



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

**Alex Pizzatto**

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica  
Cx. P. 476 – 88040-900 – Florianópolis, SC, Brasil.

**Fernando Antônio Forcellini**

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica  
Cx. P. 476 – 88040-900 – Florianópolis, SC, Brasil.

**Resumo.** *A globalização, a concorrência cada vez maior no mercado interno e externo, a necessidade do desenvolvimento cada vez mais rápido e melhor dos produtos para sua colocação no mercado são alguns dos motivos que levaram a execução e desenvolvimento deste trabalho. Teve-se por propósito, neste trabalho, apresentar e elaborar uma sistemática de projeto para produtos modulares. Além disso também estudar e aplicar esta sistemática proposta em um ramo da indústria nacional um tanto desconhecido para a maioria dos Engenheiros Mecânicos, a indústria moveleira. Que teve no ano de 1996 um faturamento de US\$ 4.4 bilhões. Com os resultados obtidos com aplicação da sistemática de projeto na concepção de um móvel avaliou-se e observou a eficiência da sistemática proposta. 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 apresentam-se 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 obtém-se, com a sistemática proposta, os seguintes resultados: desenvolvimento mais rápido de produtos; melhor atendimento das necessidades dos clientes; otimização e racionalização da produção.*

**Palavras-chave:** *Sistemática de Projeto, Desenvolvimento de Produto, Produtos Modulares, Indústria Moveleira.*

### **1. INTRODUÇÃO**

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. As principais sistemáticas estudadas e analisadas foram as de Pahl & Beitz (1996) e de Erixon (1993).

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. Num aspecto geral que caracteriza também toda a indústria nacional. Também na indústria moveleira faltam contribuições nesta área, principalmente na área de móveis modulares.

A partir da identificação destes problemas, o presente trabalho 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 a várias necessidades da indústria. 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.

Este trabalho apresentou os seguintes objetivos:

- 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.

## **2. SISTEMÁTICA PROPOSTA**

Este trabalho é fruto de uma primeira pesquisa sobre sistemas modulares e sistemáticas para seu desenvolvimento (Pizzatto, 1998).

Esta sistemática pretende ser mais abrangente, detalhada e eficaz que as sistemáticas de desenvolvimento de produtos modulares já existentes no mercado (Pahl & Beitz 1996)(Erixon 1993). 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. A idéia de modularização deve estar presente para todas as pessoas envolvidas no projeto desde o seu início.

Identificadas os principais problemas, tais como etapas não descritas, não encadeadas e muito genéricas é apresentada a sistemática proposta 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.

