

modular como um todo; 3) que em função destas dificuldades encontradas os melhores caminhos sugeridos visando amenizá-las, se encontram no estabelecimento dos fluxogramas que representam as atividades inerentes ao desenvolvimento da síntese funcional, pois eles na sua forma simples, elucidam, sistematizam e deixam mais compreensível o desenvolvimento do todo, facilitando o estabelecimento de regras e critérios de auxílio ao projetista e, conseqüentemente, a implementação computacional de ferramentas voltadas para este fim.

Assim sendo, este trabalho tem o seu valor tanto na área do ensino de metodologia de projeto, como também na área de desenvolvimento de sistemas industriais, pois contribui respectivamente, para aclarar o estudo e o ensino da síntese funcional de sistemas modulares, como também para formar as bases da ferramenta computacional destinada a auxiliar a equipe de projeto a armazenar e manipular as informações e os conhecimentos necessários à concepção de produtos melhores e mais competitivos.

6. REFERÊNCIAS

- Back, N., 1983, “Metodologia de Projeto de Produtos Industriais”, Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 389p.
- Ogliari, A., 1999, “Sistematização da Concepção de Produtos Auxiliada por Computador com Aplicações no Domínio de Componentes de Plástico Injetado”, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, 342p.
- Maribondo, J.F.; Back, N. & Forcellini, F.A., 1998., “A Fundamentação e as Perspectivas de Projeto de Produtos Modulares”, V Congresso de Engenharia Mecânica Norte Nordeste, Vol. 1, Fortaleza-CE, Brasil, pp. 86-93.
- Pahl, G. & Beitz, W., 1996, “Engineering Desig. A systematic approach, Printed in Great Britain: Springer-Verlag London Limited, 544p.

Tabela 1. Ação, critérios básicos de interfaceamento e recomendações de projeto destinadas a auxiliar a equipe de projeto a estabelecer o acoplamento dos módulos funcionais do sistema modular.

Ação a ser desenvolvida	Critérios básicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseado nestes critérios de interfaceamento
Estabelecer a similaridade entre as estruturas funcionais estabelecidas para o sistema modular	Similaridade de energias	Na união dos módulos funcionais utilize, sempre que possível, o mesmo tipo de energia estabelecida para o funcionamento dos vários sistemas que compõe o sistema modular.
	Similaridade de materiais	Verifique se o fluxo dos materiais a processar, entre os módulos, é compatível com as restrições/observações estabelecidas nos módulos funcionais a unir.
	Similaridade de sinais	Na união dos módulos funcionais utilize, sempre que possível, a mesma forma de conhecimento, predição ou reconhecimento dos parâmetros de funcionamento estabelecidos nas estruturas funcionais do sistema modular.

Estabelecidos estes critérios, a próxima tarefa é a construção das estruturas funcionais, a qual corresponde a organização e/ou arranjo dos módulos entre si, visando estabelecer as concepções abstratas dos sistemas físicos que se deseja construir para o sistema modular.

4. IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL DA SÍNTESE FUNCIONAL DE SISTEMAS MODULARES

A implementação computacional da síntese funcional de sistemas modulares só foi possível a partir dos estudos já mencionados e, principalmente, da elaboração dos fluxogramas apresentados nas Figuras 1a, 1b, 1c e 1d. Estes, por sua vez, serviram de guia para a visualização de todas as atividades inerentes ao desenvolvimento da mesma como, também, de meios para a elaboração das regras e do mapeamento lógico das telas do sistema computacional.

Sob este último enfoque (sistema computacional), salienta-se que o mesmo se encontra no nível de protótipo. No entanto os testes realizados até o presente momento fazem-nos crer da viabilidade desta ferramenta no apoio ao desenvolvimento de sistemas modulares.

