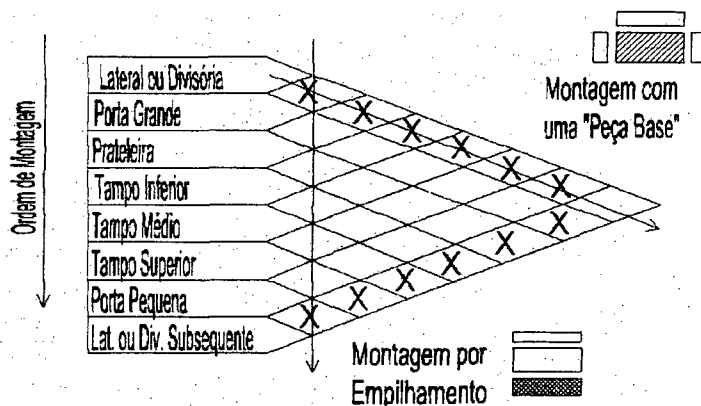


FIGURA 8.9 - Diagrama de interface genérica para todos os módulos trabalhados.

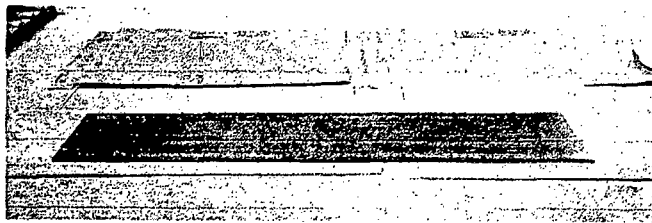


FIGURA 8.10 – Lateral em posição de início de montagem.

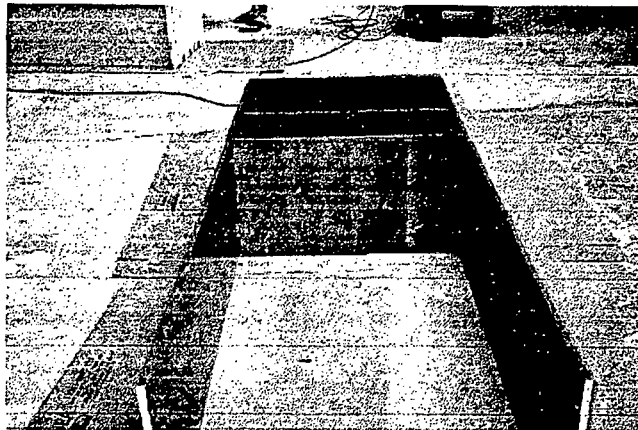


FIGURA 8.11 – Algumas peças montadas, todas em uma única direção, como visto.

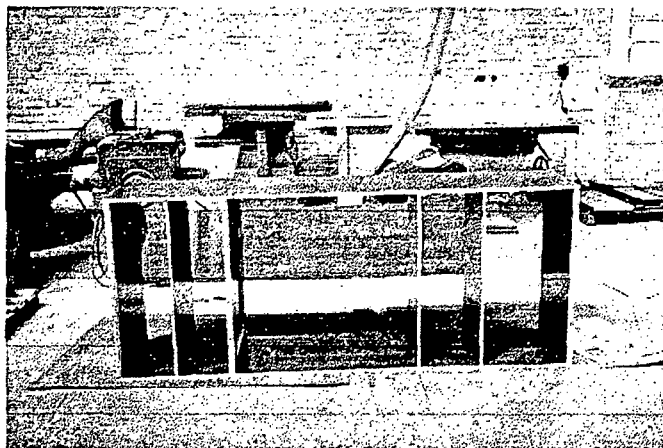


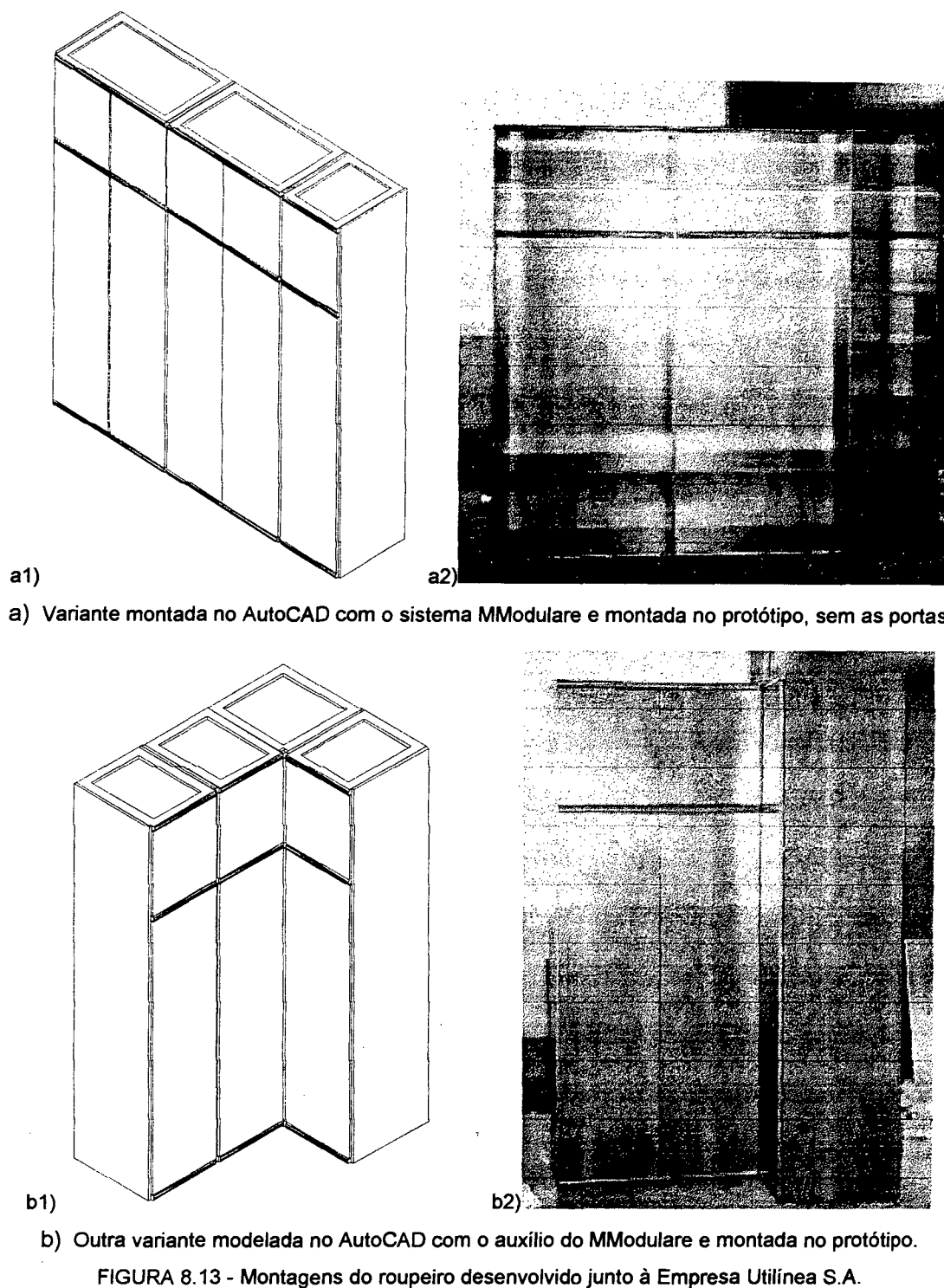
FIGURA 8.12 – Módulo maior com a estrutura montada.

Para verificar a funcionalidade do sistema na prática, foram montadas algumas configurações no protótipo feito, e estas são mostradas na figura 8.13.

Sobre a embalagem, os módulos são embalados separadamente e todos apresentam dimensões adequadas. A seguir, são apresentadas as considerações relativas à preparação da documentação para a produção.

8.7 PREPARAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO PARA A PRODUÇÃO

Para a fabricação, as peças foram codificadas através de um plano de código desenvolvido pela TNO, uma instituição de pesquisa científica aplicada, na Holanda, para um sistema de classificação chamado Miclass [17].



O código se estrutura em uma cadeia e é identificado como um polícode de propósito universal. Possui um tamanho básico de 12 dígitos, que são apresentados na tabela 8.6.

Juntamente com estes dígitos, são colocados códigos que especificam a qual sistema modular pertencente a peça, sua identificação dentro da família e sua variação, como visto no código da figura 8.13.

8.9.1 TAREFA

Esta etapa é de suma importância para a descrição das necessidades, pois elas descrevem o desejo do cliente em relação ao produto.

Sendo assim, um bom levantamento e descrição de necessidades deve ser feito, pois influenciará nas tomadas de decisão com relação ao produto ao longo do projeto.

Para um bom levantamento de informações, uma ampla pesquisa deve ser feita e todas as necessidades devem ser levantadas. Contudo, considerações sobre o produto não devem ser feitas somente junto ao cliente; devem ser feitas em todo o universo de atuação.

8.9.2 ESCLARECIMENTO E CLARIFICAÇÃO DA TAREFA

Nesta etapa, a clara descrição das necessidades foi fundamental para a obtenção de informações consistentes.

Em poder destas informações, a geração dos requisitos de projeto através do QFD deve ser realizada com uma equipe multidisciplinar, em que a colocação de diferentes pontos de vista pelas várias pessoas envolvidas é importante para análise das necessidades dos clientes.

Outro ponto importante a ser ressaltado é sobre o conhecimento do funcionamento do QFD por toda a equipe multidisciplinar.

Com estas recomendações e ferramenta utilizada nesta etapa, a geração de requisitos e análise das necessidades é satisfatória.

8.9.3 ESTABELECIMENTO E AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA FUNCIONAL

Esta etapa consiste no desdobramento funcional do produto projetado e apresenta grande influência sobre a estrutura modular final. Aqui também são feitas análises sobre as funções elementares obtidas. Esta análise é feita com a MIM.

Deve ser realizada com uma equipe multidisciplinar, cujo conhecimento do produto auxilia e facilita a análise funcional feita.

Nesta etapa, o conhecimento por parte de todos os integrantes da equipe do método de análise ou síntese é necessário, dependendo do caso de projeto ou reprojeto.

8.9.4 ESTABELECIMENTO DA ESTRUTURA MODULAR

A etapa mais importante no desenvolvimento de produtos modulares é esta, conforme resultados obtidos no estudo de caso.

As ferramentas nela utilizadas (Matriz Morfológica e Matriz de Interfaces e Matriz de Pugh) se mostraram de grande eficácia para a organização das informações envolvidas nesta fase.

Esta etapa utiliza a Matriz Morfológica, com custos para as soluções das funções, um ponto importante para a análise feita na etapa posterior, em que são tomadas as decisões cruciais sobre os princípios do produto.

A determinação da estrutura modular preliminar, nesta etapa, também é de grande importância e deve prever todos os possíveis módulos que poderão fazer parte do produto final.

A determinação das possíveis interfaces através da Matriz de Interfaces é de grande valia.

8.9.5 MELHORAMENTO E OTIMIZAÇÃO DOS POSSÍVEIS MÓDULOS

Nesta etapa, a escolha das soluções e a determinação das interfaces, juntamente com a análise dos custos e benefícios, participam na determinação da estrutura modular definitiva.

Esta etapa e a posterior, melhoramento e otimização de cada módulo, integram-se para a obtenção de um produto com sucesso na fabricação.

Nesse momento, a clara e detalhada descrição das soluções e a estimativa de seus custos vem a facilitar a determinação da solução final.

Aqui se dá a racionalização e otimização da produção. Pessoas com amplo conhecimento de processos são fundamentais para a determinação de formas e processos que envolverão as peças do produto.

8.9.6 PREPARAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO PARA A PRODUÇÃO

Na preparação da documentação para a produção, quando há um grande número de peças e se possui uma grande planta fabril, a codificação é necessária. Desenhos, como os apresentados no Anexo A, com seus códigos e montagens com lista de peças, também são necessários.

Um *software* para o gerenciamento destas peças, de preferência baseado em uma plataforma de CAD, seria útil para o manuseio das mesmas.

Esta documentação deve apresentar as dimensões fundamentais para a fabricação, de forma clara, com o objetivo de facilitá-la.

8.9.7 PRODUÇÃO

Este item não pode ter uma avaliação profunda no estudo de caso. A proposta da sistemática é a produção em paralelo de módulos e sua montagem, no final.

No caso de móveis, a característica da montagem na casa do cliente externo modifica o processo fabril, que termina com a embalagem dos móveis. Assim sendo, buscou-se facilitar a montagem dos móveis, que é feita pelos clientes intermediários, através de uma estrutura de produção em lotes de módulos de acordo, principalmente, com sua demanda.

8.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final, tem-se um roupeiro modular que apresenta boas características de produção e no qual são atendidos todos os requisitos de projeto.

Tanto o móvel, quanto todo seu desenvolvimento, foram realizados em um período de 45 dias, graças à utilização da sistemática de projeto proposta, que se mostrou adequada e resultou num móvel prático, bonito, montável e desmontável.

Ao final do estudo de caso, obtiveram-se algumas constatações importantes, que são:

- menor tempo de desenvolvimento do produto que os anteriores desenvolvidos na empresa;
- produto melhor planejado em relação aos anteriores desenvolvidos;
- redução de custos com o planejamento utilizando um sistema de CAD ao invés de construir vários protótipos;
- produto com interfaces adequadas para o sistema modular, atendendo aos requisitos de projeto;
- peso e volume de embalagens adequadas, que tiveram o planejamento efetuado no sistema de CAD;
- redução no número de peças por módulo; e
- produto com dimensões adequadas.

Com isto, nota-se que a utilização da sistemática de projeto em uma empresa que nunca trabalhou com uma traz melhorias no desenvolvimento e no produto.

Também este estudo de caso vem comprovar a eficiência da sistemática proposta, sendo esta mais eficaz, abrangente e detalhada que as sistemáticas apresentadas no capítulo 5.

Outra consideração importante é com relação à afirmação feita pelas pessoas que trabalharam no desenvolvimento do projeto. Estas afirmam que uma sistemática deve ser usada para o desenvolvimento de produto, pois agiliza e padroniza as informações tornando o desenvolvimento mais rápido e melhora sua qualidade com o atendimento das necessidades dos clientes.

Ainda um aspecto a ser destacado é sobre o sistema MModulare, que se mostrou uma boa ferramenta nas etapas 8.5, 8.6 e 8.7.

CAPÍTULO 9

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o final deste trabalho, deve-se, primeiramente, lembrar seu objetivo, que é oferecer uma sistemática de projeto mais eficiente que as existentes e aplicá-la junto à indústria moveleira nacional. O objetivo foi cumprido de forma satisfatória.

Com o desenvolvimento do trabalho, observou-se o desconhecimento por parte da indústria moveleira nacional sobre o assunto de metodologias de projeto. Juntamente com o estudo de sistemas modulares e das sistemáticas para seu desenvolvimento, observou-se que as sistemáticas existentes não suprem o projeto em todas as suas etapas e fases com ferramentas e recomendações adequadas.

Assim sendo, a utilização da sistemática de projeto para produtos modulares para móveis é bastante adequada. Com isto, pôde-se avaliar e amenizar os dois problemas primeiramente levantados.