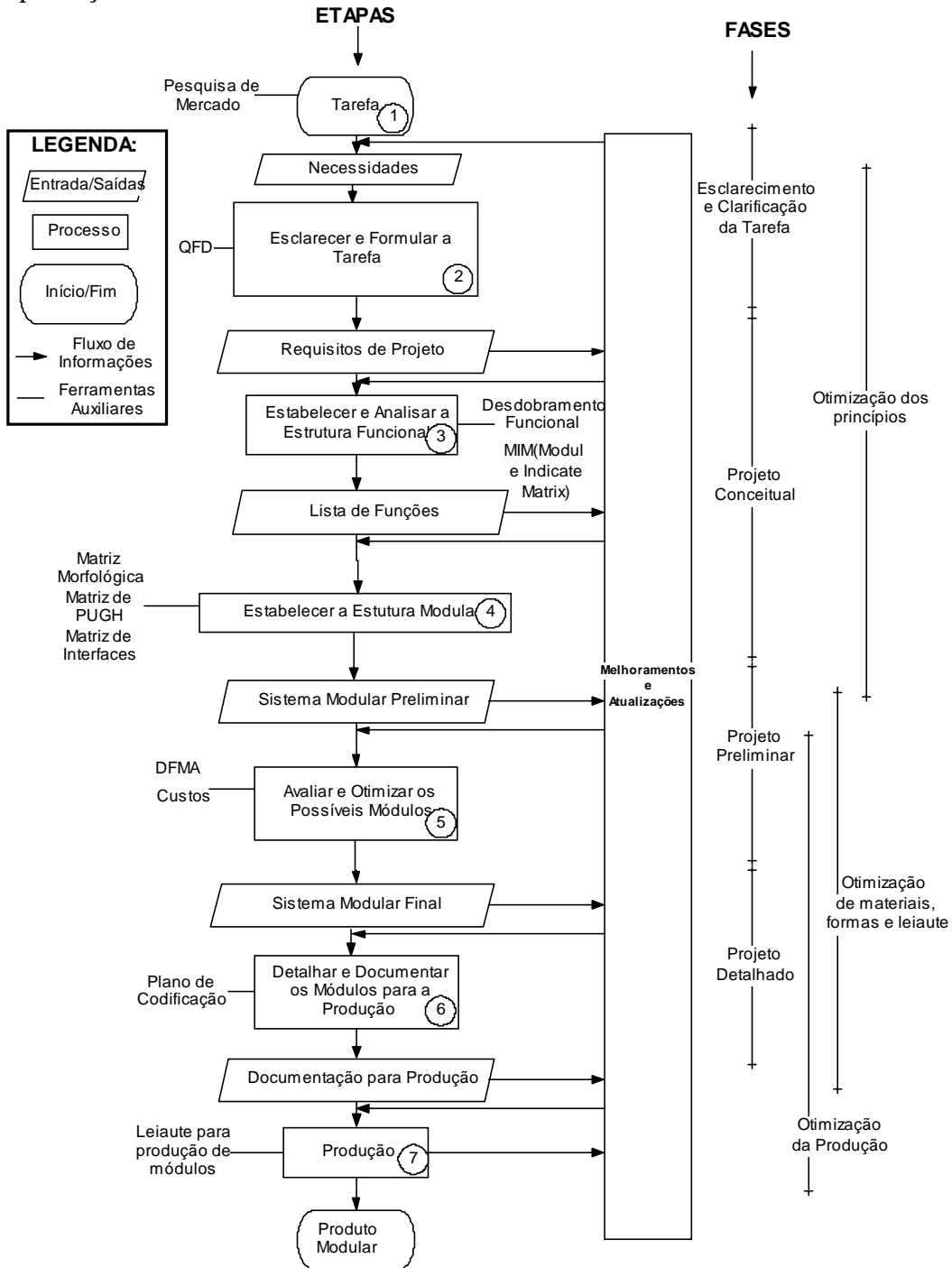


Figura 1 - Proposta de Sistemática de Projeto para Produtos Modulares.

Esta proposta, vista na Fig. 1, 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.

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 Fig. 1.

De acordo com a Fig. 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 existentes no mercado 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.

### **3. ESTUDO E APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA PROPOSTA**

Este estudo e aplicação da sistemática proposta tem o objetivo de testar, para fins de validação, a sistemática de projeto para produtos modulares proposta, utilizando uma sistemática de projeto junto à indústria moveleira e utilizando a ferramenta computacional MModulare. Esta validação foi feita através do desenvolvimento de um móvel, descrito ao longo deste item.

A sistemática proposta foi feita abordando sete etapas 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.

Neste item serão apresentados algumas das principais etapas e ferramentas utilizadas na sistemática proposta.

Um das etapas mais importantes desta sistemática é o estabelecimento e análise da estrutura funcional do produto, pois terá influência direta sobre a estrutura modular final obtida nas etapas posteriores. Uma das principais ferramentas utilizadas nesta etapa é o desdobramento funcional e é visto na Fig. 2.