5. CONCLUSÕES

As principais conclusões que podem ser tiradas deste trabalho são as seguintes: 1) quando se pesquisa sobre o desenvolvimento de metodologias de projeto, vê-se que as maiores dificuldades em elaborá-las estão no tocante ao desenvolvimento das ferramentas que a compõe, isto é, no **com que** fazer cada atividade. Dentro deste contexto, as ferramentas de apoio utilizadas nas fases iniciais do processo de projeto, como é o caso da síntese funcional, se constituem as mais difíceis de sistematizar e codificar, devido ao alto grau de subjetividade encontrado no desenvolvimento das mesmas; 2) que estas dificuldades são aumentadas quando se deseja efetuar, por exemplo, a síntese funcional de sistemas modulares, pois a mesma necessita de não apenas uma estrutura de função para a concepção do sistema, mas sim de várias estruturas funcionais, com funções e grupos de funções intercambiáveis entre si (os módulos funcionais), visando conceber a família de sistemas que representa o sistema

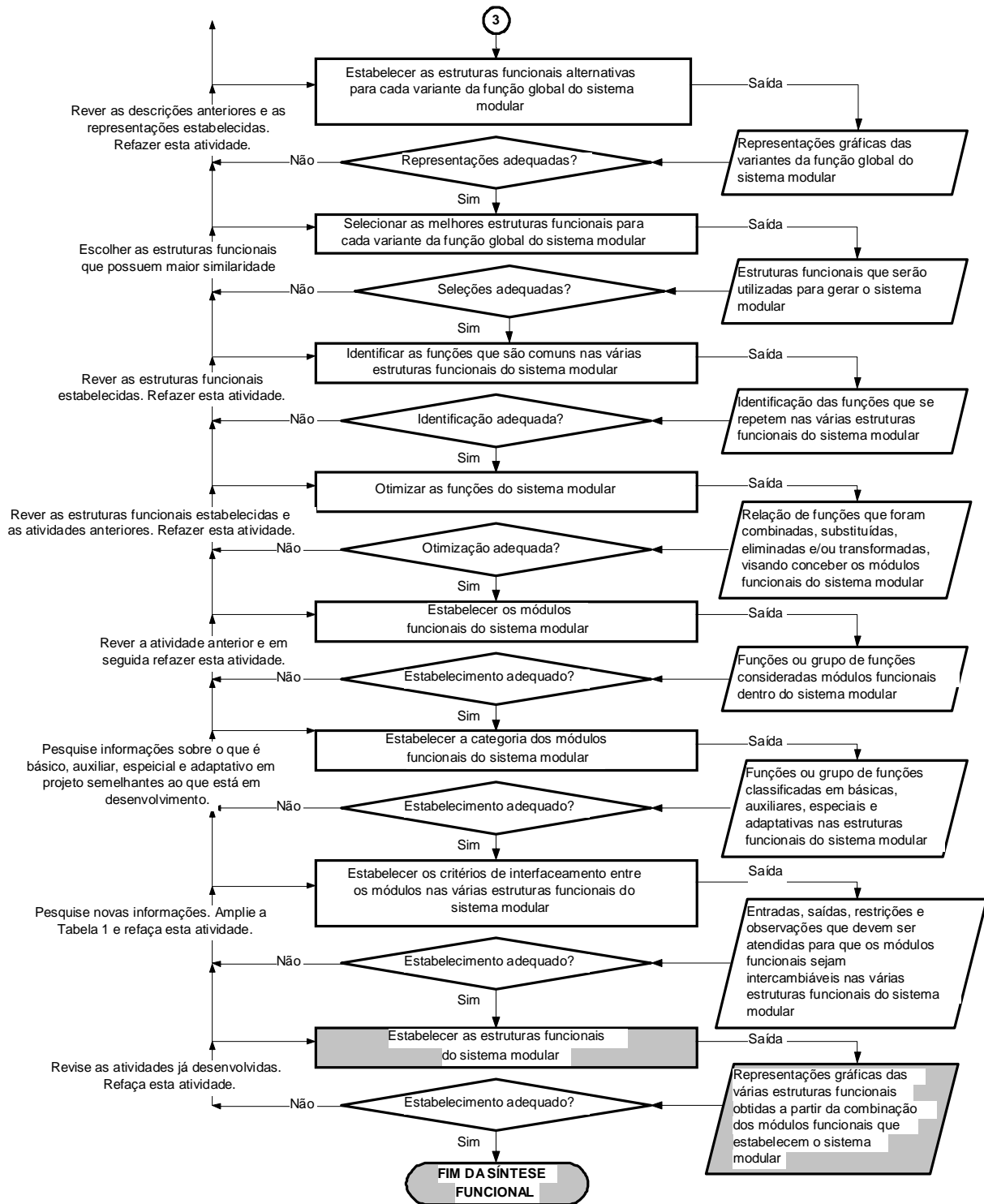


Figura 1d. Sistematização das estruturas funcionais modularizadas do sistema modular.

Classificados os módulos funcionais, passa-se a estabelecer os critérios de interfaceamento, visando estabelecer os vários sistemas que vão compor o sistema modular. Estes critérios correspondem aos princípios que se tomam como referência para auxiliar os projetistas a definirem as formas ou os meios de união ou acoplamento entre dois ou mais módulos funcionais, visando estabelecer as estruturas funcionais do sistema modular. Para maiores esclarecimentos ver a Tabela 1.

