

DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES

Juscelino de Farias Maribondo

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Mecânica.
Cx.P. 10.069 – 58.109-970 – Campina Grande, PB, Brasil.

Nelson Back

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica.
Cx.P. 476 – 88.040-900 – Florianópolis, SC, Brasil.

Fernando Antônio Forcellini

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica.
Cx.P. 476 – 88.040-900 – Florianópolis, SC, Brasil.

***Resumo.** A necessidade de permanência no mercado e a busca pela satisfação dos desejos dos consumidores, vem forçando as indústrias a serem mais ágeis e flexíveis no seu processo de produção. Em busca dessa agilidade e flexibilidade, muitas delas, passaram a utilizar uma técnica de projeto conhecida por projeto de sistemas modulares. Embora não seja uma técnica recente, seu processo de projeto ainda se encontra pouco esclarecido e pouco sistematizado. Diante desse fato, o presente trabalho tem por objetivo dar uma contribuição à área de desenvolvimento de produtos industriais, no tocante a apresentação de diretrizes básicas para o desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares. Assim sendo, inicialmente, faz-se uma breve revisão histórica sobre o assunto. Em seguida, destacam-se as principais metodologias de projeto existentes que tratam do tema. Posteriormente, definem-se as diretrizes, mencionadas acima, que orientam o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares. Por fim, apresentam-se as conclusões relativas ao estabelecimento dessas diretrizes, procurando enfatizar sua importância tanto para o estabelecimento dessa metodologia de projeto como de outras metodologias de projeto afins.*

***Palavras-chave:** Metodologia de Projeto, Sistema Modular, Módulos.*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de permanência no mercado e a busca pela satisfação dos desejos dos consumidores, vem forçando as indústrias, ao longo dos anos, a serem mais ágeis e flexíveis no seu processo de produção.

Em busca dessa agilidade e flexibilidade, muitas delas, passaram a utilizar uma técnica de projeto destinada a criar uma variedade de produtos finais a partir da combinação de um grupo de componentes intercambiáveis, funcionalmente independentes, conhecida por projeto de sistemas modulares.

Os estudos para o desenvolvimento dessa técnica de projeto, iniciaram no início do século, através de pesquisadores americanos e franceses, culminando com o que ficou conhecido por produção em massa (MARIBONDO, 1998).

Algumas das aplicações dessa técnica foram observadas durante a Segunda Guerra mundial, mais precisamente, na construção de pontes que facilitavam o transporte de tropas e máquinas de guerra sobre rios e córregos (SHAKER & GREENWALD, 1994).

SIONG et al. (1992) comenta, também, que nessa mesma época surgem os conceitos de intercambiabilidade e fixação modular, os quais são aspectos importantes no desenvolvimento e confecção de sistemas modulares.

Duas décadas depois, anos 60, surgiu o que se cunhou de produção modular, isto é, a capacidade de projetar e fabricar partes que podem ser combinadas de várias maneiras, onde tais combinações podem sofrer modificações devido às necessidades do mercado, ou seja, devido a fatores externos ao processo de fabricação (STARR, 1965).

Nesse contexto, destaque maior é dado às indústrias automobilísticas e moveleiras americanas as quais, durante essa década de 60, fizeram uso de tal técnica para aumentar a venda de seus produtos – veículos e móveis (STARR, 1965).

Para alguns pesquisadores citados na literatura especializada, os conceitos de produção modular surgiram para satisfazer a duas razões básicas, a saber: 1) as razões funcionais e 2) as razões de comercialização.

As razões funcionais, para o desenvolvimento dessa produção modular, estão ligadas às necessidades de melhorar o desempenho, a capacidade, ou modificar rapidamente a configuração do produto em uso (ULRICH & TUNG, 1991).

Por sua vez, as razões de comercialização, para o desenvolvimento dessa produção modular, estão ligadas aos interesses pessoais dos consumidores em escolherem seus produtos de forma personalizada (ULRICH & TUNG, 1991).

Além dessas razões há de se destacar outros dois pontos importantes ligado ao desenvolvimento de sistemas modulares, a saber: agilidade e flexibilidade do processo produtivo.