As conclusões tiradas da avaliação e desenvolvimento deste trabalho são:

- o setor moveleiro nacional necessita de uma reestruturação fabril, seguindo como modelo o setor moveleiro internacional;
- o setor moveleiro nacional deve procurar exportar seus produtos para suprir as variações de consumo do mercado interno, e isto deve ser feito com o melhoramento dos produtos oferecidos;
- o mercado oferece uma boa quantidade de acessórios para indústria moveleira, só que seus custos devem ser reduzidos, e o setor moveleiro deve usufruir mais destes produtos;
- foram definidos e descritos alguns conceitos e definições de pontos importantes para produtos modulares;
- as sistemáticas de projeto de produtos modulares existentes não são ainda adequadas em todas suas etapas e passos, na prática, sendo a sistemática aqui proposta um primeiro elemento para auxiliar a melhorar o desenvolvimento de produtos modulares;
- a sistemática proposta apresentou bons resultados e cobre as lacunas identificadas nas sistemáticas de projeto de produtos modulares existentes;

- a utilização da informática é importante para a agilização do projeto. Chegou-se a esta conclusão pela contribuição do sistema computacional MModulare, com o qual foi obtida agilidade nas etapas em que foi usado.
- a indústria moveleira deve utilizar sistemáticas de projeto, pois ganha em redução de tempo, aumento da qualidade, redução de custos, melhorias nos planos de processo, pontos comprovados por meio do estudo de caso; e
- a sistemática aqui proposta é adequada, pois auxilia o projetista nas etapas de projeto, estruturando as informações e auxiliando nas tomadas de decisão ao longo de todo o ciclo de vida do produto.

As contribuições obtidas com este trabalho são as seguintes:

- apresentação do estado da arte da indústria moveleira nacional;
- apresentação de aspectos básicos de produtos modulares;
- apresentação do estado da arte das principais sistemáticas de projeto para produtos modulares;
- geração de uma sistemática de projeto para produtos modulares;
- criação de um sistema computacional para auxílio do desenvolvimento de produtos modulares; e
- utilização de uma sistemática de projeto em um segmento da indústria desconhecadora das sistemáticas de desenvolvimento de produtos.

Com a validação da sistemática proposta e as contribuições, foram observados pontos importantes, que ainda devem ser estudados

Entre estes pontos importantes, tem-se primeiramente o projeto das interfaces. Durante o trabalho, e principalmente durante o estudo de caso, teve-se dificuldades com a determinação das interfaces, teve-se dificuldades na obtenção de informações e recomendações de como proceder com as interfaces e conexões.

Outro ponto observado é quanto à utilização da sistemática proposta aplicada ao reprojeto de produtos para torná-los modulares. A sistemática pode ser utilizada para reprojeto, porém a execução do desenvolvimento do reprojeto deve ser realizada para sua validação neste item.

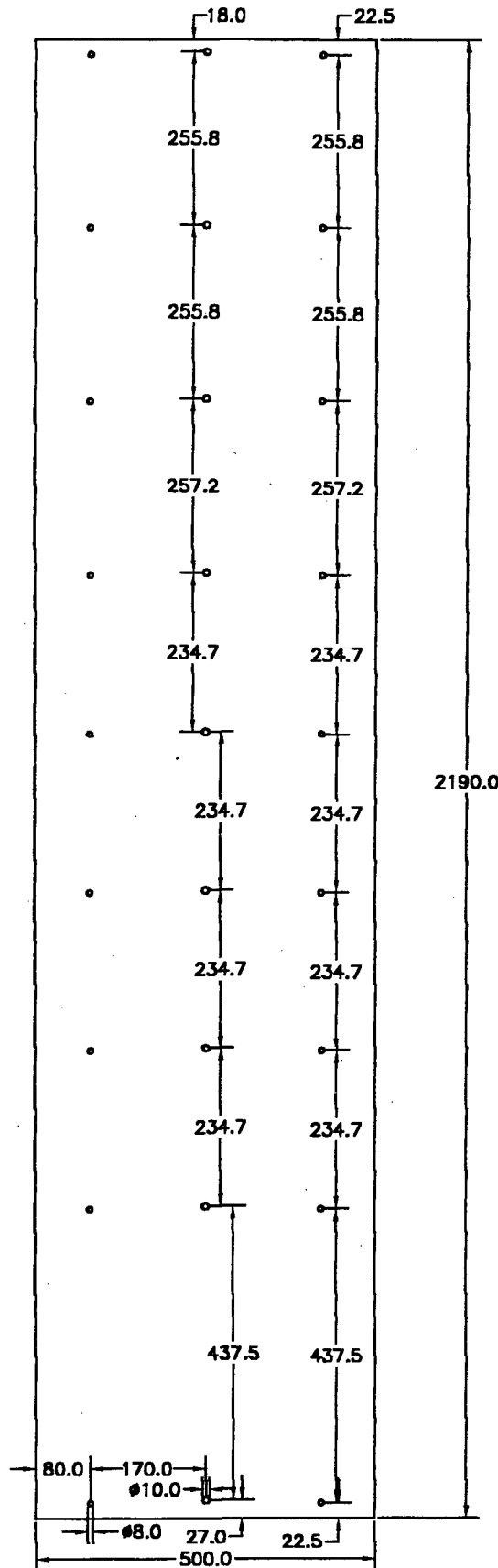
BIBLIOGRAFIA

- [1] "SANTA CATARINA É O PÓLO MOVELEIRO NO PAÍS". INFORME ESPECIAL - Diário Catarinense : Florianópolis : 24 set. 1996.
- [2] BIANCHI, K. E.. "CONCEPÇÃO DE UMA MÁQUINA CNC PARA MEDIÇÃO E USINAGEM DE MADEIRA". Dissertação - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - CPGEM, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC : Florianópolis :ago. 1996.
- [3] BACK, N.; FORCELLINI, F.. "NOTAS DE AULA - EMC 6609 - PROJETO PARA MANUFATURA". Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - CPGEM, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC : Florianópolis : set. 1996
- [4] PAHL, G.; BEITZ, W.. "ENGINEERING DESIGN - A SYSTEMATIC APPROCH". Springer-Verlag : London : 1996.
- [5] PUGH, S.. "TOTAL DESIGN - INTEGRATED METHODS FOR SUCESSFUL PRODUCT ENGINEERING". Addison-Wesley Publishing Company : 1990.
- [6] ERIXON, G.; BJÖRN, Ö.. "SYNTHESIS AND EVALUATION TOOL FOR MODULAR DESIGN". ICED : 1993.
- [7] ERIXON, G.; VON YXKULL, A.; ARNSTRÖM, A .. "MODULARITY - THE BASICS FOR PRODUCT AND FACTORY REENGINEERING". CIRP : 1996.
- [8] PAIM S., N. DE. " A TRANSIÇÃO DA EMPRESA DE MÓVEIS DE PRODUÇÃO SOB MEDIDA PARA A PRODUÇÃO EM SÉRIE". Departamento de Ciências Econômicas e Administrativas, Universidade de Caxias do Sul : Bento Gonçalves : 1995.
- [9] BERNARDI, R.. "ESCOLARIDADE E PRODUTIVIDADE NA INDÚSTRIA MOVELEIRA DE BENTO GONÇALVES". Departamento de Ciências Econômicas e

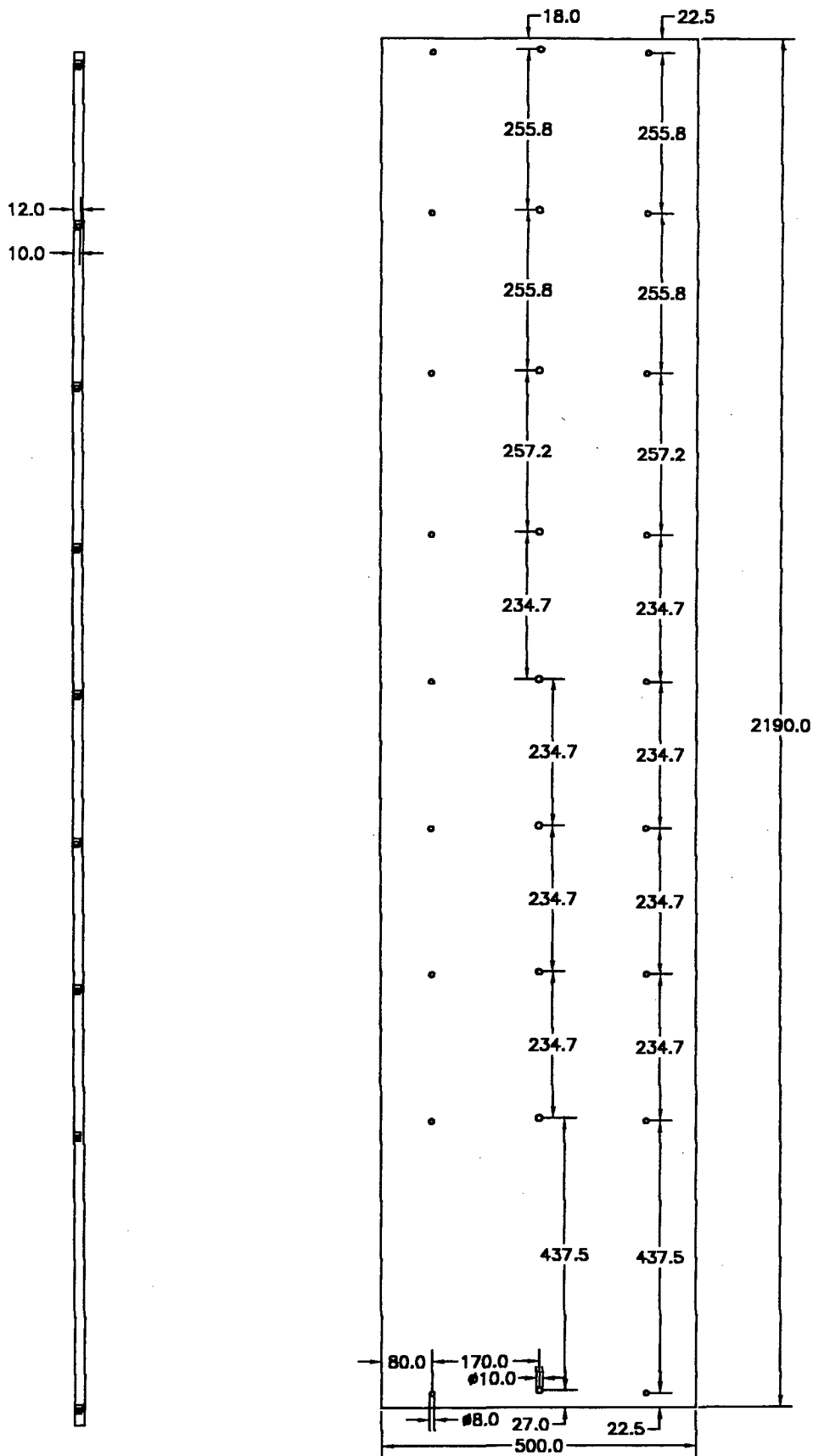
- Administrativas, Universidade de Caxias do Sul : Bento Gonçalves : 1995.
- [10] RANGEL S. de, A.. "ESTUDO DA COMPETITIVIDADE DA INDÚSTRIA DE MÓVEIS DE MADEIRA". ABIMÓVEL : São Paulo : 1993.
- [11] HUNDAL, M. S.. "ENGINEERING AND MANAGEMENT FOR RAPID PRODUCT DEVELOPMENT". ICED : 1993.
- [12] CHAL, J.. "A CONNECTION AS A ORGAN OF A TECHINAL SYSTEM". ICED : 1995.
- [13] HUBKA, V.; EDER, W.E; " THEORY OF TECHNICAL SYSTEM: A TOTAL CONCEPT THEORY FOR ENGINEERING DESIGN". Spingler-Verlag : Germany : 1988.
- [14] MASSISA. "'PROCESSAMENTO DO MDF". CATÁLOGO FORNECIDO PELA EMPRESA NA FIMMA 97.
- [15] FERREIRA, M. G. G.. "UTILIZAÇÃO DE MODELOS PARA A REPRESENTAÇÃO DE PRODUTOS NO PROJETO CONCEITUAL". Dissertação - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - CPGEM, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC : Florianópolis : jun. 1997.
- [16] OGLIARI, A.; "SACPRO: SISTEMA DE APOIO A CONCEPÇÃO DE PRODUTOS". Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - CPGEM, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC : Florianópolis.: 1998.
- [17] PIZZATTO, A.; " GPFAICLASS - UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA A CODIFICAÇÃO DE PEÇAS". Trabalho de Diplomação - DEMEC - UFRGS : Porto Alegre : 23 dez. 1995.

ANEXO A

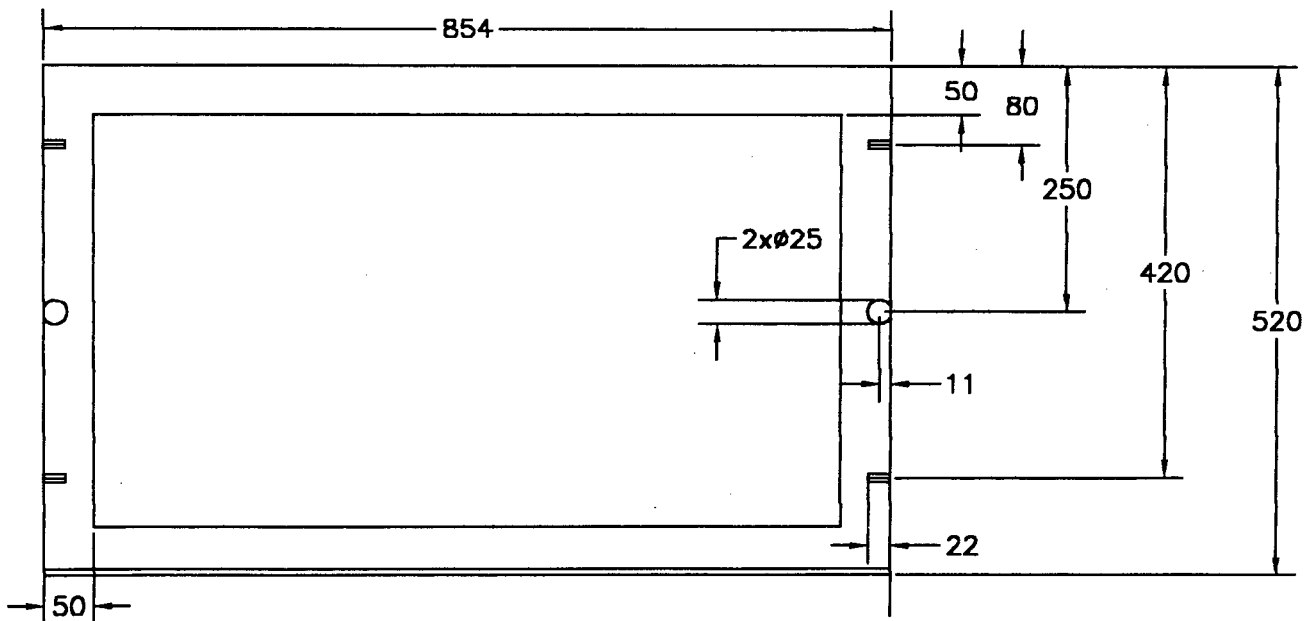
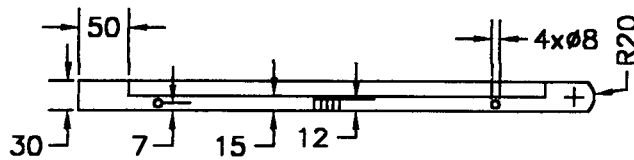
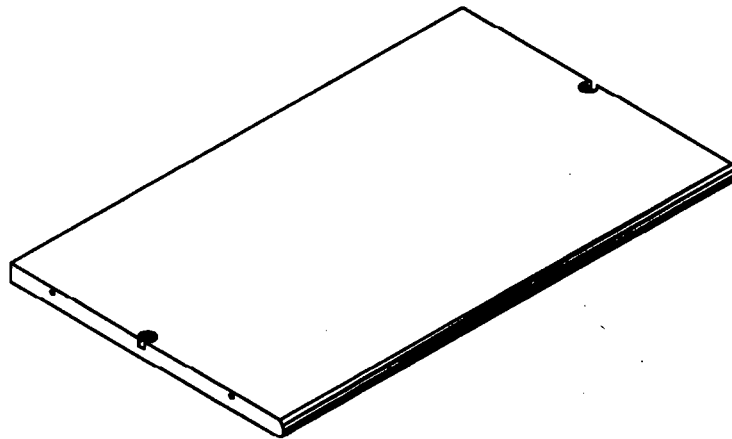
**(DESENHOS DAS PEÇAS DO ROUPEIRO MODULAR DESENVOLVIDO NO
ESTUDO DE CASO)**