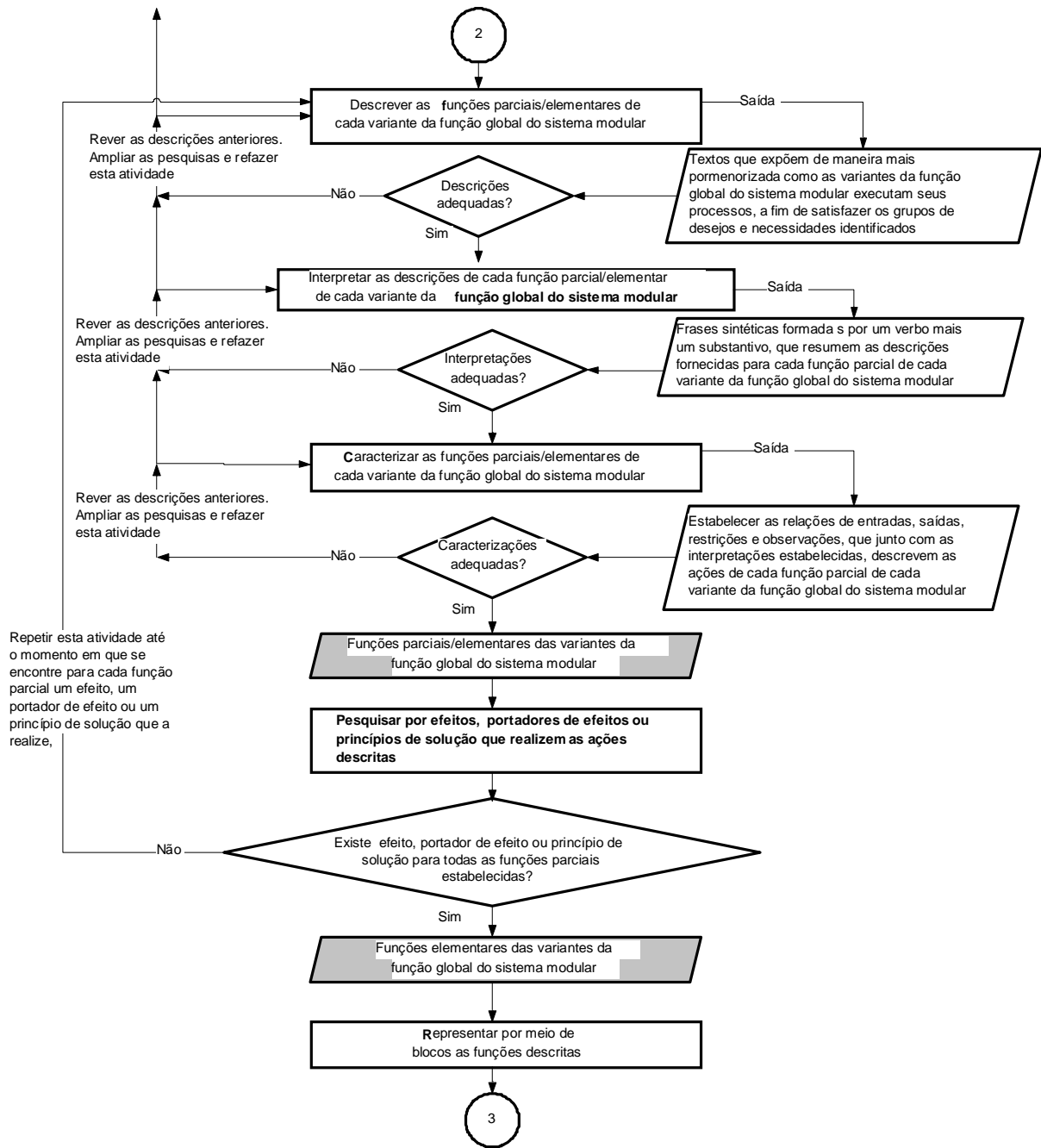


Figura 1c. Sistematização das funções parciais e elementares do sistema modular.