Esses pontos seriam obtidos através das seguintes características de fabricação, a saber: a) facilidade ou capacidade de produzir e encomendar uma grande variedade de produtos a baixo custo, ou seja, possuir grande customização de produtos; b) capacidade de produzir rapidamente novos produtos ou produtos modificados no mercado; c) desenvolver produtos com alta qualidade, concebidos visando as fases do ciclo de vida dos produtos; d) reconfiguração dinâmica do processo de produção, com vistas a acomodar rapidamente as mudanças no projeto do produto ou em toda uma nova linha de produtos.

No entanto, passados mais de 50 anos, tal técnica de projeto ainda se encontra pouco esclarecida e sistematizada. Esse fato pode ser melhor compreendido quando liga-se essas afirmações à busca das indústrias pela permanência ou ganho de novos mercados. A partir daí, percebe-se a importância do projeto de sistemas modulares como “arma” estratégica na conquista desses objetivos. Além disso, a literatura científica tem dado pouco espaço sobre esse assunto, corroborando para a falta de informações mais claras sobre o desenvolvimento de sistemas modulares.

Diante desses fatos, o presente trabalho tem por objetivo maior dar uma contribuição a área de desenvolvimento de produtos industriais, mais precisamente no tocante a apresentação das diretrizes básicas para o desenvolvimento de uma metodologia de sistemas modulares.

Assim sendo, inicialmente apresenta-se uma breve revisão histórica do desenvolvimento de sistemas modulares, como forma de buscar as origens dos mesmos, situando melhor o problema em estudo.

Em seguida, destacam-se as principais metodologias de projeto existentes que tratam do desenvolvimento de sistemas modulares, com vistas a apresentar o estado da arte ligado a esse tema – desenvolvimento de sistemas modulares.

Posteriormente, apresentam-se as diretrizes para o desenvolvimento de uma metodologia de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares, as quais podem ser

compreendidas como sendo orientações, ou rumos, ou guias, a serem seguidos, com vistas a deixar esse processo de projeto mais claro, melhor documentado e mais sistematizado.

Em seguida, com base nessas diretrizes apresentadas, faz-se uma avaliação de algumas metodologias de projeto existentes, que abordam temas ligados a sistemas modulares, procurando verificar se as mesmas atendem, atendem parcialmente, ou não atendem as diretrizes mencionadas.

Posteriormente, apresenta-se o primeiro nível de desdobramento do processo de projeto de uma proposta metodológica, baseada nessas diretrizes, destinada a auxiliar os projetistas no desenvolvimento de sistemas modulares.

Por fim, apresentam-se as conclusões relativas ao estabelecimento dessas diretrizes, procurando enfatizar sua importância no estabelecimento de critérios não só para o desenvolvimento desse tipo de processo de projeto, como também para o balizamento de outros processos de projeto de aplicações específicas.

2. ESTADO DA ARTE DAS METODOLOGIAS DE PROJETO QUE ABORDAM TEMAS LIGADOS AO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS MODULARES

Como mencionado anteriormente, a literatura técnica especializada não tem dado a devida atenção a esse tema de grande importância para o desenvolvimento e a permanência no mercado, das indústrias.

Entre os trabalhos que podem ser citados que reportam o tema e que apresentam metodologias de projeto voltadas para esse fim, destacam-se: a norma alemã VDI 2221; PAHL & BEITZ (1996), ERIXON et al. (1996), GU et al. (1997) e HUANG & KUSIAK (1998).

A VDI 2221, apresenta os seguintes estágios para a sua proposta metodológica, a saber: 1) Clarificar e definir a tarefa; 2) Determinar as funções e suas estruturas; 3) Pesquisar por princípios de solução e suas combinações; 4) Dividir em módulos realizáveis; 5) Desenvolver os leiautes dos módulos chaves; 6) Completar o leiaute global; e, 7) Preparar instruções para a produção e operação. Percebe-se menção ao termo “módulos” nos estágios 4 e 5. No entanto, o nível de abstração é muito alto nesses estágios para que se entenda com clareza, o que se tem que fazer para conseguir tais módulos.