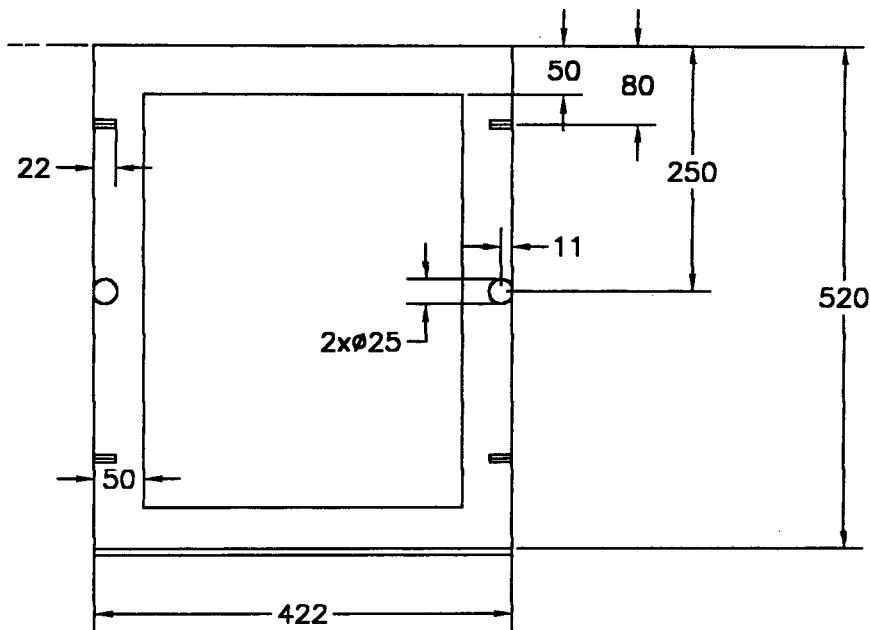
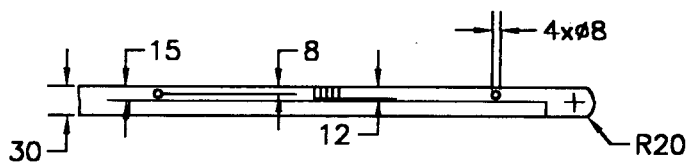
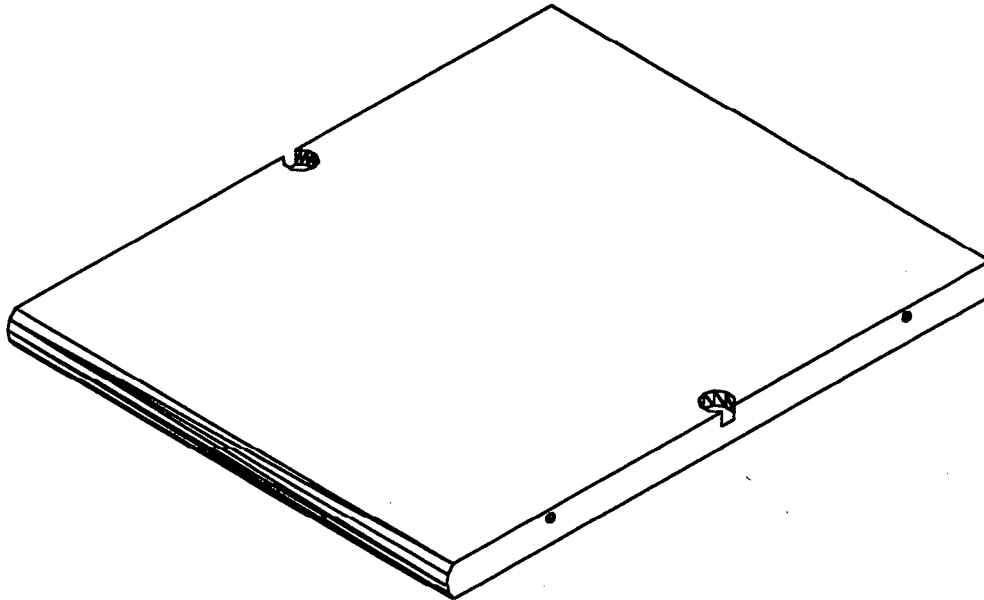
LU0001	Divisória	0001	FF-Magno	012181011101POPLU000102	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC			Dormitório POP		
ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO			NOME	Alex	DES N° 001
LP	Divisória	Var. da Lateral com furros passantes	DATA	10/97	UNIDADE mm
			ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:
			1:10		



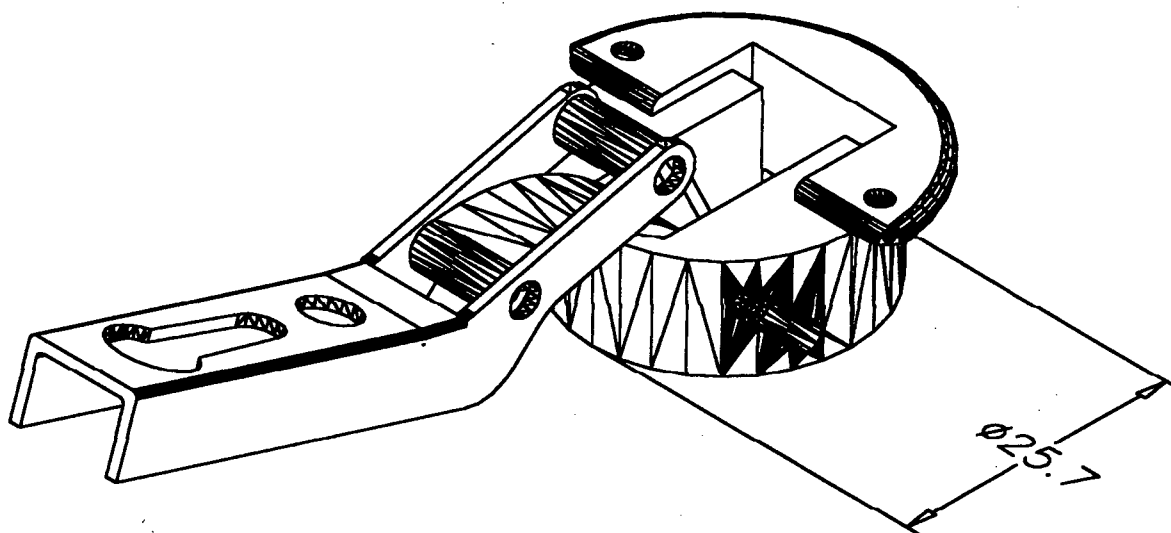
LU0001	Lateral	0001	FF-Mogno	612181011101POPLU000101	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	Dormitório POP			
LP	Lateral	NOME	Alex	DES N°	002
		DATA	10/97	UNIDADE	mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas.	
		1:10			




TU0002	Tampo Maior	0001	FF-Mogno	912163611101POPTU0002	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	Dormitório POP			
LP	Tampo Grande	NOME	Alex	DES N°	003
		DATA	10/97	UNIDADE	mm
		ESCALA	1:7.5	APROV.	Tolerâncias não especificadas:

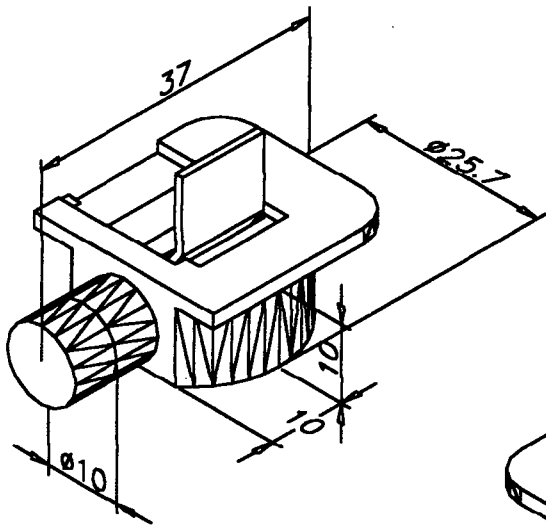
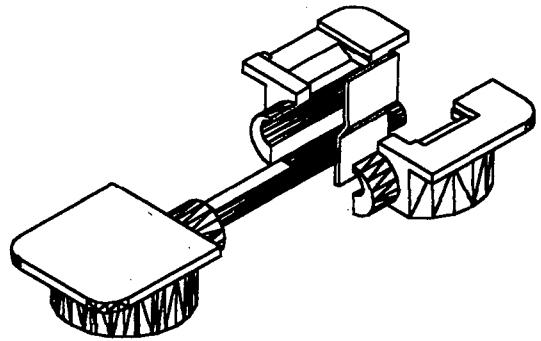
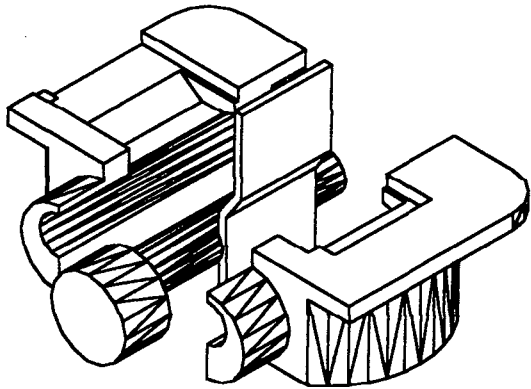


TU0001	Tampo Pequeno	0001	FF-Mogno	917448510101POPTU000101	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	Dormitório POP			
LP	Tampo Pequeno	NOME	Alex	DES N°	004
		DATA	10/97	UNIDADE	mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:	
		1:10			

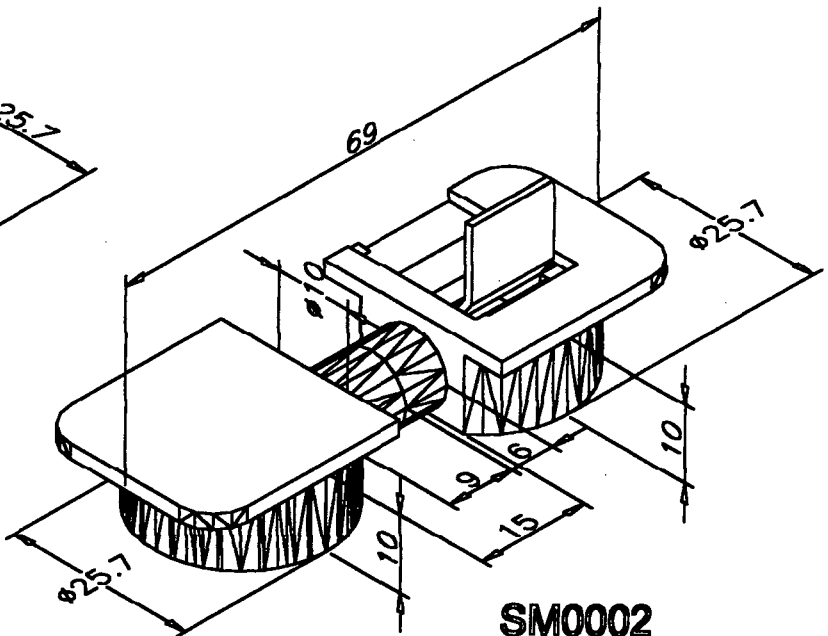


Medidas de Interesse para a Produção

DU0001	Dobradiça de copo	001	Plástico e metal	Dobradiça com dim. princ. para fab.	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO			Dormitório POP		
	Dobradiça de Copo Usada nas portas	NOME	Alex	DES N°	005
		DATA	11/97	UNIDADE	mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:	
		Sem escala			

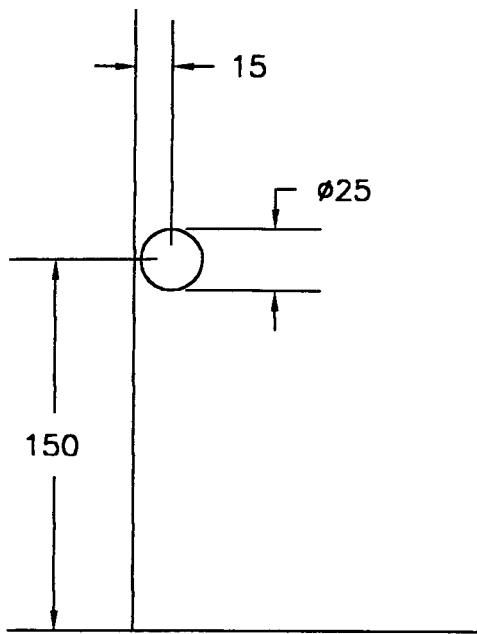


SM0001

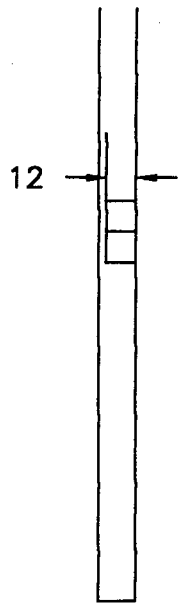


SM0002

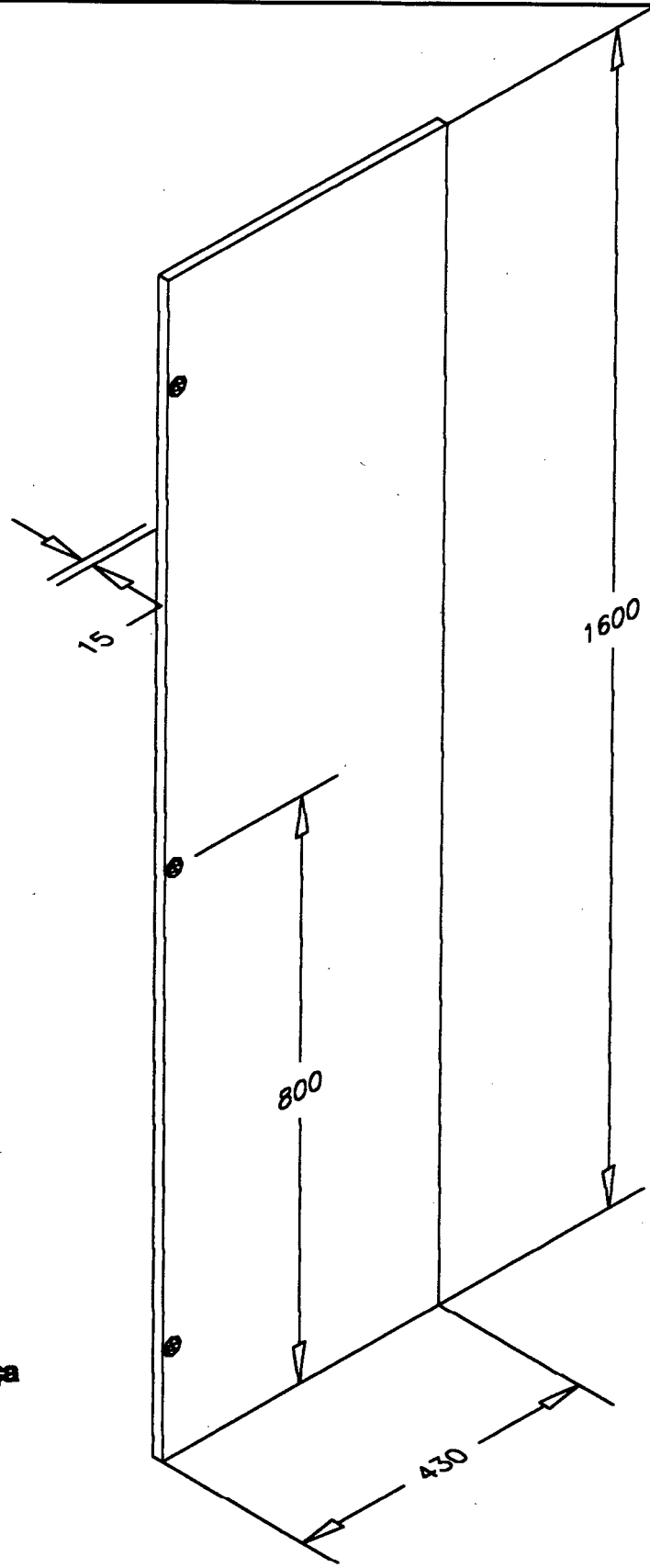
SM0001 e SM0002	Sistema de Fixação	002	Plástico - ZAC	Sistema Suíte	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	Dormitório POP			
LP	Sistema de Fixação de Chapas e Tampas	NOME	Alex	DES N°	008
		DATA	10/87	UNIDADE	mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:	
		Sem Escala			