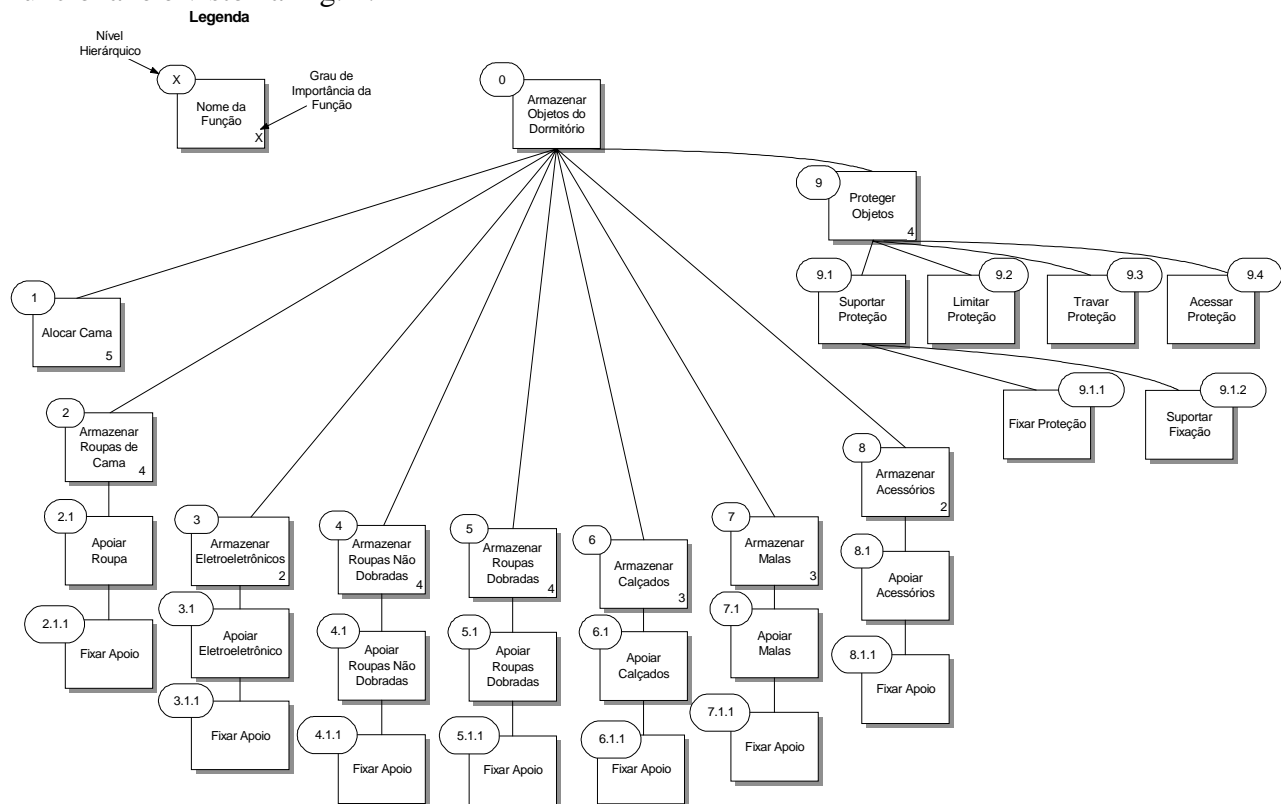


Figura 2 – Estrutura Funcional Obtida no Desenvolvimento de um Produto Modular, no caso um dormitório.

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

Pela Fig. 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”.

Tem-se também, na Fig. 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 (Module Indicate Matrix) (Erixon, 1993), Fig. 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.

Na MIM as linhas são diretrizes de modularização que auxiliam na escolha dos módulos ao longo da análise das colunas que são as funções.

A MIM, mostrada na Fig. 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 Fig. 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”.