PAHL & BEITZ (1996), se apoiam na VDI 2221 e apresentam sua proposta metodológica através de seis passos básicos, a saber: 1) Clarificar a tarefa; 2) Estabelecer as estruturas de funções; 3) Pesquisar por princípios de solução e concepções variantes; 4) Selecionar e avaliar; 5) Preparar leiautes dimensionados; e 6) Preparar documentos para a produção. Dentro dos passos 2 e 3, fazem menção ao desenvolvimento de um sistema modular. Apresentam um esquema de desdobramento funcional que subdivide a função global em cinco tipos de funções, a saber: funções básicas, auxiliares, especiais, adaptativas e específicas dos consumidores. Com base nessas funções, eles concebem os módulos básicos, auxiliares, especiais, adaptativos e não-módulos, os quais podem gerar um sistema modular ou um sistema misto. No entanto, apesar deles detalharem melhor o processo sugerido na VDI 2221, o nível de abstração para se obter tais módulos ainda é alto, contribuindo para não elucidar o processo de obtenção de módulos e interfaces.

ERIXON et al. (1996), por sua vez, apresentam uma proposta metodológica destinada a auxiliar os projetistas na busca pela modularidade dos componentes pertencentes a um grupo de sistemas existentes. Em outras palavras trata-se de uma forma especial de projeto na qual, intencionalmente, cria-se um alto grau de dependência ou fácil acoplamento entre os componentes do produto, pela padronização das especificações de suas interfaces. Tal metodologia de projeto é apresentada em cinco passos básicos, a saber: 1) Esclarecer as especificações de projeto. Traduzir para a linguagem de projeto as necessidades brutas dos

clientes e usuários do projeto; 2) Selecionar soluções técnicas. Encontrar soluções técnicas. Analisar e selecionar; 3) Gerar concepções. Identificar módulos possíveis. Examinar possibilidades de integração; 4) Avaliar concepções. Analisar interfaces. Calcular efeitos; e, 5) Melhorar cada módulo, usando ferramentas de projeto que auxiliam na montagem e na desmontagem de produtos, além do emprego da MIM (Module-Indication-Matrix), uma matriz, apresentada por esses autores, destinada auxiliar a equipe de projeto a encontrar os possíveis módulos para um grupo de sistemas existentes. Trata-se de uma metodologia de projeto mais clara do que as apresentadas anteriormente, em virtude do seu nível de detalhamento e uso de outras ferramentas de projeto já consagradas na literatura, tais como: a matriz da Casa da Qualidade, a matriz de PUGH e técnicas de projeto para a fabricação e montagem. Apesar de ser um avanço na busca por uma melhor sistematização e detalhamento desse processo de projeto ele, ainda, carece de outras subdivisões com vistas a estreitar as abstrações entre os processos de tomada de decisão entre um passo e outro.

GU et al. (1997), apresentam uma proposta metodológica desdobrada nas seguintes fases, a saber: 1) Definição do problema. Identificar os tipos e as características de problemas de projeto. Decompor o problema de projeto. Identificar os objetivos do projeto modular; 2) Análise das interações. Identificar os fatores relevantes. Criar a matriz de interação. Calcular o peso médio das interações; e, 3) Criação dos módulos. Especificar as restrições. Agrupar os componentes em módulos. Interagir. Trata-se de uma metodologia de projeto voltada para o desenvolvimento de projetos modulares, tendo-se como parâmetro de desenvolvimento as fases do ciclo de vida do produto. É uma proposta de projeto interessante, em função do desdobramento do seu processo de projeto. No entanto, o nível de detalhamento desse processo de projeto, ainda, precisa ser melhorado, com vistas a fornecer um esclarecimento maior do processo de tomada de decisão para os passos apresentados ao longo dessa metodologia de projeto.

HUANG & KUSIAK (1998), já apresentam uma proposta metodológica que visa encontrar modularidade em produtos e sistemas. Para isso, se apoiam em princípios matemáticos e concebem a chamada “*matriz modularidade*”, formada pela derivação de duas outras matrizes, a saber: 1) *matriz de interação*, responsável por relacionar componente a componente do sistema, a fim de encontrar possibilidade de uní-los ou agrupá-los na forma de módulos; e, 2) *matriz de conveniência*, responsável por relacionar componente a componente do sistema, a fim de encontrar a conveniência de agrupá-los num mesmo módulo. Todo o processo de obtenção da matriz modularidade é desenvolvido com base num algoritmo composto por sete passos, que visa dentro desse processo encontrar três tipos de modularidade, a saber: 1) modularidade em permutar componentes; 2) modularidade em compartilhar componentes; e, 3) “bus modularity”. A Figura 1, esclarece melhor esses tipos de modularidades mencionadas. Trata-se, portanto, de um processo bastante interessante para obtenção de módulos em sistemas e produto. No entanto, assim como as demais, necessita de um maior detalhamento do seu processo de projeto, com vistas a facilitar a sua aplicação e seu uso.