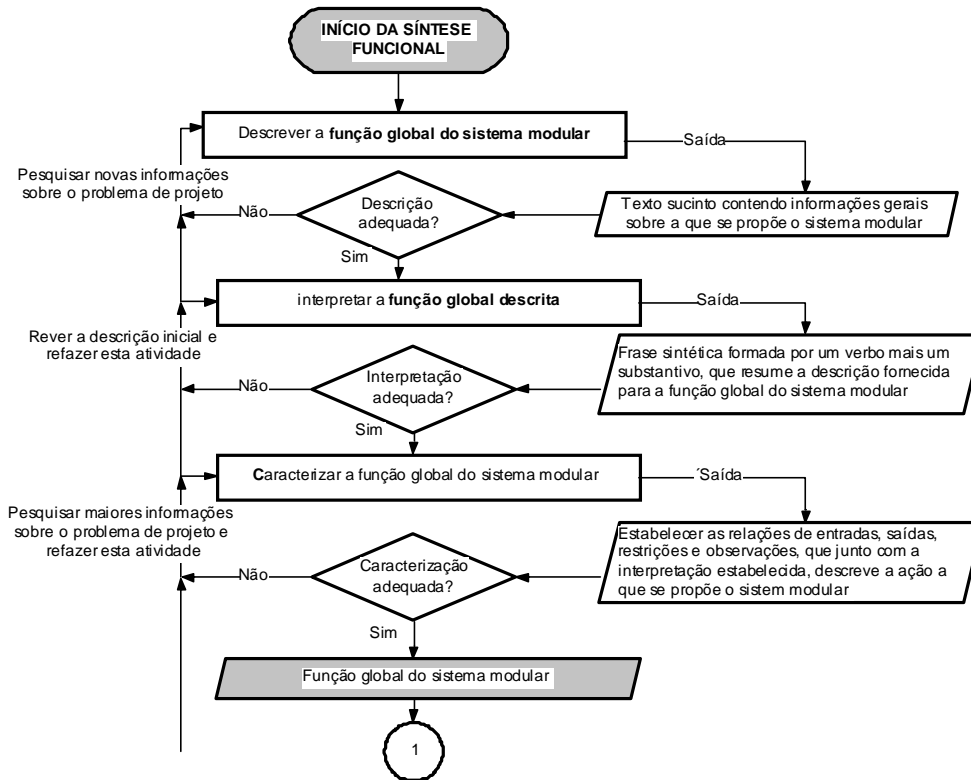


Figura 1a. Sistematização da função global do sistema modular.