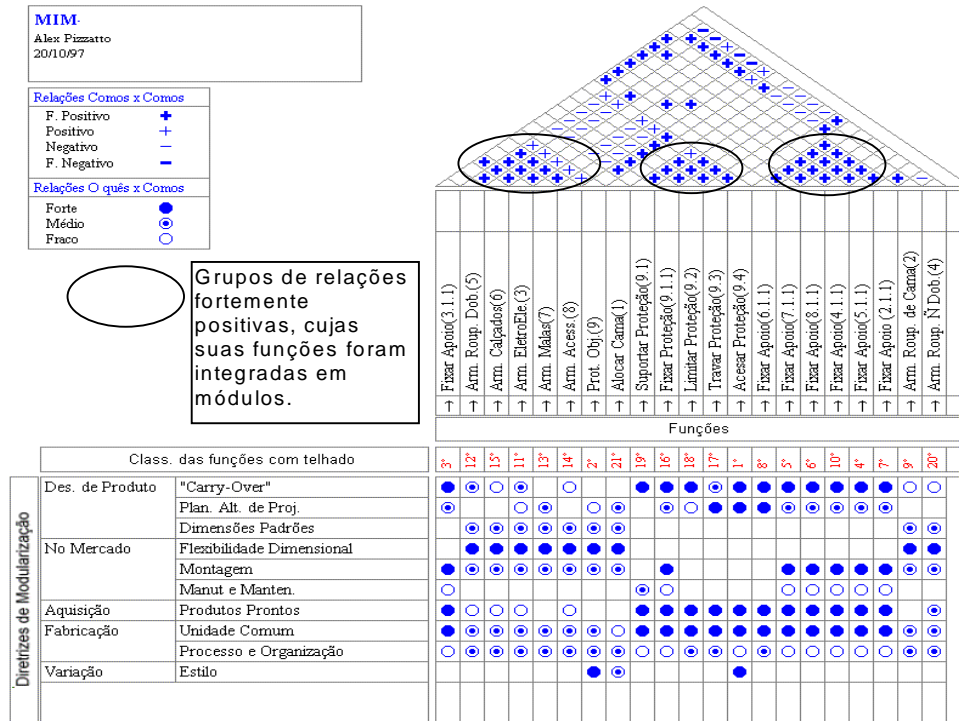


Figura 3 - Matriz MIM com as relações entre funções e diretrizes.

Outra ferramenta importante para a boa execução de um sistema modular é a mostrada na Fig. 4, que é a matriz de interfaces que analisa as conexões entre os módulos e a maneira como são montados.

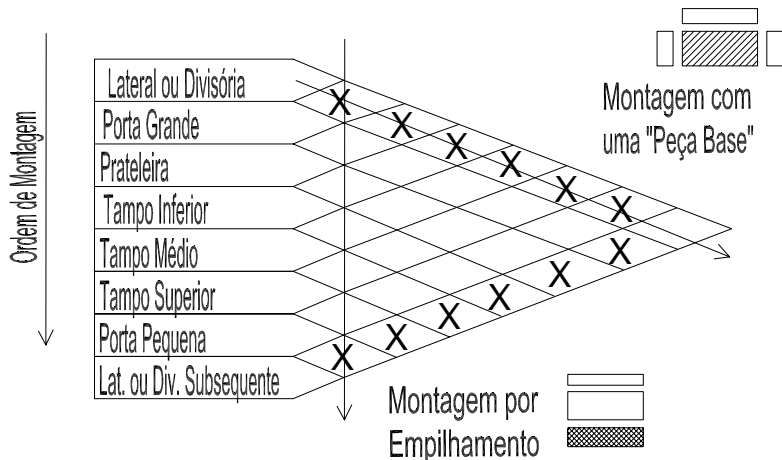


Figura 4 - Diagrama de interface genérica para todos os módulos trabalhados.

Após a análise de interfaces e ao término de todas as etapas da sistemática se chegou a estrutura a modular apresentada na Fig. 5, que é mostrada com imagens do sistema computacional MModulare.