Diante do exposto, percebe-se que embora existam esforços para apresentação de metodologias de projeto, voltadas para o desenvolvimento de sistemas modulares, ainda constata-se que seus processos de projeto não são uniformes e que o nível de abstração de suas fases e passos, que conduzem a criação dos módulos e das interfaces, ainda, é elevado. Esses fatos, terminam por dificultar, muitas vezes, a sua compreensão e sua utilização, perante os projetistas, na busca por tais sistemas – sistemas modulares.

Assim sendo, passa-se no tópico a seguir a traçar as diretrizes consideradas básicas para o desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, as quais devem estar embasadas em orientações de desenvolvimento de metodologias de projeto de aplicação geral; em definições de termos técnicos ligados a sistemas modulares, módulo,

interface, modularidade e modularização; em ferramentas de projeto voltadas para a montagem e desmontagem de produtos, entre outras.

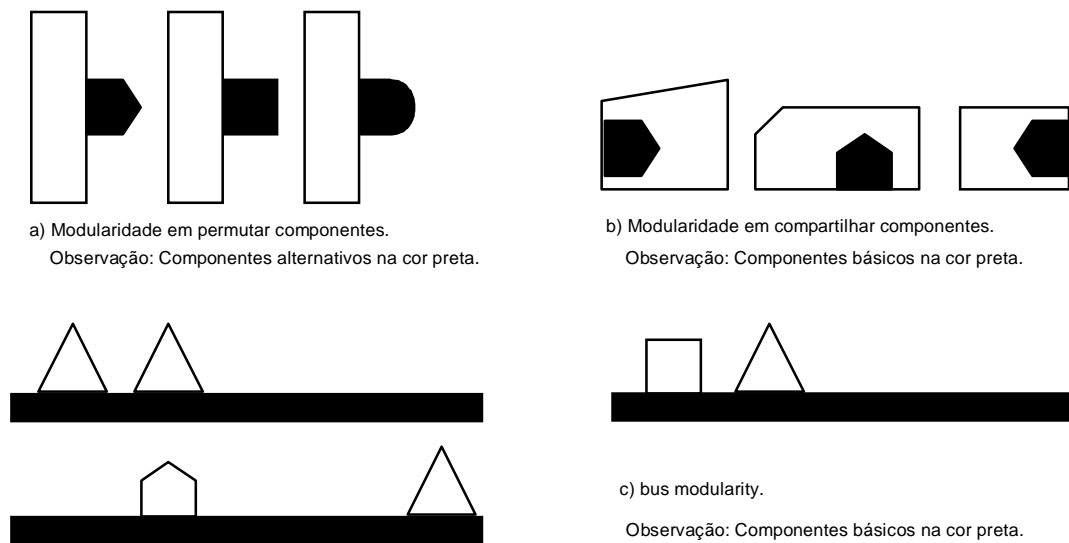


Figura 1. Tipos de modularidades obtidas através da “matriz modularidade” apresentada por Huang & Kusiak (1998).

3. DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES

As diretrizes para o desenvolvimento de metodologias de projeto tem por objetivo principal oferecer orientações, rumos ou guias, aos seus desenvolvedores, com vistas a estabelecer os seguintes critérios para o desenvolvimento de processos de projeto, a saber: 1) forma de apresentação ; 2) nível de desdobramento; 3) definição das ferramentas de apoio ao projeto a serem utilizadas; 4) definição de mecanismos de avaliação, e 5) definição da forma de apresentação dos resultados obtidos.