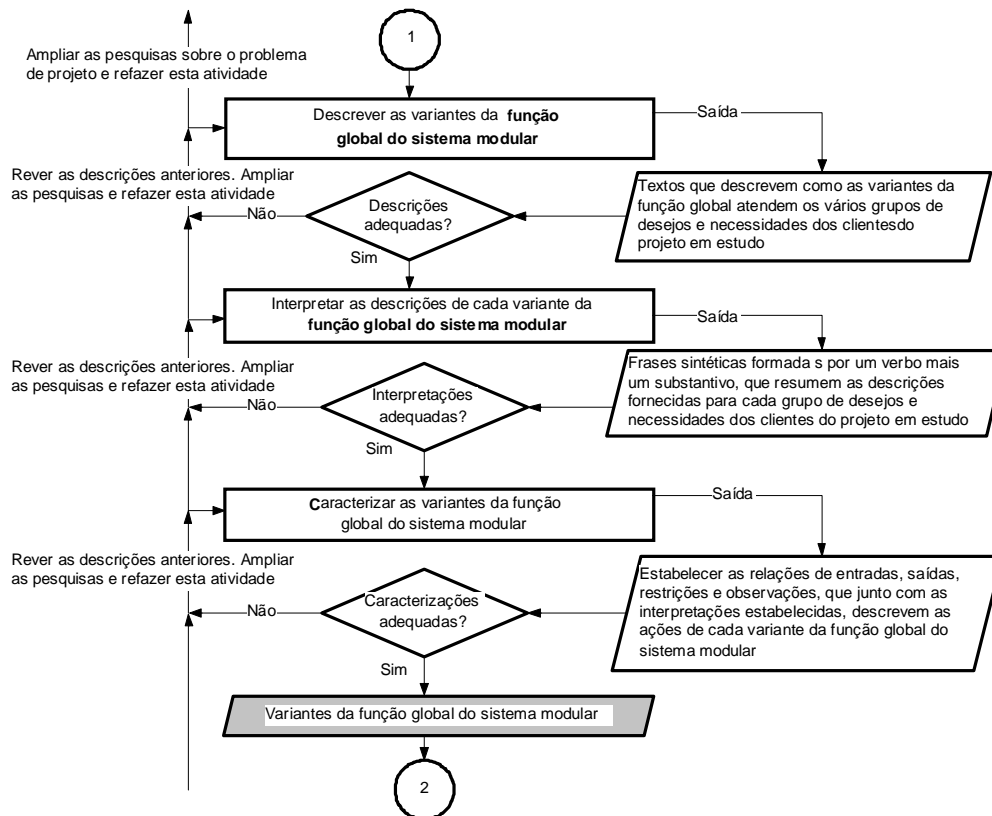


Figura 1b. Sistematização das variantes da função global do sistema modular.

A **descrição das variantes da função global do sistema modular**, apresentada na Figura 1b, compreende outras atividades mais detalhadas destinadas a estabelecer outros textos mais específicos, a partir da missão principal estabelecida anteriormente, os quais também deverão ser interpretados e caracterizados na forma de blocos contendo entradas, saídas, restrições/observações, destinadas a contemplar diferentes grupos de desejos e necessidades de clientes e consumidores, a partir da combinação de um conjunto de módulos funcionais.