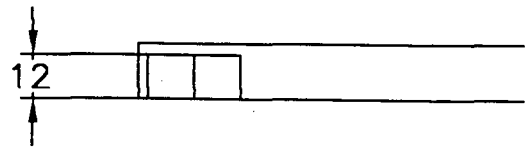
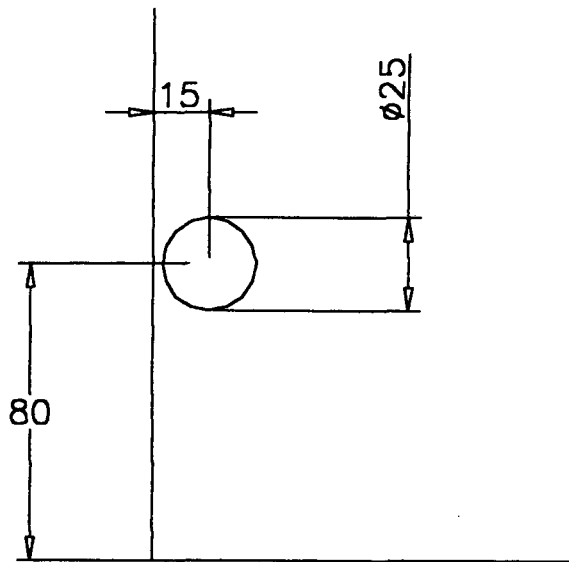
**Detalhe de Furação da Dobradiça
Escala 1:3**



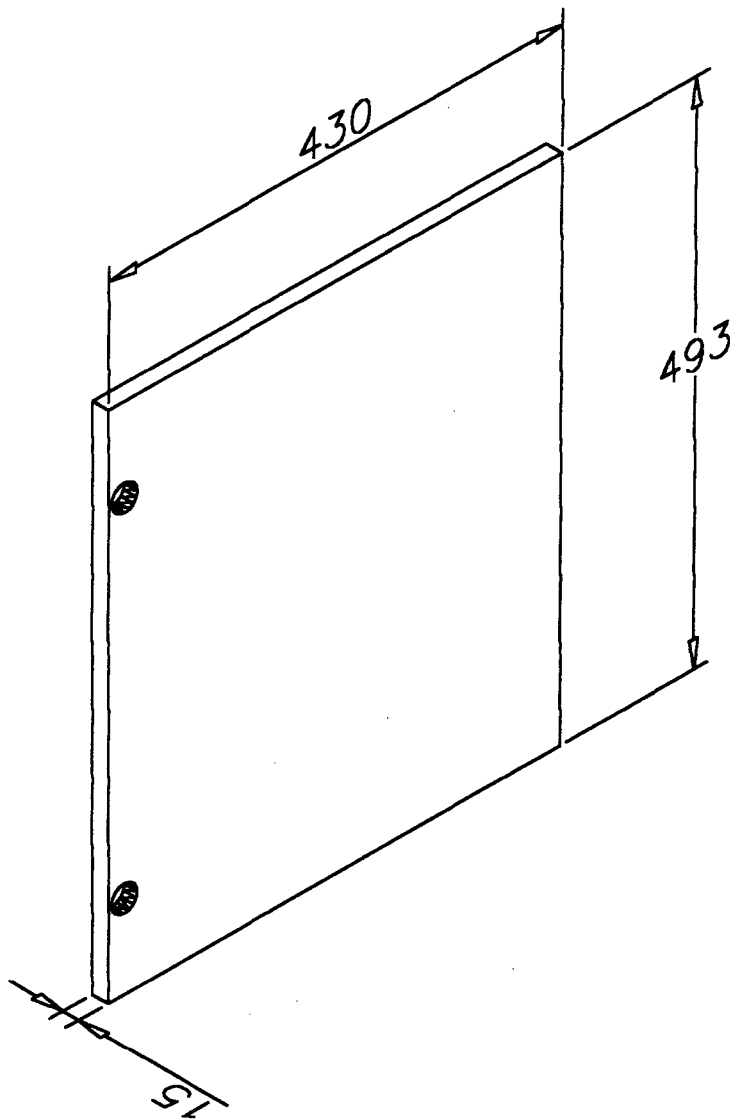
**Detalhe de Furação da Dobradiça
Escala 1:2**



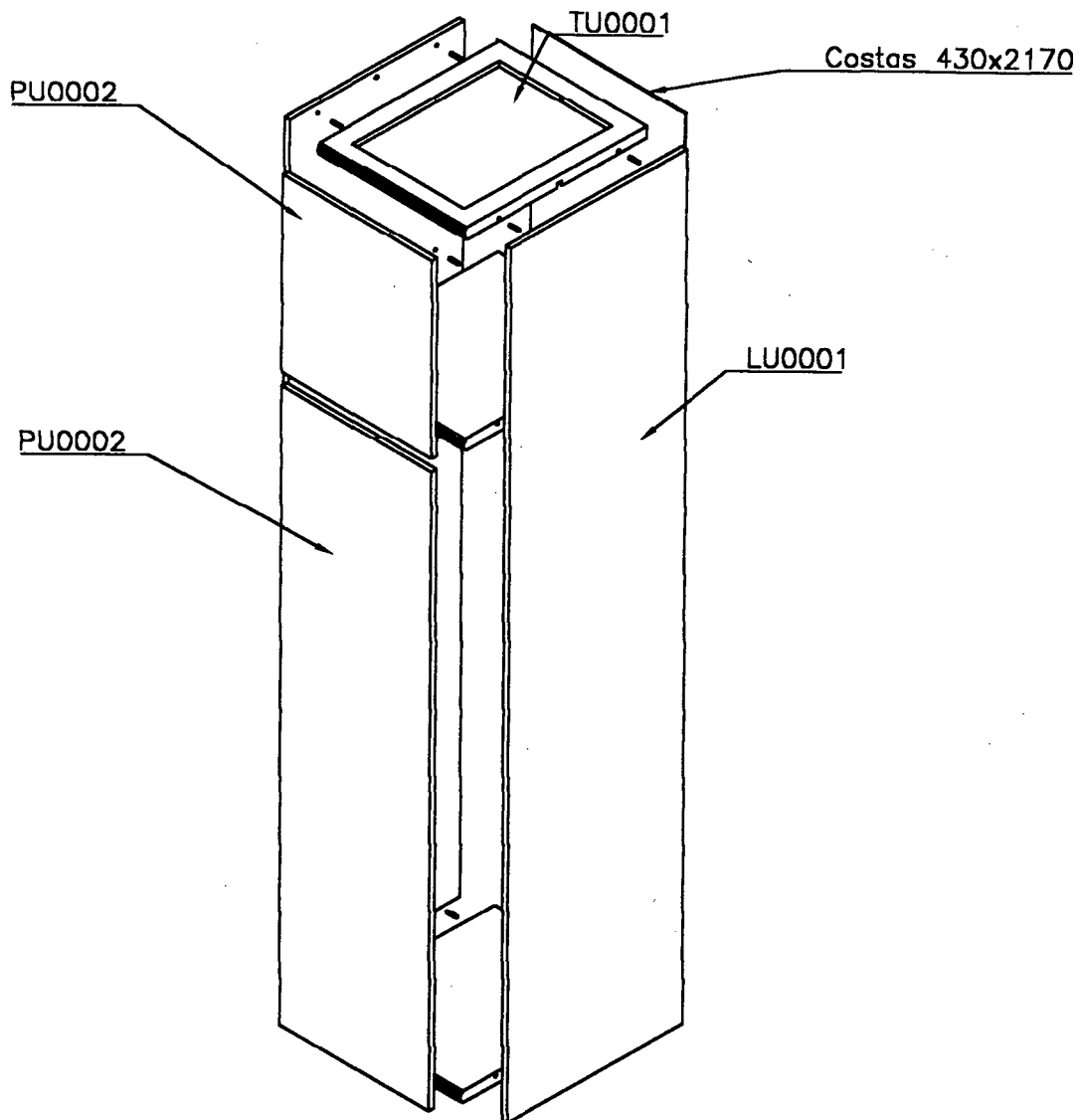
PU0001	Porta Grande	01	FF-Mogno	082168511101POPPU000101
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC			Dormitório POP	
ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO			NOME	Alex
 Módulo Porta Grande			DATA	10/97
			ESCALA	1:7.5
			APROV.	Tolerâncias não especificadas:
			DES N°	007
			UNIDADE	mm



Detalhe de Furação da Dobradiça
Escala 1:2

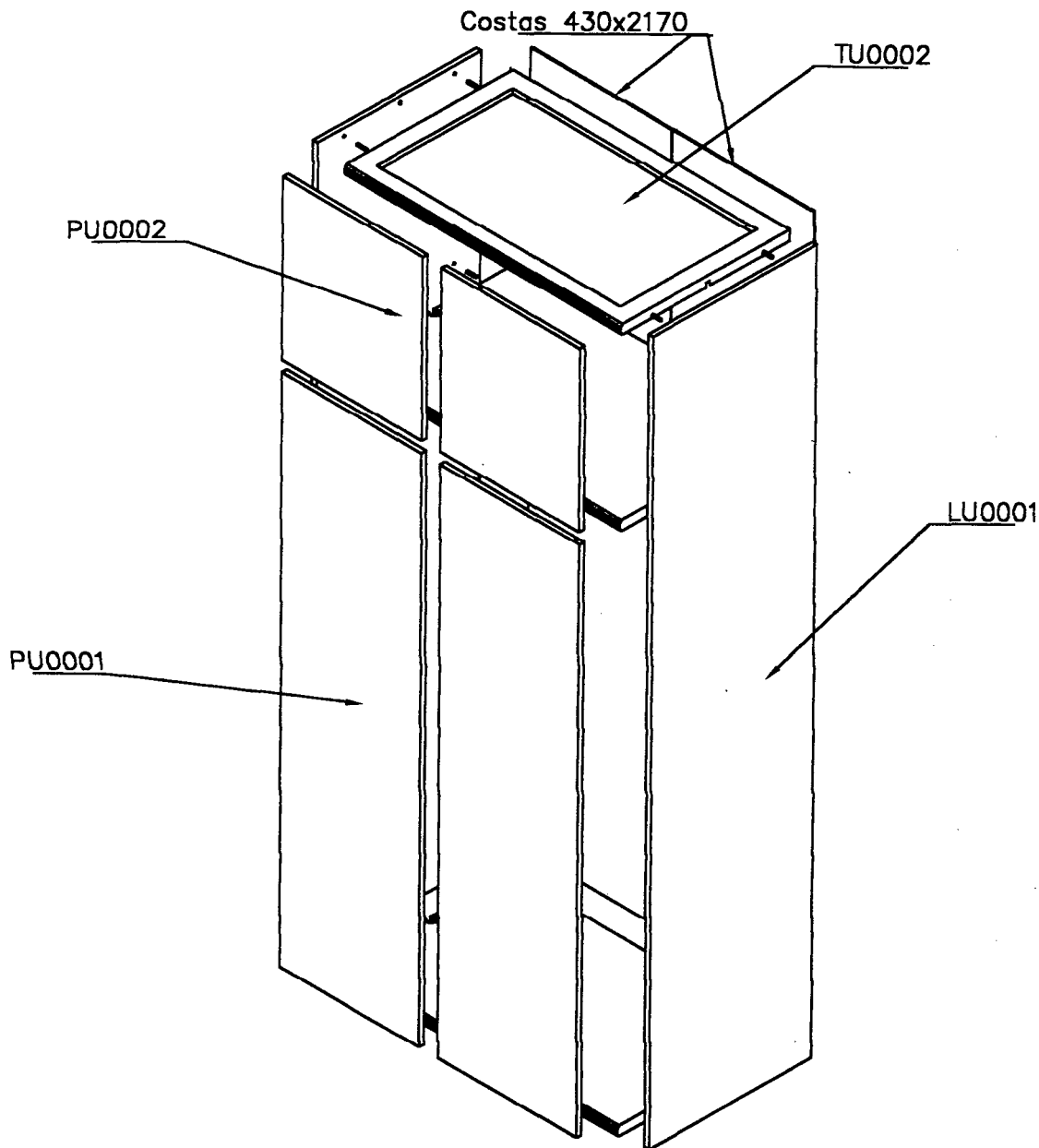


PU0002	Porta Pequena	01	FF-Mogno	042148511101POPPU000201	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	Dormitório POP			
LP	Porta Menor	NOME	Alex	DES N°	008
		DATA	10/97	UNIDADE	mm
		ESCALA	1:5	APROV.	Tolerâncias não especificadas:
	-				