O estabelecimento dessas diretrizes só foi possível a partir de uma vasta pesquisa envolvendo temas ligados a metodologias de projeto, sistemas modulares, entrevistas com usuários reais e potenciais de metodologias de projeto e de análises das definições de termos técnicos utilizados no desenvolvimento de sistemas modulares, tais como: módulo, interface, modularidade, modularização, entre outros.

A intenção dessa pesquisa era a de obter respostas para as seguintes indagações: 1) Quais são as orientações que devem ser observadas quando do desenvolvimento de uma metodologia de projeto? e, 2) Quais são as orientações que devem ser observadas quando do desenvolvimento de uma metodologia de projeto de aplicação específica, como é o caso da metodologia de projeto de sistemas modulares apresentada neste trabalho?

As respostas para essas indagações nem sempre são fáceis e simples em função da complexidade dos problemas que as metodologias de projeto tem que abranger e do grau de subjetividade empregado por cada autor no desenvolvimento de suas propostas metodológicas.

No entanto, apesar desses fatos, o que foi observado ao longo dessa pesquisa que buscava as bases para o desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, foi a menção aos seguintes termos: *ferramenta estruturada, farta documentação, um conjunto de ferramentas de projeto, mecanismos de avaliação e retroalimentação de*

dados, habilidade para suportar testes funcionais, padronização, adaptabilidade, permutabilidade, entre outros.

Muito embora, neste texto, estes termos pareçam soltos, eles têm uma valiosa carga de informação no estabelecimento dessas diretrizes, mencionadas anteriormente, e no estabelecimento das diretrizes destinadas ao desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares, palco desse trabalho.

O valor dessas informações residem nos fatos delas indicarem a necessidade de oferecer um processo estruturado, ou seja, apresentado de forma sequenciada, que auxiliem os usuários dessas metodologias de projeto a fragmentar o problema de projeto em problemas menores, mais fáceis de entender e de encontrar soluções para os mesmos; a de oferecer uma farta documentação de apoio ao processo de tomada de decisão, seja ela através de relatórios preliminares, questionários ou outros tipos de documentos, entre outros.

Além desses termos mencionados, das informações sobre metodologias de projeto e sobre o desenvolvimento de sistemas modulares, foram observados na literatura especializada convenções (uso de setas, retângulos, losangos, entre outros), que ajudavam a representar e, melhor esclarecer, todo o processo de projeto de várias propostas metodológicas. Juntas, todas essas informações contribuíram para o esclarecimento das indagações, mencionadas anteriormente, fornecendo as bases para a proposição das diretrizes apresentadas a seguir.

Diretriz 1: *Estabelecimento da forma de apresentação da metodologia de projeto.* A metodologia de projeto de sistemas modulares, deve ser apresentada na forma de um fluxo ou de uma diagramação, com sua respectiva convenção, contendo as indicações de início, desenvolvimento e fim do processo de projeto, com vistas a mostrar de forma resumida e de maneira mais clara o processo de projeto como um todo;

Diretriz 2: *Estabelecimento do nível de desdobramento do processo de projeto.* A metodologia de projeto de sistemas modulares deve ser desdobrada (fragmentada) nos seguintes estágios, a saber: fases, etapas, tarefas e passos, os quais ajudam a reduzir o nível de complexidade do problema apresentado, facilitando o processo de tomada de decisão;

Diretriz 3: *Definição das ferramentas de projeto que serão utilizadas no processo de projeto.* A metodologia de projeto de sistemas modulares deve conter as seguintes ferramentas de projeto de auxílio a equipe de projeto, a saber: a) ferramentas de projeto destinadas a definir a função global e as demais funções globais variantes para o sistema modular; b) ferramentas de projeto destinadas a estabelecer as estruturas funcionais variantes, que atenda de forma técnica, as várias demandas de mercado; c) ferramentas de projeto destinadas a auxiliar a encontrar princípios de solução que atendam as funções técnicas constantes das estruturas funcionais do sistema modular; d) ferramentas de projeto destinadas a encontrar os meios de reunir os princípios de solução em grupos que poderão formar os módulos do sistema modular; e) ferramentas de projeto destinadas a encontrar os meios de unir tais módulos uns aos outros – determinar as interfaces; f) ferramentas de projeto destinadas a criar uma padronização dos elementos necessários a construção, montagem e testes desses módulos; g) ferramentas de projeto destinadas a estabelecer o número de módulos mínimos em cada sistema modular e, h) ferramentas de projeto destinadas a avaliar se esses módulos e essas uniões padronizadas (as interfaces) atendem os objetivos e as metas, previamente, traçadas;