O **estabelecimento das estruturas funcionais modularizadas**, apresentada na Figura 1d, corresponde a uma série de atividades destinadas a caracterizar e representar graficamente os vários sistemas que compõe o sistema modular. Estes sistemas são concebidos a partir da combinação de um conjunto de módulos funcionais assim denominados: módulos funcionais essenciais, constituídos pelos módulos básicos e auxiliares, e módulos funcionais possíveis, constituídos pelos módulos especiais e adaptativos (Pahl & Beitz, 1996; Maribondo et al. 1998). Para o estabelecimento destes módulos se faz necessário estabelecer, inicialmente, as estruturas funcionais alternativas de cada variante da função global do sistema modular. Em seguida, selecionar as melhores estruturas funcionais para cada variante da função global do sistema modular. Posteriormente, é preciso identificar dentro de cada estrutura funcional e entre as demais estruturas funcionais escolhidas para compor o sistema modular, aquelas funções que se repetem, isto é, as funções comuns. Em seguida, faz-se uma otimização das funções (combinar, substituir, eliminar e/ou transformar) que compõem as estruturas funcionais, visando estabelecer os módulos funcionais. Em outras palavras, após identificar as funções que se repetem nas várias estruturas funcionais e otimizar as restantes, tem-se um agrupamento de funções que desempenham papéis importantes nestas estruturas funcionais. Estes agrupamentos e em alguns casos determinadas funções são, então, estabelecidas como os módulos funcionais do sistema modular. Restam, portanto, classificá-los em básicos, auxiliares, especiais e adaptativos. Para tanto, lança-se mãos das seguintes regras, a saber:

Pergunta 1: *A função ou o agrupamento de funções (os módulos funcionais) são considerados essenciais para as características dos vários sistemas que compõem o sistema modular, isto é, sem eles estes sistemas não poderiam atingir suas missões principais?*

Se sim,

Então estes módulos serão considerados módulos funcionais básicos ou auxiliares.

Pergunta 2: *Estes módulos funcionais tem o papel de dar auxílio, ajudar, favorecer outros módulos funcionais a cumprirem suas missões principais?*

Se sim,

Então estes módulos serão considerados módulos funcionais auxiliares e recebem o seguinte código (Au).

Senão, estes módulos serão considerados módulos funcionais básicos e recebem o seguinte código (B).

Senão estes módulos serão considerados módulos funcionais especiais ou adaptativos.

Pergunta 3: *Estes módulos funcionais atendem objetivos particulares, exclusivos e não precisam estar presentes em todas as variantes da função global?*

Se sim,

Então estes módulos serão considerados módulos funcionais especiais e recebem o seguinte código (E).

Senão, estes módulos serão considerados módulos funcionais adaptativos e recebem o seguinte código (Ad).

Dephi versão 3, por ter mais afinidade com relação aos trabalhos que estavam sendo desenvolvidos nesta área e por ser esta plataforma mais conhecida do seu desenvolvedor.

Realizados estes estudos passou-se a sistematizar o conhecimento adquirido, fazer o mapeamento lógico do programa, a implementação computacional e os testes.

3. SÍNTESE FUNCIONAL DE SISTEMAS MODULARES

Segundo Back (1983), a **síntese funcional** deve ser entendida como sendo “*as ações necessárias para formular, a partir de um problema verbalmente exposto, uma função geral de um sistema técnico, bem como as ações que serão necessárias para substituir a função geral formulada por estruturas de funções parciais ou elementares*”.

Já a **síntese funcional de sistemas modulares** deve ser entendida como sendo as ações necessárias para formular, a partir de um problema verbalmente exposto e devidamente descrito e especificado, uma função global e as variantes desta função global destinadas a representar vários sistemas técnicos, bem como as ações que são necessárias para substituir as formulações destas variantes por estruturas de funções modularizadas formadas por meio de funções parciais ou elementares. Onde, por **função global** entende-se a missão principal a que se propõe o sistema modular. As **variantes da função global** correspondem a variações particulares que podem ser realizadas, a partir da missão principal, visando atender determinados grupos de desejos e necessidades dos clientes do projeto. As **funções parciais** correspondem a aquelas missões menores que fazem parte das variantes da função global e as **funções elementares** correspondem a aquelas missões básicas e totalmente conhecidas que fazem parte das funções parciais e que terminam por torná-las compreensíveis, assim como as variantes da função global e o sistema modular como um todo.