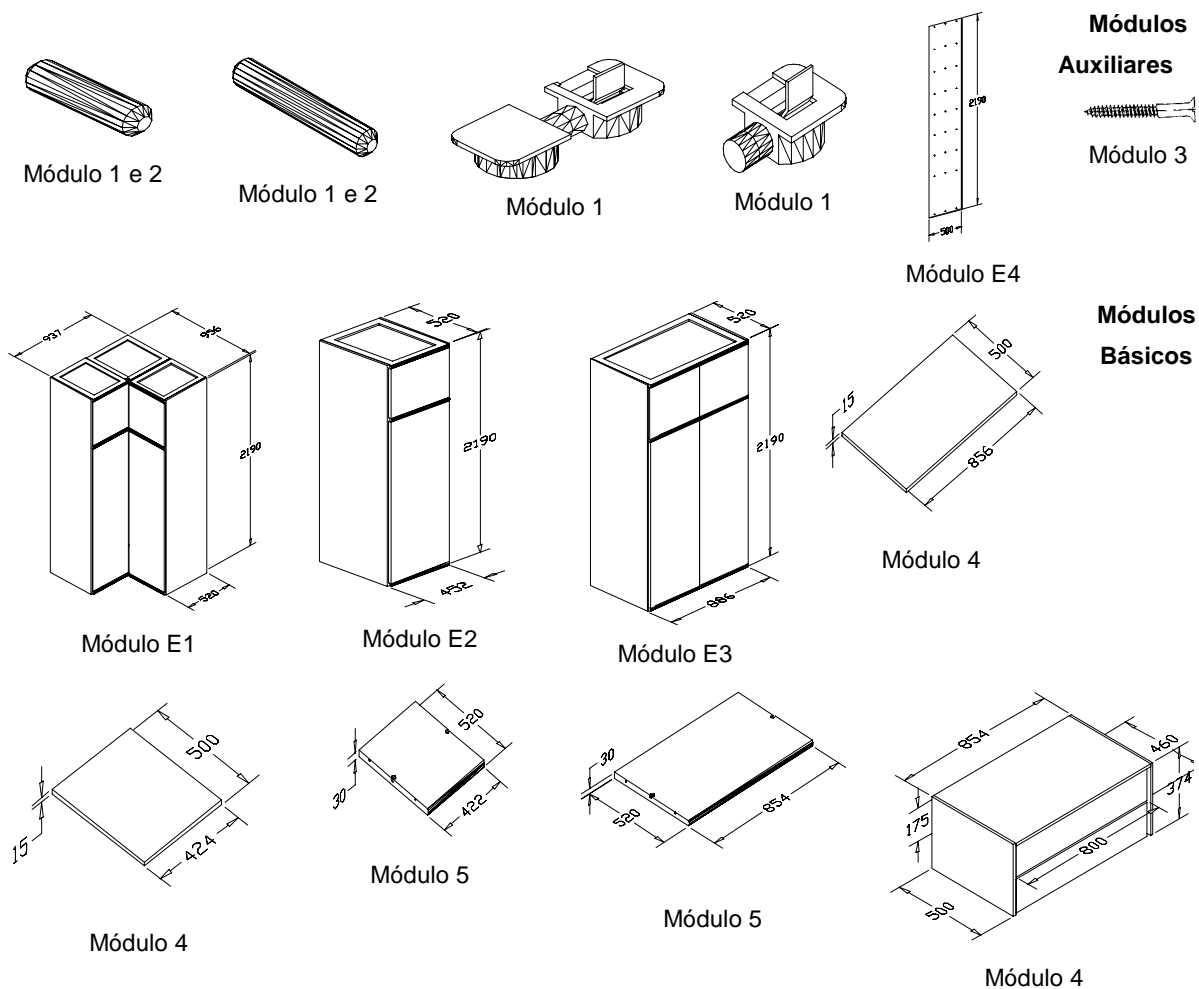


Figura 5 - Medidas Principais, estrutura modular definitiva e com nomes relativos aos módulos do Sistema Modular Preliminar, obtido na etapa anterior.

#### 4. SISTEMA COMPUTACIONAL MMODULARE

Ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de produtos, como o sistema SACPRO (Ogliari 1998) e o sistema GPFAIClass (Pizzatto 1995), podem auxiliar a sistemática de projeto proposta no item 2 em algumas de suas etapas.

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

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.

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.

O sistema computacional apresenta diferentes ferramentas, apresentadas na Fig. 6, 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; e
- Extração de Custos de Configurações Finais.