Diretriz 4: *Definição dos mecanismos de avaliação dos resultados do processo de projeto.* A metodologia de projeto de sistemas modulares deve conter questionários ou outras formas similares de documentos que auxiliem a equipe de projeto a rever os objetivos previamente determinados no início do projeto; e,

Diretriz 5: *Definição da forma de apresentação final dos resultados obtidos.* A metodologia de projeto de sistemas modulares deve proporcionar como resultado final de sua aplicação, documentos contendo desenhos normalizados, bidimensionais ou tridimensionais,

que retratem de forma detalhada e minuciosa todos os módulos, todas as interfaces e todas as formas de combinações possíveis entre esses módulos, com vistas a gerar a família de produtos pertencentes ao sistema modular. Tais documentos devem ser entregues na sua forma final à produção. No entanto, existem os estágios anteriores à apresentação desses resultados finais que precisam ser documentados e entregues aos membros responsáveis pelo desenvolvimento do projeto. Nesse caso, devem ser previstos relatórios parciais, gráficos, análise de custos, entre outros, que resumam as atividades já desenvolvidas e os dados obtidos em cada estágio do trabalho. Tal procedimento, permitirá aos responsáveis pelo projeto a enxergar o nível de profundidade a que eles se encontram no processo de projeto, auxiliando no processo de tomada de decisão.

Com base nessas diretrizes é possível, por exemplo, fazer avaliações quanto ao nível de clareza, de informação e de detalhamento das metodologias de projeto existentes. Um exemplo dessa avaliação está apresentada no Quadro 1.

Quadro 1. Avaliação de metodologias de projeto existentes quanto ao desenvolvimento de sistemas modulares.

	Diretriz 1	Diretriz 2	Diretriz 3	Diretriz 4	Diretriz 5
VDI 2221	Atende	Atende parcialmente	Não atende	Atende	Atende
Pahl e Beitz	Atende	Atende parcialmente	Atende parcialmente	Atende	Atende
Erixon et al.	Não atende	Não atende	Atende	Não atende	Atende
Gu et al.	Não atende	Atende parcialmente	Atende	Não atende	Atende
Huang e Kusiak	Não atende	Atende parcialmente	Atende	Não atende	Atende

Diante desse quadro, percebe-se que tais metodologias de projeto não contemplam todas as diretrizes estabelecidas nesse trabalho.

Assim sendo, apresenta-se na Figura 2, uma proposta metodológica voltada para esse fim, tendo-se como guia para o seu desenvolvimento a aplicação das diretrizes estabelecidas ao longo desse trabalho.

Essa proposta metodológica faz parte de uma pesquisa maior que está sendo desenvolvida no Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP), pertencente ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina.

No entanto, devido ao volume de informações e de detalhamento contido numa metodologia de projeto desse tipo, apresenta-se apenas, neste trabalho, o primeiro nível de desdobramento do processo de projeto (desdobramento do processo de projeto em fases), ficando para outros trabalhos a divulgação dos demais estágios desse processo de projeto (vide MARIBONDO et al. 1999).

Antes, porém, observando a Figura 2, já é possível visualizar com clareza o nível de informação e de detalhamento a que se pode chegar com a aplicação dessas diretrizes. Neste caso (apresentado na Figura 2), as diretrizes utilizadas foram a de número 1 (que trata da forma de apresentação da metodologia de projeto através de um fluxo com sua respectiva convenção) e, parcialmente, a de número 2 (que trata do nível de desdobramento do processo de projeto).

Desta forma, espera-se apresentar em trabalhos subsequentes, uma metodologia de projeto de sistemas modulares que tenha um processo de projeto mais claro e melhor detalhado com vistas a facilitar o seu uso e sua aplicação junto as atividades de ensino, pesquisa e indústria.