Assim sendo, o desenvolvimento desta ferramenta passa necessariamente pela sistematização das seguintes atividades, a saber: descrição, interpretação, caracterização e pesquisa de efeitos (físicos, químicos e/ou biológicos), portadores de efeitos ou princípios de solução para cada função do sistema modular; otimização das funções estabelecidas, que tem por objetivo melhorar ao máximo as estruturas funcionais do sistema modular em estudo; estabelecimento dos módulos funcionais, o qual visa definir qual ou quais funções serão consideradas módulos dentro das estruturas funcionais em desenvolvimento; estabelecimento das categorias dos módulos funcionais, que tem por objetivo maior estabelecer a importância dos mesmos na construção do sistema modular; estabelecimento dos critérios de interfaceamento entre os módulos funcionais, o qual visa deixar mais claro como os módulos podem se combinar uns com os outros, gerando as várias estruturas funcionais do sistema modular e, por fim, o estabelecimento das estruturas funcionais modularizadas, as quais tem por objetivo representar os vários sistemas que compõem o sistema modular idealizado.

Para maiores esclarecimentos, apresentam-se nas Figuras 1a, 1b, 1c e 1d os fluxogramas que descrevem tais atividades e terminaram por auxiliar na sistematização desta ferramenta.

A **descrição da função global do sistema modular**, apresentada na Figura 1a, compreende várias atividades destinadas a estabelecer um texto geral e sucinto, que será interpretado e, posteriormente, caracterizado na forma de um bloco contendo a missão principal do sistema modular, descrita através de um verbo, substantivo mais algum complemento, além das entradas, saídas (energias, materiais e sinais) e restrições/observações necessárias ao desenvolvimento desta missão.

Salienta-se que a cada função parcial estabelecida, deve-se questionar a existência ou não de efeitos físicos, portadores de efeitos ou princípios de solução conhecidos. Para as respostas positivas interrompe-se o desdobramento funcional da função estabelecida, pois conhecendo-se tal efeito, portador de efeito ou princípio de solução é possível afirmar que a função é totalmente conhecida, não sendo mais necessário o seu desdobramento.

problema em estudo, fazendo uso do maior número de meios técnicos e práticos disponíveis, no local de trabalho, a fim de que o processo de concepção possa ser conduzido, operacionalizado e viabilizado da melhor forma possível, na busca da solução mais adequada para a demanda inicial.

Dentro deste contexto, o uso de metodologias de projeto vêm sendo sugeridas e aplicadas, por vários pesquisadores. Segundo Back (1983) e Ogliari (1999), para citar alguns destes pesquisadores, tais metodologias de projeto auxiliam os projetistas a conduzirem o problema de projeto de maneira passo-a-passo, contribuindo para que os erros por esquecimentos e falta de diretrizes, no desenvolvimento dos mesmos, sejam observados. Isto é possível, pois tais metodologias de projeto são desenvolvidas tendo-se em mente três aspectos básicos, a saber: 1) indicar como fazer; 2) com que meios fazer e, por fim, 3) em que tempo fazer cada uma das atividades necessárias para o desenvolvimento do projeto.

Dentro deste contexto, as maiores dificuldades no desenvolvimento de metodologias de projeto se encontram nos aspectos ligados ao segundo item mencionado, ou seja, com que meios fazer cada atividade. Este aspecto se verifica, porque estes meios constituem as ferramentas do processo de projeto. As dificuldades em criá-las e torná-las mais amigáveis envolvem atividades inerentes a cultura adquirida por cada idealizador de metodologias de projeto ao longo de sua vida. Logo, o modo de desenvolvê-las e apresentá-las pode diferir de um desenvolvedor para outro dentro de um mesmo processo metodológico. Consciente destas dificuldades e das variações que podem ocorrer quando da apresentação destas ferramentas de projeto, apresenta-se, neste trabalho, uma contribuição na área de metodologia de projeto, no tocante a sistematização e implementação computacional de uma destas ferramentas de projeto empregada nestes processos metodológicos denominada: síntese funcional de sistemas modulares. Onde por **sistemas modulares**, entende-se aqueles sistemas que são criados a partir da combinação de um grupo de módulos funcionalmente independentes, de interfaces padronizadas e intercambiáveis entre si.