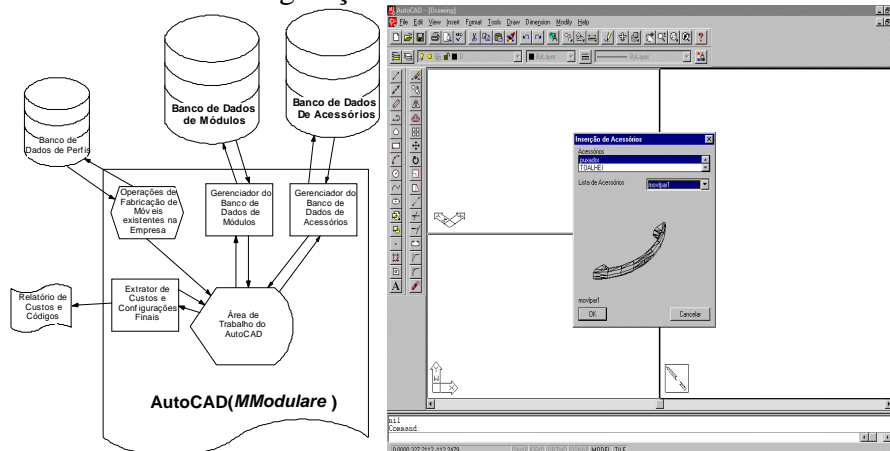


FIGURA 6 - Estrutura do Sistema Computacional MModulare e uma de suas telas.

O Administrador de Acessórios, visto na Fig. 6, 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.

## 5. CONCLUSÕES FINAIS

Com o final deste trabalho, deve-se, primeiramente, lembrar seu objetivo, que foi o de 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;
- 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 as 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 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 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 desconhecida 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.

## **REFERÊNCIAS**

Back, N.; Forcellini, F., 1996, Notas de Aula - EMC 6609 - Projeto para Manufatura., CPGEM, UFSC, Florianópolis.

Erixon, G.; Börn, Ö., 1993, Synthesis and Evaluation Tool for Modular Design, ICED.

Erixon, G.; Von Yxkull, A.; Arnström, A ., 1996 , Modularity - The Basics for Product and Factory Reengineering, CIRP.

Hundal, M. S., 1993, Engineering and Management for Rapid Product Development, ICED.

Ogliari, A.; 1998, Sacpro: Sistema de Apoio a Concepção de Produtos, CPGEM, UFSC, Florianópolis.

Pahl, G.; Beitz, W., 1996 Engineering Design - A Systematic Approach. Springer-Verlag, London.

Pugh, S., 1990, Total Design - Integrated Methods for Successful Product Engineering, Addison-Wesley Publishing Company.

Pizzatto, A.; 1995, GPFAIClass - Uma Ferramenta Computacional para a Codificação de Peças. Trabalho de Diplomação, DEMEC, UFRGS, Porto Alegre.

Pizzatto, A.,1998, Sistemática de Projeto de Produtos Modulares com Aplicação em Móveis. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica da UFSC, Florianópolis.

## **ABSTRACT**

### **Systematic of Development of Modular Products with Application in Furniture**

This work has for objective to offer a systematic of project for products to modulate more efficient than the existent ones, besides applying the same close to the national industry of furniture. That is done, because this section comes ignorant of methodologies for the development of products.

The work was developed firstly with the study of the industry of furniture and of the methodologies of products to modulate existent.

After this study an including methodology and it objectifies it was developed and its validation gave him close to industry of furniture, through the development of a furniture to modulate. To aid this methodology, in some stages, in the case study the system computacional was developed MModulare. Larger details of these stages are described along this work.

The accomplishment of this work is justified for several reasons, being the main ones the following ones:

- the systematic of development of products to modulate they don't come sufficiently clear and abrangentes in all its stages;
- the ignorance on the part of the national industry of pieces of furniture of systematic of project goes product development;
- strong relationship among products modulate and pieces of furniture;

Supplying the problems initially mentioned it is obtained, with the systematic proposal, the following results:

- faster development of products;
- better attendance of the customers ' needs;
- improvement and rationalization of the production.

Keywords: Design Systematic, Product Deployment, Modular Products, Furniture Factory.