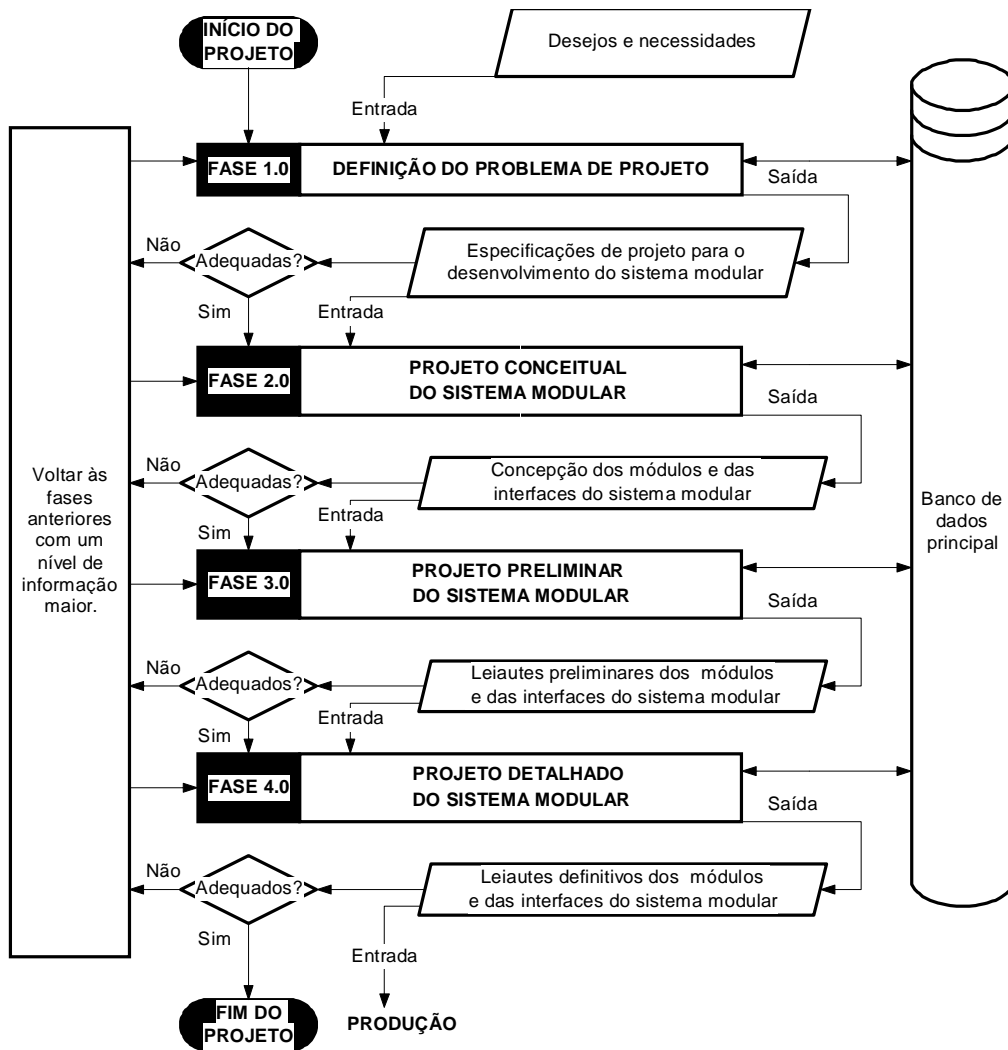


Figura 2. Uma proposta metodológica para o desenvolvimento de sistemas modulares .

4. CONCLUSÕES

Após pesquisar sobre o desenvolvimento de sistemas modulares e o estado da arte das metodologias de projeto que abordam esse tema, constatou-se que a técnica de desenvolvimento de tais sistemas já vem sendo empregada pelas indústrias há vários anos.

Muito embora, se observe tal fato, destaca-se que o seu processo de projeto, ainda, carece de um melhor detalhamento, com vistas a facilitar o seu entendimento e a sua aplicação.

Entre as razões que contribuem para este fato, destacam-se: a concorrência entre as indústrias; o pouco espaço dado a este assunto pela literatura técnica especializada e, a falta de uniformização entre as propostas metodológicas existentes.

Muito embora, estas razões sejam importantes para a ocorrência deste fato, pôde-se constatar, também, ao longo desta pesquisa, a falta de diretrizes básicas destinadas ao desenvolvimento de metodologias de projeto. O não estabelecimento dessas diretrizes básicas proporciona uma grande variedade de modelos metodológicos, que terminam por dificultar, muitas vezes, o seu entendimento e a sua aplicação.