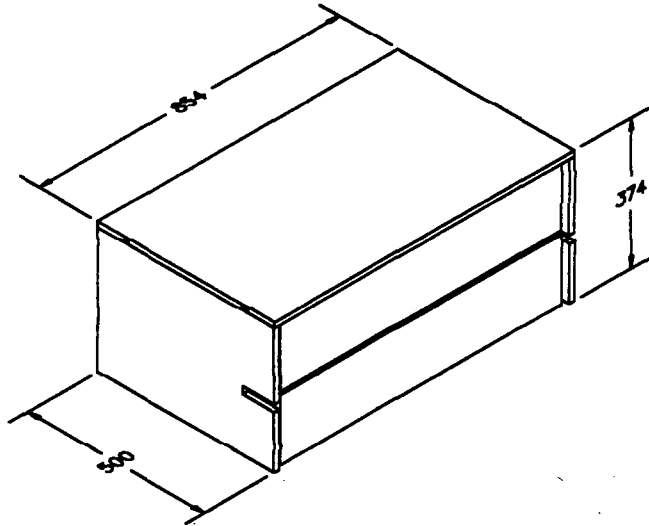
	Pregos 10x3	14	Metal	para a fixação das costas
	Costas 430x2170	01	Madeira Mogno	
PU0002	Porta Pequena	01	FF-Mogno	
PU0001	Porta Grande	01	FF-Mogno	
DU0001 ou DU0002	Sistema de Fixação	06	Plástico e ZAC	o uso de plástico depende do fabricante
DU0001	Dobradiça de Copo	05	Plástico e Aço	
TU0001	Tampo Pequeno	03	FF-Mogno	
CAVILHA ou CAVILHAS	Cavilha	06	Madeira	
LU0001	Lateral	02	FF-Mogno	Pode ser dividida
MOD0001	Módulo Pequeno	0028	FF-Mogno	Módulo Estrutural
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC		ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		Dormitório POP			
LP	Módulo Pequeno			NOME	Alex	DES N°	008
				DATA	11/97	UNIDADE	mm
				ESCALA	1:20	APROV.	Tolerâncias não especificadas

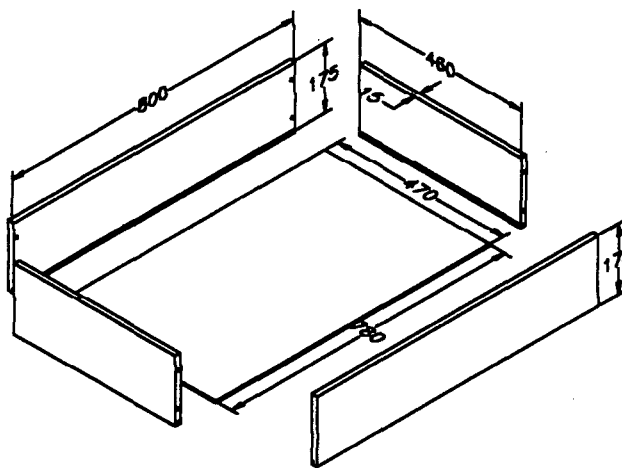


	Perfil em "H"	2	Plástico	para a fixação das costas
	Pregos 10x3	18	Metal	para a fixação das costas
	Costas 430x2170	02	Madeira Mogno	
PU0002	Porta Pequena	02	FF-Mogno	
PU0001	Porta Grande	02	FF-Mogno	
DU0001 ou DU0002	Sistema de Fixação	06	Plástico e ZAC	O uso de ZAC depende do Montagem
DU0001	Dobradilha de Copo	10	Plástico e Aço	
TU0002	Tampo Grande	03	FF-Mogno	
Costas ou Cavilha	Cavilha	06	Madeira	
LU0001	Lateral	02	FF-Mogno	Pode ser divisória
MOD0002	Módulo Grande	001	FF-Mogno	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

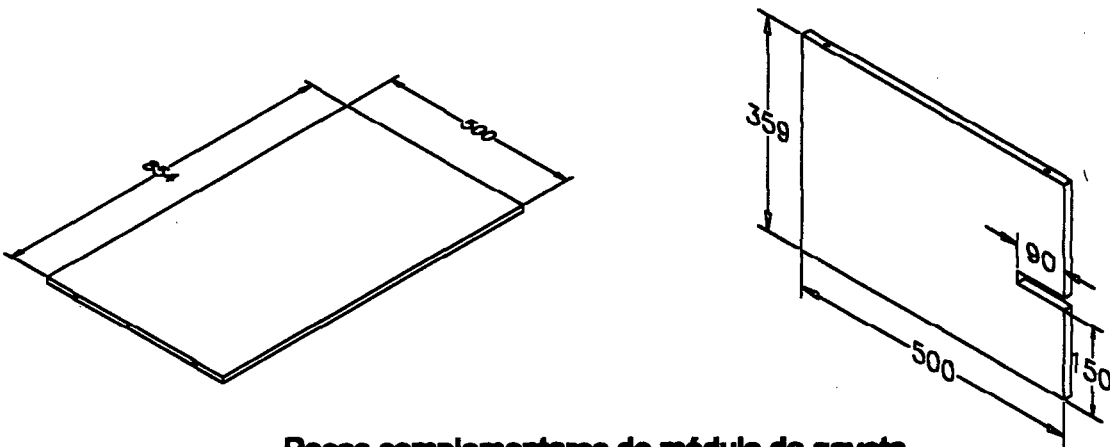
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		Dormitório POP		
LP	Módulo Grande	NOME	Alex	DES N° 0010
		DATA	10/97	UNIDADE mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:
		1:15		



Módulo de Gavetas com suas dimensões principais

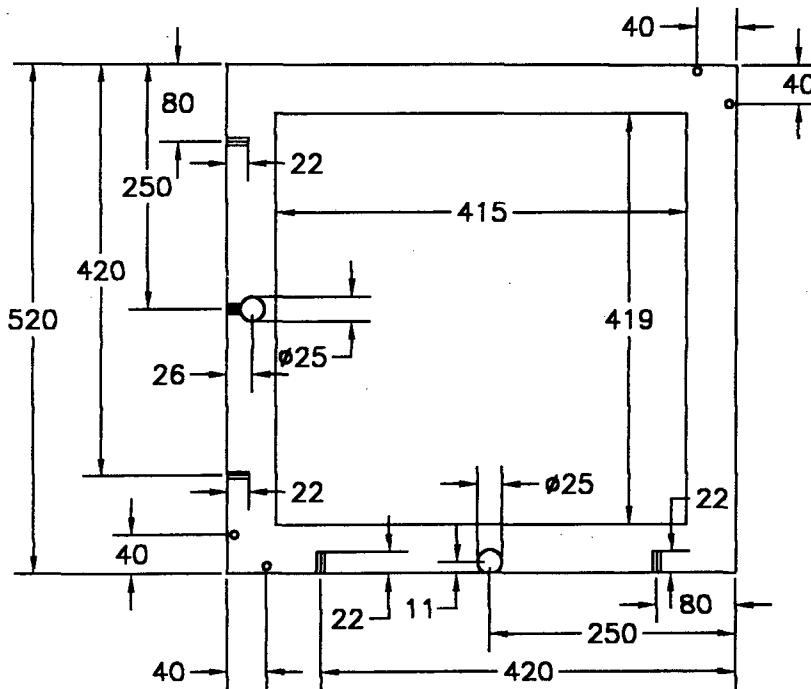
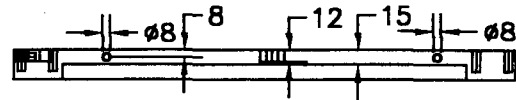
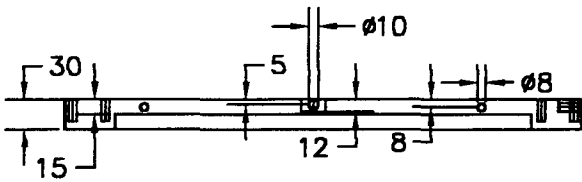
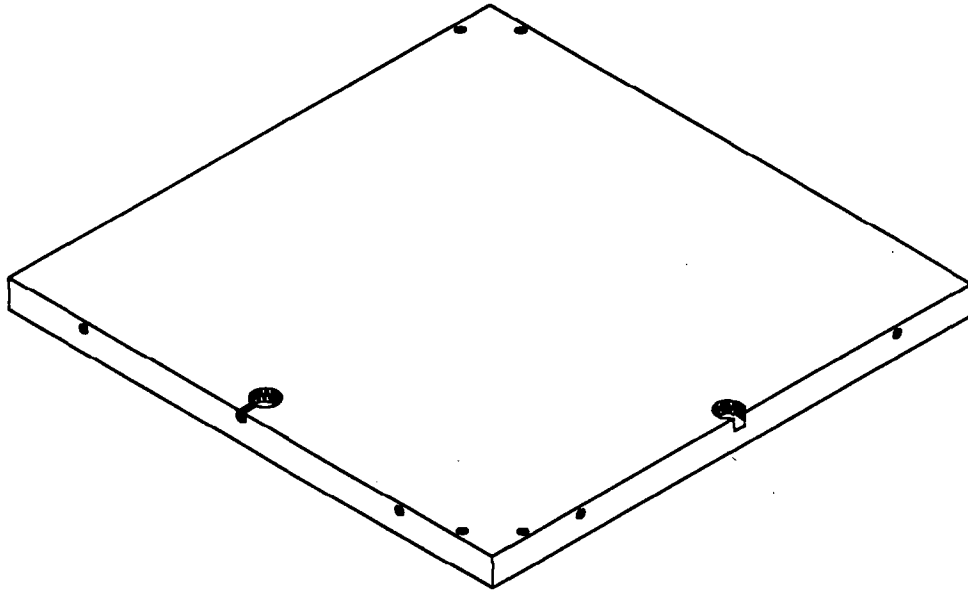


Gaveta com suas peças principais e suas medidas

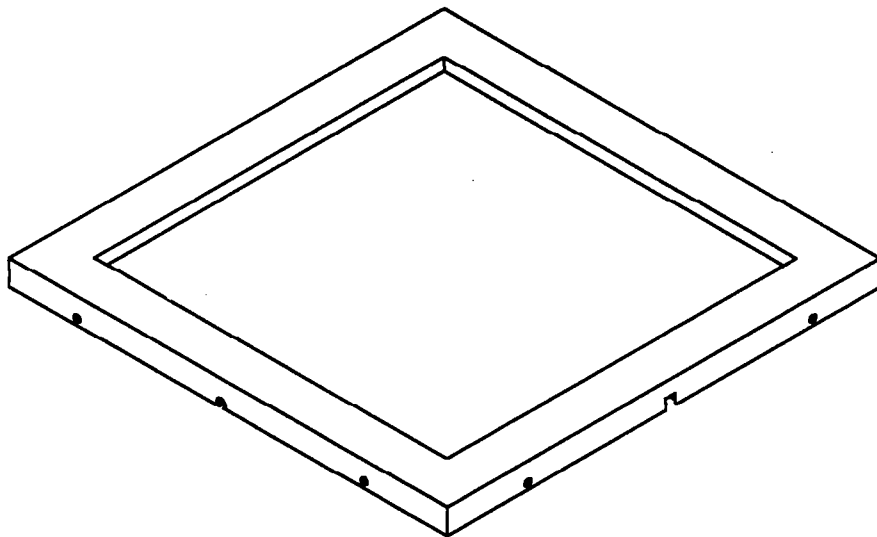
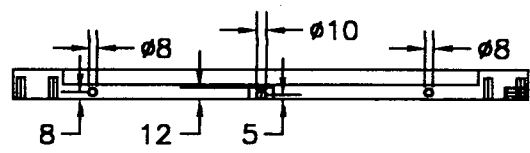
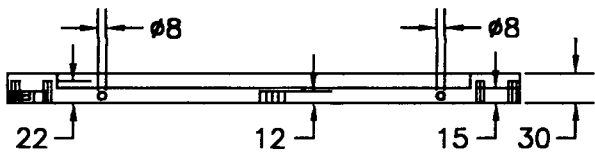
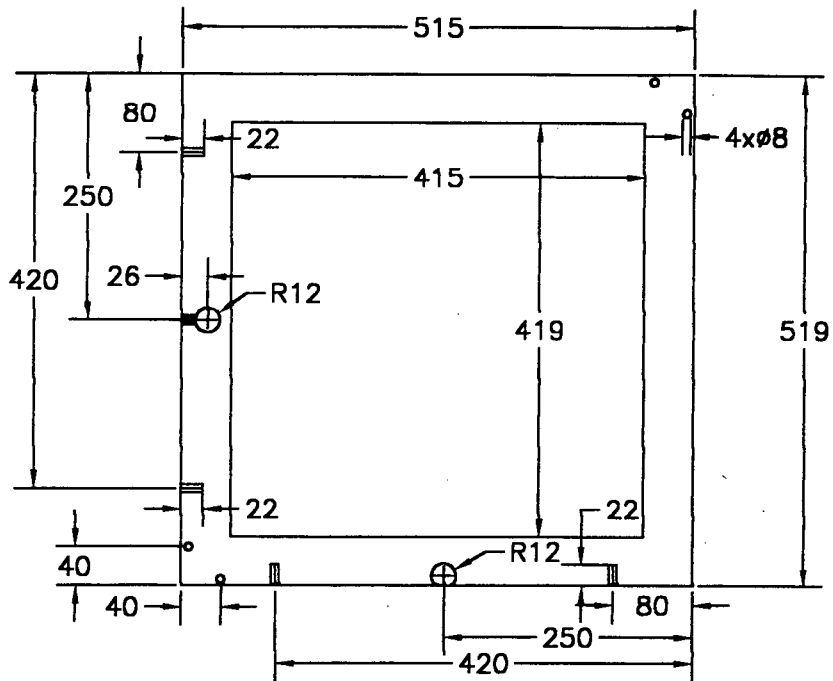


Peças complementares do módulo de gaveta

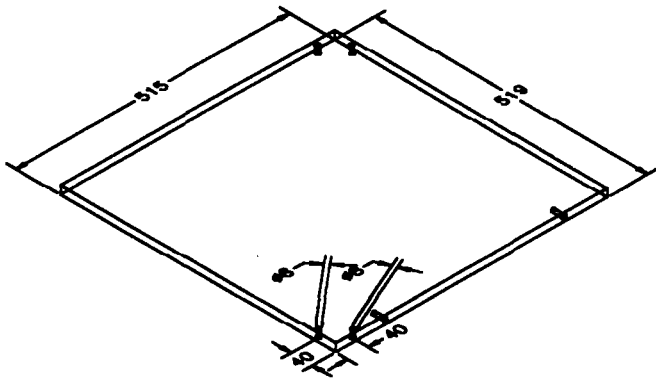
GU0001	Módulo de Gavetas	0001	FF-Mogno	Peças com Medidas Principais		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		Dormitório POP			
LP	Módulo de Gavetas		NOME	Alex	DES N°	0011
			DATA	10/87	UNIDADE	mm
			ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:	
			1:10			



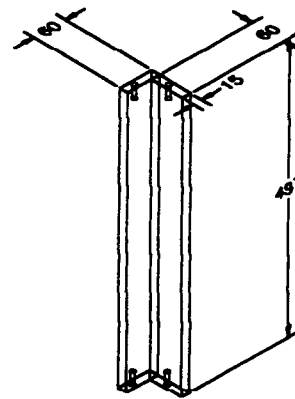
TC0002	Tampo Inferior do Canto	001	FF-Mogno	817248411101POPTC000201	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	Dormitório POP			
LP	Tampo Inferior do Canto	NOME	Alex	DES N°	0012
		DATA	10/97	UNIDADE	mm
		EBCALA	1:7.5	APROV.	Tolerâncias não especificadas.