Para tanto, inicialmente comenta-se sobre as atividades desenvolvidas para a elaboração deste trabalho; em seguida, apresenta-se a ferramenta de projeto denominada síntese funcional de sistemas modulares, sua sistematização e, por fim, as conclusões do mesmo.

2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PARA A ELABORAÇÃO DESTE TRABALHO

Para o desenvolvimento deste trabalho foi necessário o aprofundamento nas seguintes áreas de conhecimento, a saber: 1) desenvolvimento de metodologias de projeto; 2) desenvolvimento de sistemas modulares; 3) desenvolvimento de síntese funcional e, por fim, 4) estudo da plataforma computacional para codificar tais conhecimentos.

No desenvolvimento de metodologias de projeto e de sistemas modulares, buscou-se obter informações sobre os três aspectos básicos mencionados anteriormente, visando conhecer melhor quais informações deveriam ser manuseadas ou transformadas anteriormente para que pudessem ser introduzidas na ferramenta de projeto em estudo.

No desenvolvimento de síntese funcional o estudo se deteve a acompanhar, exercitar e registrar a forma como cada atividade deveria ser executada para a obtenção das estruturas funcionais geradas por meio do auxílio desta ferramenta.

O estudo da plataforma computacional para codificar tais conhecimentos se deu em cima das principais plataformas já utilizadas no NeDIP/DEM/UFSC (Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos/Departamento de Engenharia Mecânica/Universidade Federal de Santa Catarina), a saber: o shell KAPPA PC, o Borland C++ Builder e o Borland Dephi versão 3. Neste caso, a plataforma escolhida foi o Borland

FERRAMENTA DE APOIO À FASE DO PROJETO CONCEITUAL: Síntese funcional de sistemas modulares

Juscelino de Farias Maribondo

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Campus II, 58.109-970, Campina Grande, PB, Brasil. E-mail: juscelin@nedip.ufsc.br

Nelson Back

Fernando Antônio Forcellini

André Ogliari

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Mecânica, 88.040-900, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: back@emc.ufsc.br, forcellini@emc.ufsc.br, ogliari@emc.ufsc.br

Resumo

O avanço da ciência e da tecnologia vêm tornando os projetos industriais mais complexos e sofisticados. Este desenvolvimento tem proporcionado o lançamento de produtos com tempo de vida cada vez mais curto. Entre as razões encontradas para explicar este fato, cita-se: a necessidade de permanência no mercado e a globalização da economia. Diante deste quadro, os projetistas aliam aos processos criativos outros processos sistemáticos e metodológicos. Sob este enfoque, utilizam-se de ferramentas de projeto tal como a síntese funcional. Apesar de sua importância no desenvolvimento de projetos industriais, sua sistematização e implementação computacional está pouco difundida e estimulada devido ao alto grau de subjetividade encontrado nos estágios do processo de projeto onde ela se encontra. Diante do exposto, este trabalho apresenta e sistematiza esta ferramenta de projeto aplicada ao domínio de sistemas modulares, com o intuito de contribuir não só no campo da pesquisa e do ensino de metodologias de projeto, como também no campo do processo produtivo de sistemas modulares, lançando as bases para o estabelecimento de um sistema computacional voltado para este fim.

Palavras-chaves: Síntese funcional, Sistemas modulares, Metodologia de projeto.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da ciência e da tecnologia os projetos de sistemas industriais vêm se tornando cada vez mais complexos e sofisticados exigindo, por parte dos projetistas, conhecimentos mais profundos e variados.

Outro fato observado é que a necessidade de permanência no mercado e a busca pela satisfação dos desejos e necessidades dos clientes vem forçando as indústrias, ao longo dos anos, a serem mais ágeis e flexíveis no seu processo de produção.

Diante destes fatos, os projetistas vêm aliando aos processos criativos outros processos sistemáticos e metodológicos, com vistas a auxiliá-los a resolver problemas com nível de complexidade mais elevados. A intenção de utilizá-los é gerenciar melhor as informações do