Diante do exposto, o trabalho que se apresenta tem uma importância peculiar, não só no sentido de buscar as origens e o estado da arte do desenvolvimento de sistemas modulares,

como também o de lançar as diretrizes básicas para o desenvolvimento de metodologias de projeto. Este último ponto se destaca dos demais, devido a sua importância como guia para o desenvolvimento de metodologias de projeto. E, como até o presente momento, não foram apresentadas recomendações desse tipo (que auxiliassem os desenvolvedores de metodologias de projeto a conceberem tais metodologias), acredita-se que em aplicações futuras seja possível obter propostas metodológicas mais claras, melhor documentadas e mais fáceis de entender e utilizar.

5. REFERÊNCIAS

- Erixon, G., Yxkull, A. von and Arnström, A., 1996, Modularity – the basis for product and factory reengineering, *Annals of the CIRP*, Vol. 45/1/199, pp. 1-6.
- Gu, P., Hashemian, M. and Sosale, S., 1997, Product modularization for reuse and recycling, *DE-Vol. 94/MED-Vol. 5, Concurrent Product Design and Environmentally Conscious Manufacturing*, ASME.
- Huang, Chun-Che & Kusiak, A., 1998, Modularity in design of products and systems. *IEEE Transactions on Systems, MAN, and Cybernetics – Part A: Systems and Humans*, January, Vol. 28, nº 1.
- Maribondo, J. de F., Back, N. e Forcellini, F. A., 1998, A fundamentação e as perspectivas de projeto de produtos modulares, V Congresso de Engenharia Mecânica Norte Nordeste, Outubro 28-30, Fortaleza, CE, Brasil, Vol. 1, pp. 86-93.
- Maribondo, J. de F., Back, N. e Forcellini, F. A., 1999, Uma proposta metodológica para o desenvolvimento de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares, submetido ao XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Novembro 22-26, Águas de Lindóia, São Paulo, SP, Brasil.
- Pahl, G. & Beitz, W., 1996, *Engineering design. A systematic approach*, Springer-Verlag London Limited, printed in Great Britain.
- Romanos, M. S., 1989, Demand forecasting for parts used in modular products: A case study, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam – Printed in the Netherlands, *Engineering Costs and Production Economics*, 17, pp. 231-144.
- Shaker, S. M. & Greenwald, J. H., 1994, Modular evolution, *Civil Engineering*, May, pp. 64-67.
- Siong, L. B., Imao, T., Yoshida, H., Goto, K., Koh, S. L., Lim, D., Chin, L. and Gan, S. C., 1992, Integrated modular fixture design, *Princing and Inventory Control Expert System*, *INT. J. PROD. RES.*, Vol. 30 (9), pp. 2019-2044.
- Starr, M. K., 1965, Modular production – A new concept, *Harv. Bus.*, 43 (6): pp. 131-142.
- Ulrich, K. & Tung, K., 1991, Fundamentals of product modularity, *DE-Vol. 39, Issues in Design Manufacture/Integration*, ASME, pp. 73-79.
- VDI Guideline 2221: Systematic approach to the design of technical systems and products: Düsseldorf: VDI-Verlag, 1987.

GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY OF DESIGN OF MODULAR SYSTEMS

Abstract. *The need for permanence in the market and the search for satisfaction of the consumers desires, forced the industries to be more agile and flexible in their production process. Seeking agility and flexibility, many of them, started to use a technique known as modular systems design. Although it is not a recent technique, its design process still seems not very enlightened and or systematized. Considering this fact, the present work has the objective of contributing to the area of development of industrial products, by presenting*

basic guidelines for the development of a modular systems design methodology. In this way this work begins a brief review on the subject (matter). The main existing design methodologies that deal with the theme are focused further on, and the above mentioned guidelines, that orient the development of modular systems design methodology are defined. Finally, conclusions regarding the establishment of those guidelines are presented, seeking to emphasize their importance both for establishing of that design methodology as other kindred design methodologies.

Key-words: *Design Methodology, Modular System, Modules.*