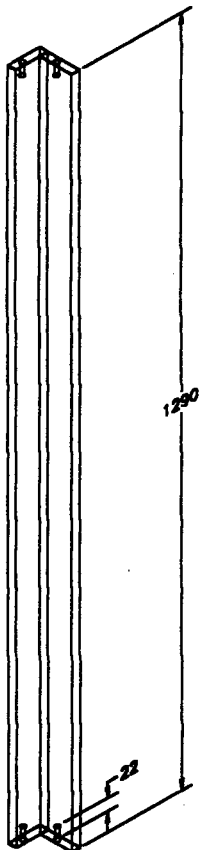
TC0001	Tampo de Canto Superior	001	FF-Mogno	917249411101POPTC000101	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	Dormitório POP			
LP	Tampo de Canto Superior	NOME	Alex	DES N°	0013
		DATA	10/97	UNIDADE	mm
		ESCALA	1:7.5	APROV.	Tolerâncias não especificadas:



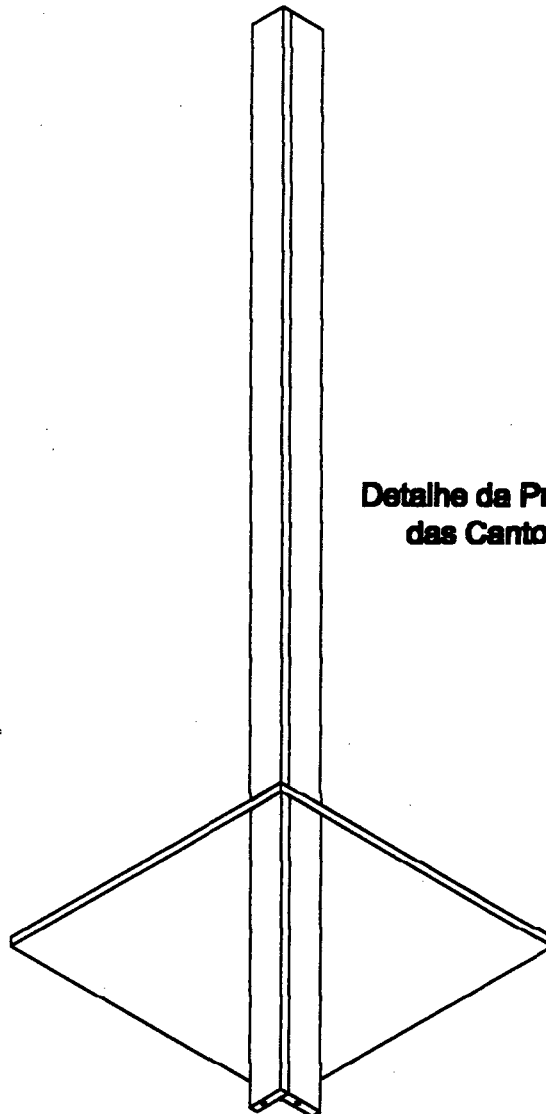
Prateleira Inferior do Módulo de Canto



Cantoneira Menor de Suporte da Prateleira do Módulo de Canto

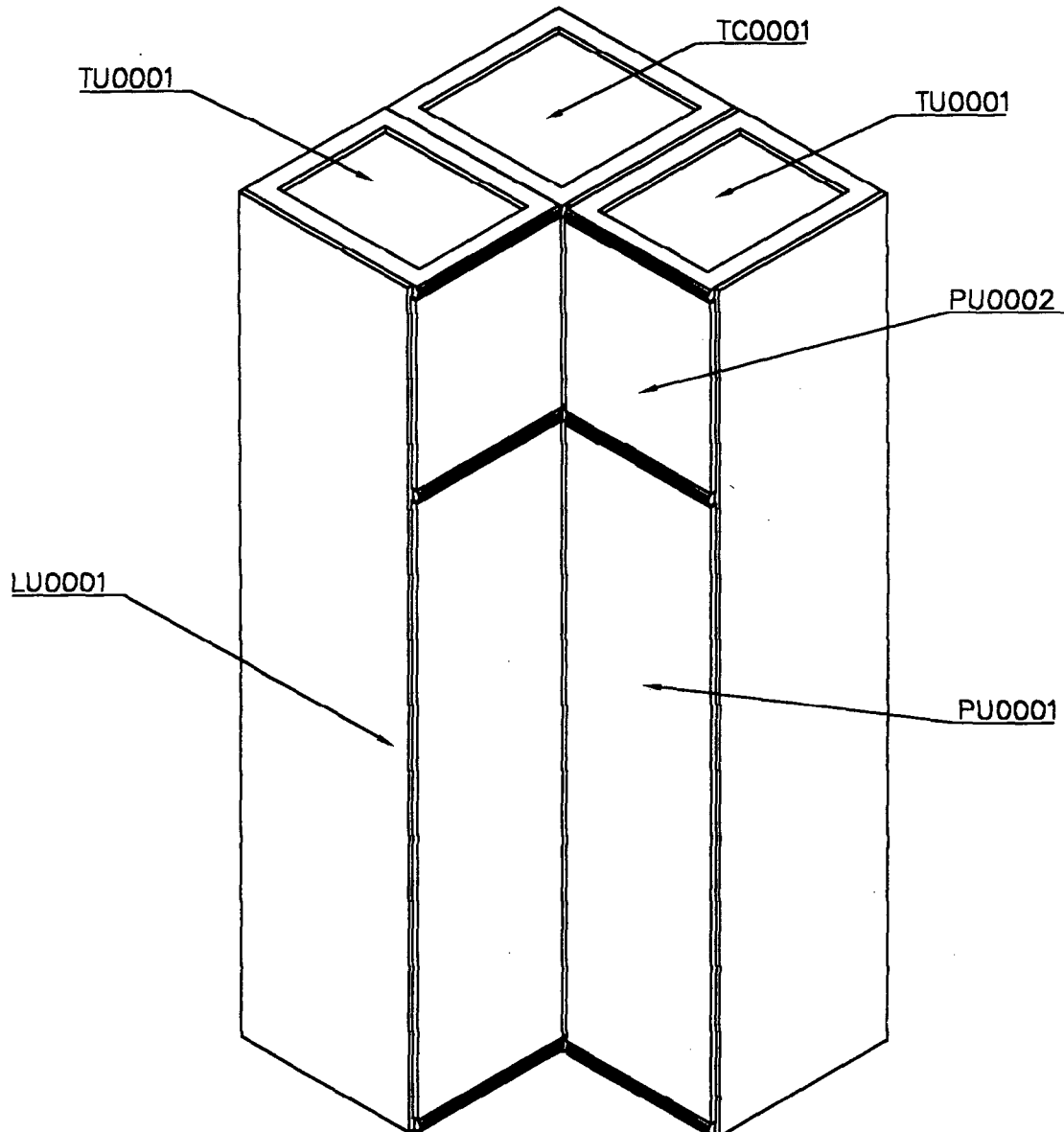


Cantoneira Maior de Suporte da Prateleira do Módulo de Canto



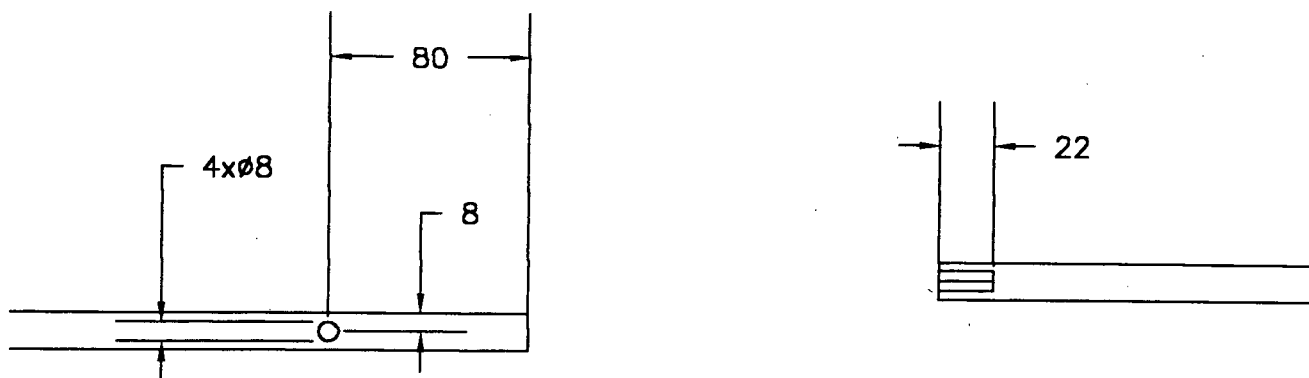
Detalhe da Prateleira e das Cantoneiras

CU0001a	Montagem Canto	0001	FF-Mogno	Montagem	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	Dormitório POP			
LP	Montagem e Medidas das Cantoneiras e Prateleira de Canto	NOME	Alex	DES N°	0014
		DATA	10/97	UNIDADE	mm
		ESCALA	1:10	APROV.	Tolerâncias não especificadas:

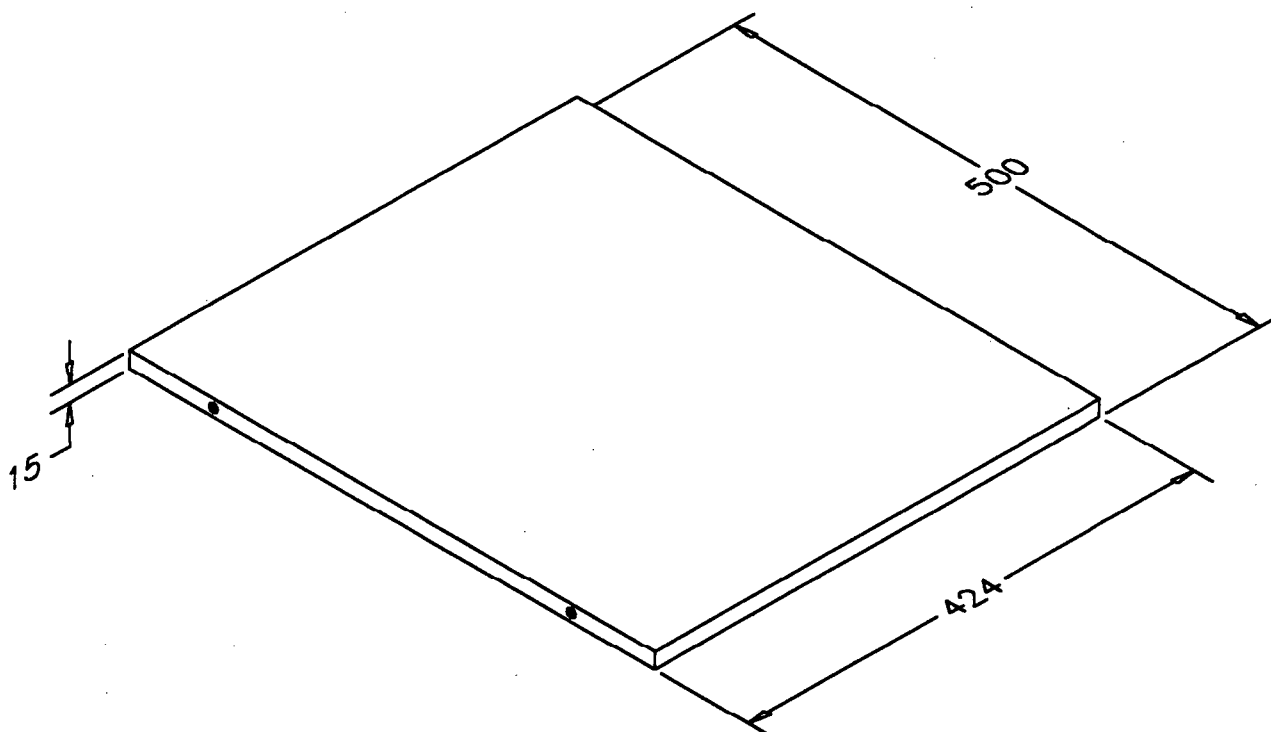


	Perfil em "H"	04	Plástico	para a fixação das costas
	Pregos 10x33	28	Metal	para a fixação das costas
	Cotas 430x2170	04	Madeira Mogno	
PU0002	Porta Pequena	02	FF-Mogno	
PU0001	Porta Grande	02	FF-Mogno	
DU0001 ou DU0002	Sistema de Fixação	12	Plástico e ZAC	O uso de outros dependentes da Montagem
DU0001	Dobradiça de Copo	10	Plástico e Aço	
TU0001	Tampo Pequeno	06	FF-Mogno	
Cavilhas ou Cavilhas	Cavilha	24	Madeira	
LU0001	Lateral	03	FF-Mogno	Pode ser divisória
MOD0003	Módulo de Canto	0001	FF-Mogno	Módulo Estrutural
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

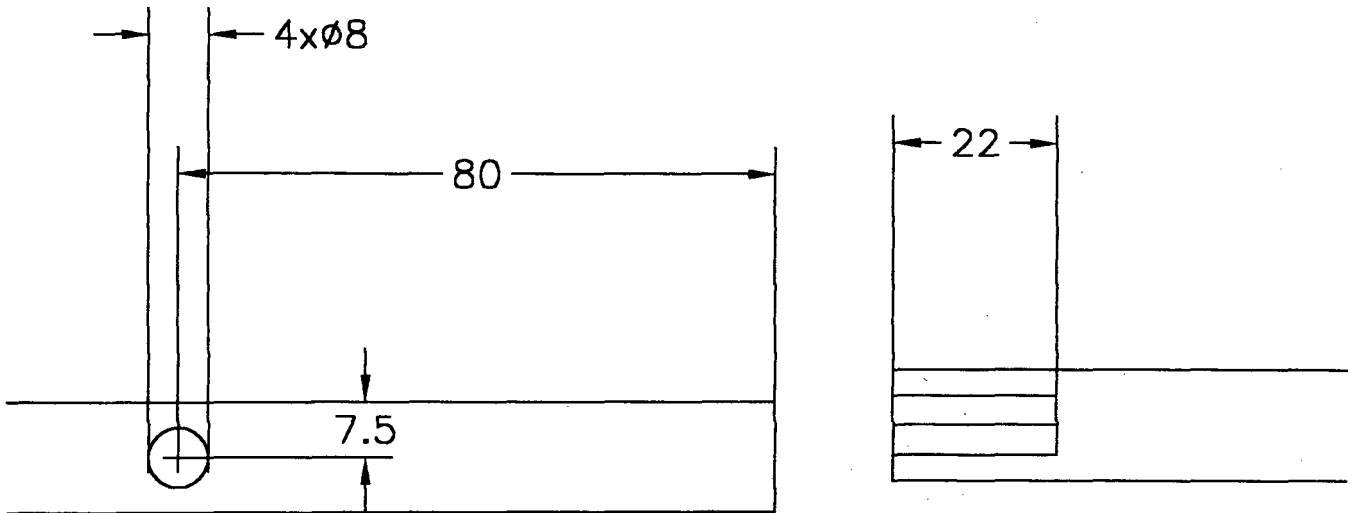
UFSC		ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		Dormitório POP		
LP	Módulo de Canto		NOME	Alex	DES N°	0015
			DATA	11/87	UNIDADE	mm
			ESCALA	1:15	APROV.	Tolerâncias não especificadas:



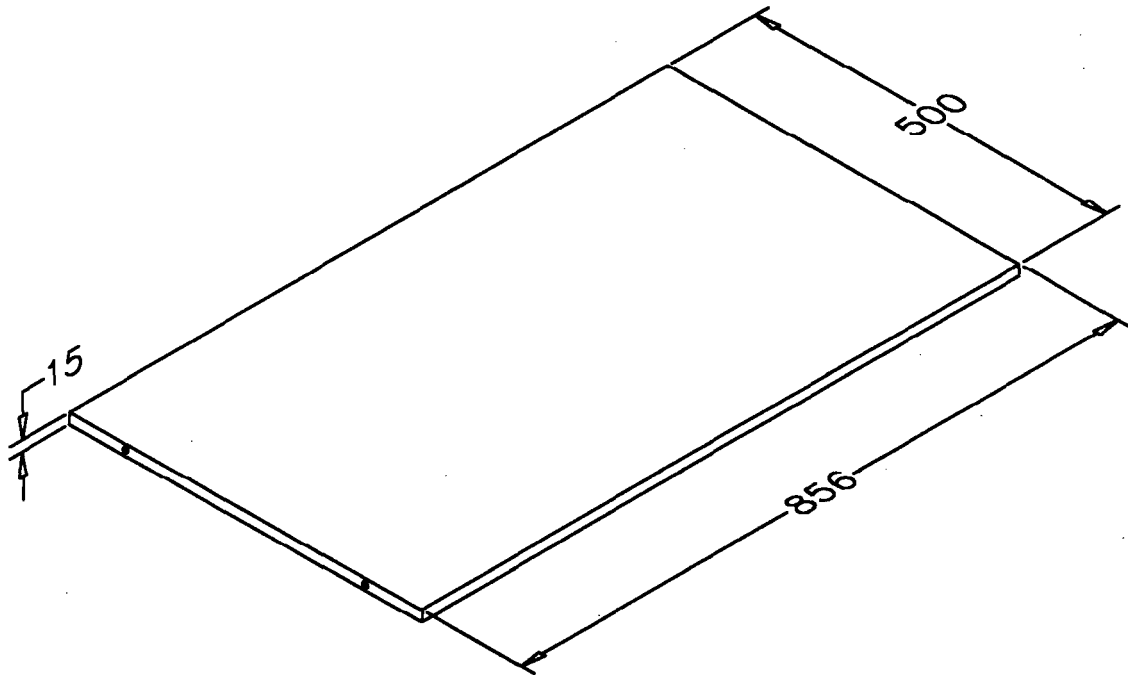
Detalhes da Furação da Prateleira
ESCALA 1:3



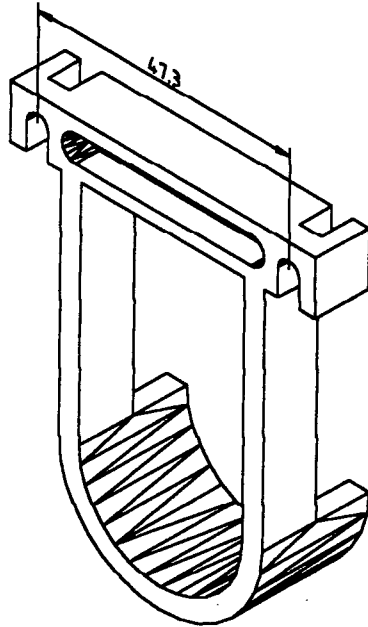
PT0002	Prateleira Menor	0001	FF-Mogno	942148511101POPPT000101		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		Dormitório POP			
LP	Prateleira Menor		NOME	Alex	DES N°	0018
			DATA	10/97	UNIDADE	mm
			ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:	
		1:5		-		



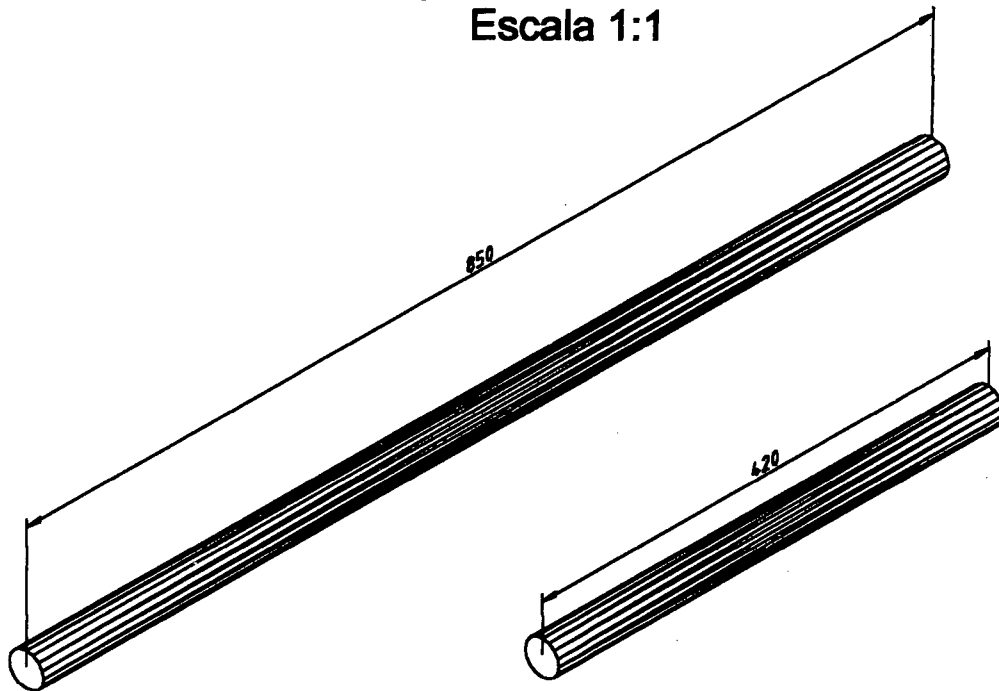
Detalhe da Furação da Prateleira Maior
Escala 1:2



PT0002	Prateleira Menor	0001	FF-Mogno	814263671101POPPT000101	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	Dormitório POP			
LP	Prateleira Maior	NOME	Alex	DES N°	0017
		DATA	10/97	UNIDADE	mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:	
		1:7.5			



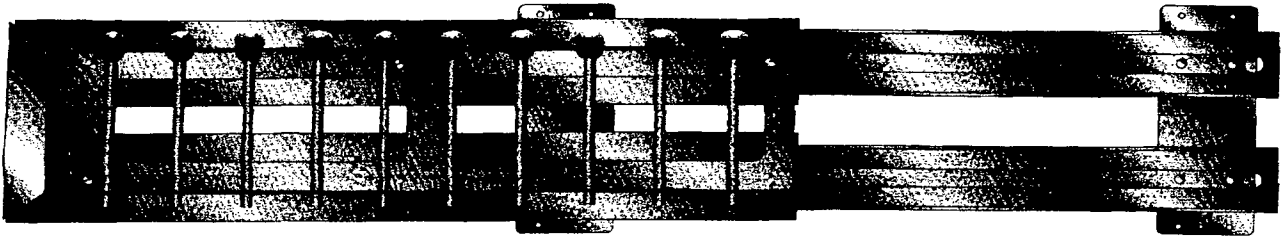
Suporte do Cabideiro
Escala 1:1



Cabideiros para Módulos Pequenos e Grande
Escala 1:10

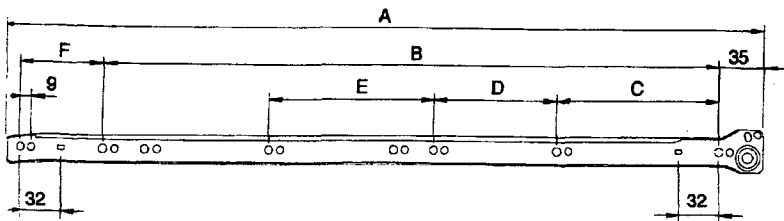
CB0001	Cabideiro	003	Plástico - Madeira	Para Mód. Peq. e Grandes	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC			Dormitório POP		
ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO					
LP	Cabideiro	NOME	Alex	DES N°	0018
		DATA	10/97	UNIDADE	mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:	
		1:10			

Calceiro Deslizante TT10902

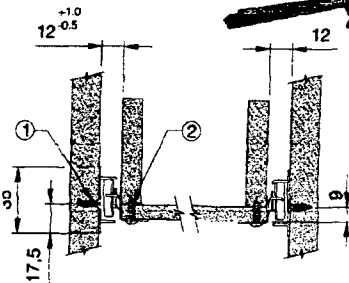


Dimensões do Calceiro Montado

PROFUNDIDADE	485 mm
ALTURA	160 mm
LARGURA	410 mm
CURSO	315 mm



Referência	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"
TTS 170 300	300	224	128	-	-	32
TTS 170 350	350	224	128	-	-	32
TTS 170 400	400	320	128	96	-	32
TTS 170 450	450	352	128	96	-	32
TTS 170 500	500	352	128	96	-	36
TTS 170 550	550	352	128	96	-	36
TTS 170 600	600	480	128	96	128	64



Corrediça de Simples Apoio TTS170

Aplicáveis em gavetas que não necessitam de abertura total, apresentando rampa de fechamento (Self Closing) e perfil "Captive" que compensa folgas entre a gaveta e o nicho. Fabricado em chapa de aço 1,00mm. com acabamento em epoxi. Possui deslizamento suave através de roldanas. De fácil montagem, pois seus perfis são parafusados individualmente na base da gaveta e nas laterais no nicho. Projetados para suportar uma carga de até 20kg por par.

- 1 - Parafuso cabeça chata AA 3,5
2 - Parafuso cabeça panela AA 3,5

CR0001 CL0001	Calceiro e Corrediça	0002	Aço	Material adquirido	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	Dormitório POP			
LP	Calceiro Corrediça	NOME	Alex	DES N°	0019
		DATA	10/97	UNIDADE	mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:	
-	-	-	-	-	

ANEXO B

B1 DADOS TÉCNICOS PARA O PROCESSAMENTO DE MADEIRA AGLOMERADA

Para o corte com serras circulares, devem-se utilizar ferramentas de metal duro com rotações de 2800 a 5000 R.P.M.; com diâmetro de 255 a 305mm e espessuras entre 3.2 e 3.5mm, não podendo ser usinados.

Na furação, as rotações devem ser da ordem de 4000 a 5000 R.P.M. e as bordas das brocas devem ser de aço rápido ou metal duro, com calços ou sapatas de pressão.

Nas conexões com parafusos, devem-se usar parafusos de rosca soberba, auto-ataraxantes de cabeça chata e outros dispositivos adequados à fixação em painéis de madeira aglomerada.

Quanto ao manuseio e uso da madeira aglomerada, devem ser evitados atritos que possam danificar as superfícies da chapa e não deixar as chapas expostas diretamente à luz do sol para evitar empenamentos e alteração da tonalidade das superfícies. Devem ser armazenadas em pilhas na horizontal, sobre base nivelada e em local coberto, protegido das intempéries. Devem ser evitados locais com excesso de umidade, pois podem surgir empenamentos e fungos, além de alterações dimensionais devido à absorção de água.

Para a limpeza do BP, é aconselhado somente o uso de pano umedecido com água. Quando necessário, adiciona-se detergente líquido ou, em caso de manchas, usa-se pano com álcool ou removedor de manchas. Não devem ser usados produtos abrasivos.

B.2 DADOS TÉCNICOS PARA O PROCESSAMENTO DE MDF

A usinagem e corte de MDF deve ser feita com máquinas-ferramentas, velocidades de corte e avanço iguais às do aglomerado. As partes ativas das ferramentas de metal duro são mais recomendadas, pois apresentam um menor desgaste. Serras de fita e serrotes com muitas travas não são aconselhados, pois podem causar lascamentos. no corte de peças. Para processamento posterior, pode-se utilizar serra circular do tipo universal, com espessuras de corte entre 3.2 a 4.0mm, como é mostrado na tabela B.1:

TABELA B. 1- Relação entre número de dentes e espessura com diâmetros de serras circulares [14].

Serras Circulares para MDF		
Diâmetro(mm)	Nº de Dentes(Z)	Espessura(mm)
250	40	3.2
300	48	3.2
350	56	3.6
400	60	4.0

Já para cortes finais, em esquadrejadeiras convencionais sem serra riscadora, é necessário uma serra com maior número de dentes (Z) e com espessura de corte entre 3.2 e 3.6mm, como é mostrado na tabela B.2.

TABELA B. 2 - Relação entre diâmetro, espessura e número de dentes para esquadrejadeiras convencionais sem serra riscadora [14].

Diâmetro(mm)	Espessura de Corte(mm)	Número de Dentes(Z)
300	3.2 a 3.6	72 a 96
350	3.2 a 3.6	84 a 108

Para uma melhor qualidade de corte, é importante observar a altura da mesa de apoio, que deve estar entre 25 e 30mm, e velocidade de corte, entre 60 e 80 m/s.

Quando for utilizada esquadrejadeira com serra circular riscadora, o corte deve ser feito na máxima altura possível em relação à mesa de apoio. Isto evitará lascamento na parte superior da chapa.

Pequenos incrementos no ângulos de incidência usuais, mostrados na figura B.1 e na tabela B.3, garantem uma melhor remoção do pó produzido no corte, dando também maior qualidade a este.

TABELA B. 3 - Incrementos nos ângulos de dentes de serra mostrados na FIGURA 3.2 [14].

g - ângulo de ataque	10 a 15°
a - ângulo de saída	10 a 15°
b - ângulo de cunha	55 a 75°
c - ângulo de saída radial	1 a 2°
c - ângulo de saída tangencial	1 a 2°
e - ângulo de inclinação tangencial	10 a 15°

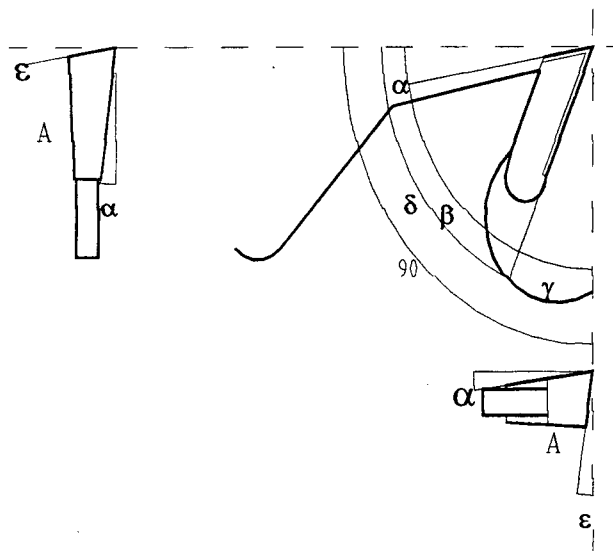


FIGURA B.1 - Ângulos da TABELA B.3 [14].

A rotação da serra (n) em R.P.M. se relaciona com seu raio (r) em cm e com a velocidade de corte (Vc) em m/s e pode ser obtida da fórmula [14]:

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{r}$$

Ou pela tabela B.4:

TABELA B. 4 - Relação de diâmetro de serra com velocidades de corte e rotações [14].

Diâmetro da serra (mm)	Rotação Ideal (R.P.M.)	
	Vc=60 m/s	Vc=80 m/s
200	5732	7643
250	4586	6115
300	3822	5096
350	3276	5096

Quando a rotação da serra (n) é fixa e se deseja ajustar a velocidade de corte (Vc), pode-se utilizar a tabela B.3:

TABELA B. 1 - Velocidades de corte para diferentes diâmetros de serra com rotação fixa.

Diâm. (mm)	rpm(x1000)													
	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0	6.0	8.0	9.0	10.0	12.0	16.0	18.0
70	5.5	7	9	1	15	16.5	18	22	30	33	36	44	60	66
80	6.5	8.5	10.5	13	17	19	21	26	34	38	42	52	68	76
90	7	9.5	12	14	19	21	24	28	38	43	48	56	76	84
100	8	10.5	13	16	21	24	26	32	42	48	52	64	84	96
120	9.5	13	16	19	26	28	32	38	52	56	64	76	100	113
125	10	13.5	16.5	19.5	27	29	33	39	54	59	66	78	108	118
140	11	15	18	22	30	33	36	44	60	66	72	88	120	132
150	12	16	20	24	31	35	39	47	63	71	79	94	125	141
180	14	19	24	28	38	42.5	48	56	76	86	96	112	152	170
200	16	21	26	32	42	47	58	64	84	94	104	128	168	188
225	18	24	30	36	48	53	60	78	96	106	120	144	192	212
250	20	26	33	40	52	59	66	80	104	118	132	106	208	236
300	24	31.5	40	48	63	71	80	96	126	142	160	192	252	284
350	28	36.5	47	56	73	83	94	112	146	166	188	224	292	332
400	32	42	54	64	84	94	108	128	168	188	216	256	336	376

Para pré-cortes, o desbaste por dente (e) pode variar de 0.12 a 0.25mm, e para cortes em bordas que são pintadas ou revestidas com fita, o desbaste por dente poderá variar entre 0.05 a 0.12 mm. Assim, a velocidade de avanço do material (V) m/min, pode ser determinada pela fórmula [14]:

$$V = \frac{e \cdot Z \cdot n}{1000}$$

e = desbaste por dente(mm)

Z = nº de dentes

n = rotação da serra(r.p.m.)

Observe sempre que esta velocidade deve ficar entre 60 e 80 m/s.

Para se recortar com serra fita estrita, a lâmina deve possuir dentes endurecidos e compasso de dentes de 5 a 6mm, e com profundidade de dentes de 5 a 6 vezes a espessura da lâmina da serra.

O trabalho com perfis e rebaixos é feito com fresas diretamente sobre as peças, que podem ser fabricadas com uma única placa, sem emendas nem encaixes. Assim, podem ser feitos tampos de mesas sem encabeçar e portas almofadadas em uma única peça. Devem-se escolher os perfis cuidadosamente, já que cantos vivos são menos resistentes ao impacto e também podem afetar a uniformidade do acabamento com pintura. Por isso, cantos boleados são os mais recomendados.

Os ângulos de corte para moldurar devem ser selecionados de modo que se obtenha uma boa qualidade de acabamento sem danificar os gumes de corte da ferramenta. Os ângulos de corte aconselhados estão na tabela B.4:

TABELA B. 2 - Ângulos adequados para ferramentas de molduramento [14].

ângulo de ataque	15 a 25°
ângulo de incidência	12 a 15°
ângulo de cunha	50 a 70°

Para haver redução de avanço do material na usinagem de perfis ou superfícies, pode-se utilizar ângulo de ataque de 0° até 10°. Geralmente ferramentas de haste normais para tupias e CNCs possuem estas características. Fresas calçadas com pastilhas de metal duro ou intercambiáveis têm maior vida útil. Quando a produção é elevada, recomenda-se o tipo P.C.D. (Diamante Policristalino), que permite maior produtividade em relação às demais ferramentas. É desaconselhável o uso de ferramentas de aço comum ou aço rápido em razão do seu rápido desgaste, o que diminui a qualidade final do trabalho.

A velocidade de avanço do material (V_a) m/min recomendada depende do número de marcas por centímetro (e), na borda ou na superfície do painel, do número de dentes (Z) e da rotação da ferramenta (n).

Os acabamentos com fresa e fresa de haste classificam-se em três níveis, como visto na tabela B.5.

TABELA B.3 - Acabamentos com fresas e fresas de haste [14].

desbaste por dente (mm)	
acabamento grosso	2.5 a 5.0
acabamento médio	0.8 a 2.5
acabamento fino	0.3 a 0.8

Para obter-se um acabamento fino, a velocidade de avanço deverá ser selecionada para produzir, no mínimo, 8 marcas por centímetro e pode ser calculada pela fórmula [14]:

$$V_a = \frac{n \cdot Z}{100 \cdot e} = \frac{8 \cdot Z}{100 \cdot e}$$

ou através das tabelas B.6 e B.7, que consideram o número de marcas e o número de dentes da fresa.

TABELA B. 4 - Velocidade de avanço para as fresas de máquinas convencionais [14].

Máquinas Convencionais			
Nº de Dentes da Fresa	Velocidade de Avanço (m/min) proporcionando 8 marcas de corte/cm:		
	3000 RPM	4500 RPM	6000 RPM
1	4	6	8
2	8	11	15
3	11	17	22
4	15	23	30
5	22	34	43

TABELA B.5 - Velocidade de avanço para fresas de tupias portáteis, superiores e CNC [14].

Tupias Portáteis, Tupias superiores e CNC			
Nº de dentes da fresa de haste	Velocidade de Avanço (m/min) proporcionando 8 marcas de corte/cm:		
	12000 RPM	18000 RPM	24000 RPM
2	30	45	60
3	45	67	90
4	60	90	120

Tanto em usinagem de bordas (perfis), como nos trabalhos em superfícies (rebaixos), recomenda-se acabamento fino.

Em tupia superior, com uma ferramenta de haste de dois gumes de corte comum à rotação $n=18000$ R.P.M., conseguem-se ótimos resultados.

Para a furação ser adequada, sem lascamento nem queima de material, deve-se operar a furadeira entre 2500 e 4000 R.P.M., retirando-se a ferramenta rapidamente para evitar o polimento das bordas, que pode afetar a colagem quando utilizamos cavilhas (tarugos). Estas velocidades valem para máquinas múltiplas, portáteis e de coluna. As brocas helicoidais apresentam excelentes resultados na furação de cavilhas, parafusos ou outros acessórios. Nas furadeiras múltiplas, podem-se usar brocas calçadas com metal duro, principalmente para a colocação de dobradiças do tipo copo. Para abertura de rasgos ou para obter furos limpos e sem rebarbas, com furadeira oscilante, usa-se uma broca paralela de dois canais, com duas pontas laterais.

O parafusamento deve apresentar alguns cuidados, como, na pré-furação, o diâmetro deve ser igual à espessura do corpo do parafuso e ter uma profundidade de 2 a 3mm maior que o comprimento do parafuso. O parafuso deve ser de haste reta e rosca soberba ou especial. Não devem ser usados parafusos cônicos. Podem ser usados parafusos tanto nas faces como nas bordas, oferecendo boa resistência ao arrancamento.

Outras recomendações são: a bitola deverá ser, no máximo, igual a 1/3 da espessura do painel, o comprimento do parafusamento deverá ser, no mínimo, igual a 4/5 do seu comprimento nominal, e o diâmetro do furo deverá ser de acordo com a tabela B.8.

TABELA B.6 - Bitola dos parafusos e diâmetros de pré-furação conforme espessura da chapa [14].

Esp. mínima da Chapa(mm)	9	12	12	15	15	18
Bitola do Parafuso	3	3.5	4	4.5	5	6
Diâmetro do furo Prévio(mm)	1.7 a 1.9	2.0 a 2.2	2.3 a 2.5	2.6 a 2.8	2.9 a 3.1	3.5 a 3.7

Ainda algumas outras recomendações devem ser lembradas: o comprimento do furo prévio não deverá ser maior que o comprimento enroscado do parafuso, para que sua extremidade também atue na fixação. Para parafusamento na face, a profundidade do furo deve ser igual ao comprimento do enroscamento do parafuso. No parafusamento de topo, a profundidade do furo deve ser igual ao comprimento do enroscamento menos a bitola do parafuso, e deverá estar a 70mm do canto. A inserção do parafuso deve ser feita a uma distância mínima de 12mm das bordas e 25 mm dos cantos. Para a fixação de acessórios de pouca espessura, deverá se usar parafuso com rosca em todo o seu comprimento. Já em acessórios mais espessos ou na fixação de dois ou mais painéis, deverá se usar parafusos com intervalo adequado entre a rosca e a cabeça.

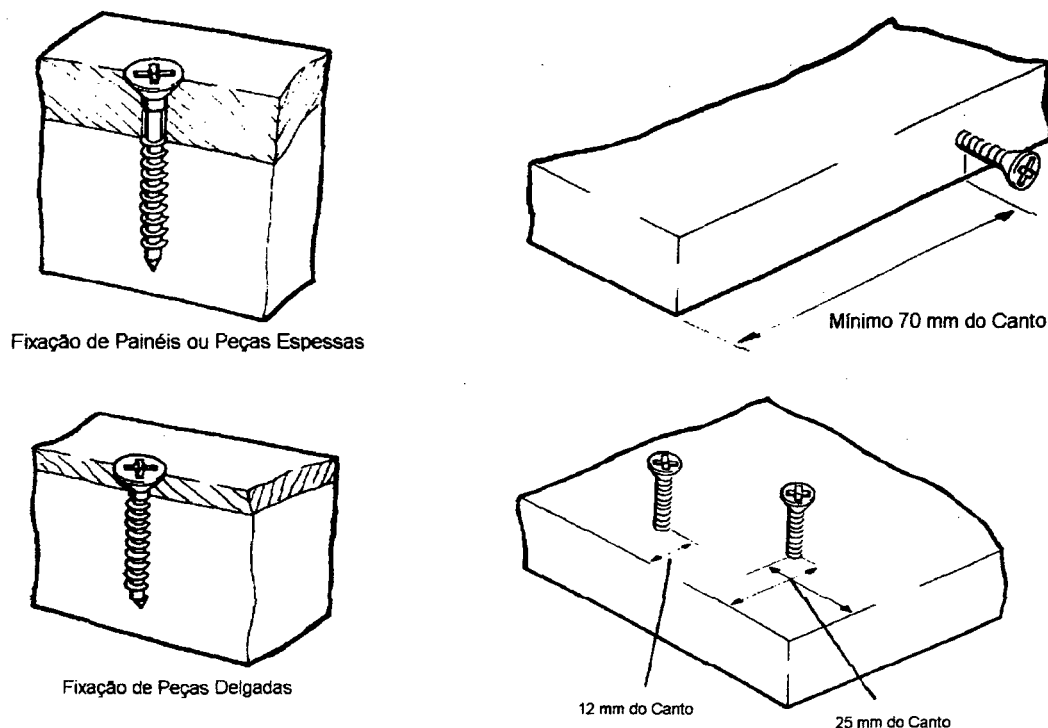


FIGURA B. 2 - Algumas recomendações para o uso de parafusos [14].

Quando se trabalha com pregamento de topo, que só deve ser usado quando não houver outra maneira de fixação, devem-se usar pregos em estriados helicoidais. Cravando o prego com uma leve inclinação, obtém-se uma melhor fixação. Deve-se manter uma distância mínima da extremidade do painel igual a 25 mm. Observando diâmetro do prego e espessura da chapa, o diâmetro não deve passar de 2.2 mm e seu comprimento não deve

ser maior que 50mm, evitando assim rachaduras no painel. Não se devem usar pregos em painéis com uma espessura menor que 12mm, e a cabeça do prego deve ficar afundada no painel.

No grampeamento, os grampos devem ser colocados de modo angular em relação à borda, a uma distância de 25mm dos cantos, e seu comprimento deve ser, no mínimo, igual ao dobro da espessura da chapa a ser fixada, usando grampeador pneumático. Os grampos devem ficar levemente fundidos na superfície, nunca em excesso.

No uso de cavilhas estriadas, o diâmetro do furo deve ser ligeiramente superior ao diâmetro das cavilhas, e a profundidade de furação deve ser de 1 a 2mm maior que o comprimento da cavilha. A união deve ser preenchida com cola PVA (cola branca). Esta folga evitará uma pressão excessiva e permitirá que a cola envolva a cavilha completamente, para um melhor contato entre as peças. Também há de se deixar uma distância mínima de 25mm dos cantos da placa.

Na utilização de adesivos, estes são os mesmos utilizados para a madeira. Entre os mais conhecidos, temos:

- PVA (acetato de polivinil, a cola branca);
- "hot-melt"; e
- resinas a base de uréia-formaldeído.

A performance do PVA, por ser um adesivo a base de água, depende do teor de umidade do material a ser usado. Quanto mais seco o material a ser colado melhor: o material absorverá mais rapidamente a água da cola e assim secará mais rapidamente; já no caso de o material estar úmido, o tempo de colagem será maior. O teor de umidade recomendado para a colagem do MDF é entre 10 e 14%. O PVA não deve ser usado em exposições onde haja umidade excessiva.

As colas a base de resinas a base de uréia-formaldeído são termofixas, não se deformando com a ação do calor, podendo se degenerar apenas com o calor excessivo. Por serem termofixas, estas colas têm a característica de serem quebradiças, não sendo aconselhadas no uso de espigas, em que o PVA traz melhores resultados. Estas colas são melhor usadas em colagem de revestimentos como fórmicas e não são aconselhadas para locais sujeitos a cargas cíclicas.

Nas junções são permitidos quaisquer tipos de junção, entre eles, espigado, malhete (deixando pequena folga para trabalhar o produto) e macho e fêmea.

Na utilização de ferragens, a maioria existente no mercado é compatível como MDF. Em relação às dobradiças, deve-se ter a preferência por aquelas que permitam fixação na face da chapa, e é aconselhável furação guia para a fixação de parafusos.

Em questão de folhamento, o MDF pode receber lâminas de madeira, PVC, laminado plástico ou estampagem a quente. Ambas as faces devem ser folheadas com revestimento de mesma espessura. Na hora da prensagem, a pressão e tempo na prensa devem ser equilibrados, evitando sempre temperatura acima de 100°C no interior da chapa. A tabela abaixo dá as recomendações da Duratex para este processo.

TABELA B.7 - Dados para a execução de revestimentos no MDF[15].

PRESSÃO	3-6 Kgf/cm ²
TEMPO	2-4 minutos
TEMPERATURA	70 a 100°C

Na pintura e no envernizamento as superfícies do MDF, em geral, já vêm prontas, não necessitando de lixamento. Deve ser aplicado isolante. O selador deve ser diluído adequadamente. O lixamento, quando feito, deve ser com lixas de grana entre 280 e 320. A superfície do MDF deve ser limpa anteriormente ao processo, e o lixamento entre demão deve ser feito com lixas de grana entre 360 e 400.

O tingimento deve ser feito com pistola de pintura. Obtêm-se bons acabamentos devido à homogeneidade da superfície, com vernizes, pigmentação ou tingimentos, aplicados diretamente antes do verniz. Também não se deve usar uma camada de isolante como se fosse o fundo para a pintura, pois estes materiais não são elásticos e podem trincar posteriormente. Deve-se evitar o acúmulo de isolante nas margens das faces, próximo às arestas ou removê-lo com lixa de granulação 320. E deve-se sobre tudo seguir as recomendações dos fabricantes de cada produto.

O MDF deve ser armazenado em local seco e ventilado, protegido de respingos de chuva e goteiras e de umidade excessiva. Deve ser depositado em pilhas horizontais, com os cantos alinhados, apoiados sobre uma base plana e limpa. Entre cada pacote, utilizam-se separadores alinhados verticalmente, afastados no máximo 60 cm. Em caso de intempéries, os painéis devem estar protegidos por lonas, porém ventilados, e, para isso, devem-se manter apoios na lona e proteger a parte superior do MDF.

O MDF também deve ter afastamentos adequados de nichos de calor, como fogão e fornos, e deve-se seguir as recomendações dos fabricantes de eletrodomésticos.

O MDF não está sujeito ao ataque de insetos devido às suas características, mas, quando aplicado em ambientes infestados, poderá estar sujeito a este tipo de ataque.