

SISTEMÁTICA E METODOLOGIA DE PROJETO: UMA ABORDAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Delgado Neto, Geraldo Gonçalves, geraneto@fem.unicamp.br¹
Dedini, Franco Giuseppe, dedini@fem.unicamp.br¹

¹Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM), Departamento de Projeto Mecânico (DPM), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Laboratório de Sistemas Integrados (LabSIn). Rua Mendeleev, 200 – Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, Campinas, SP, Brasil. CEP: 13083-860 – Caixa Postal 6122

Resumo: Neste trabalho é proposto um estudo que tem como objetivo demonstrar a aplicabilidade da metodologia de projeto, para segmentos de produtos e serviços. A criação de novos produtos implica em uma elevada probabilidade de insucesso. Técnicas que permitam reduzir o tempo de desenvolvimento de projeto, com maior eficiência e que sejam sistematizadas são altamente indicadas, para projeto e melhorias de produtos e serviços. A acirrada concorrência no mundo empresarial provoca instabilidades e mudanças nos mais diversos setores. Por decorrência desta condição surgem novas necessidades de mudanças nas operações e nas atividades dos negócios. Desta forma, tanto o ambiente interno como o externo, assim como as exigências governamentais se tornam influência no desenvolvimento das empresas e em projetos ao longo do tempo. Neste ambiente competitivo e dinâmico, o desenvolvimento de novos produtos tem se tornado o principal foco de competição industrial internacional em busca de mercados consumidores sofisticados, e que tentam acompanhar as evoluções tecnológicas. A missão de uma equipe de desenvolvimento de novos produtos é encontrar soluções para os problemas e necessidades do mercado. Para tanto, esta equipe deve ter um grande conhecimento interdisciplinar, idéias e talentos para determinar as características técnicas, econômicas e ecológicas do produto perante o fabricante e o usuário. As soluções precisam atender aos objetivos pré-determinados. Esclarecidos os problemas estes são transformados em sub-tarefas concretas que a equipe terá pela frente durante o processo de desenvolvimento do produto.

Palavras-chave: Metodologia de projeto; Desenvolvimento de produtos; Sistematica de projeto

1. INTRODUÇÃO

A acirrada concorrência no mundo empresarial provoca instabilidades e mudanças nos mais diversos setores. Por decorrência desta condição surgem novas necessidades de mudanças nas operações e nas atividades dos negócios. Desta forma, tanto o ambiente interno como o externo, assim como as exigências governamentais se tornam influência no desenvolvimento das empresas e em projetos ao longo do tempo.

Neste ambiente competitivo e dinâmico, o desenvolvimento de novos produtos tem se tornado o principal foco de competição industrial internacional em busca de mercados consumidores sofisticados, e que tentam acompanhar as evoluções tecnológicas (Machado *et al*, 1997).

A missão de uma equipe de desenvolvimento de novos produtos é encontrar soluções para os problemas e necessidades do mercado. Para tanto, esta equipe deve ter um grande conhecimento interdisciplinar, idéias e talentos para determinar as características técnicas, econômicas e ecológicas do produto perante o fabricante e o usuário. As soluções precisam atender aos objetivos pré-determinados. Esclarecidos os problemas estes são transformados em sub-tarefas concretas que a equipe terá pela frente durante o processo de desenvolvimento do produto (Pahl *et al*, 2005).

Esta atividade apresenta inúmeros aspectos, podendo ser descrita sob diferentes pontos de vista. Pahl *et al* (2005), situam o projeto no centro de influências interferentes da vida cultural e técnica da sociedade moderna, conforme Fig.(1).

A indústria brasileira ainda não apresenta um caminho bem definido na área de desenvolvimento de projetos de produtos. O que muito se vê nesta área é a tropicalização de produtos, através da execução de cópias, projetos similares, adaptados, com substituição e a isto, denomina-se erroneamente de desenvolvimento de novos produtos. (Leite, 2007).

A idéia de desenvolvimento de produto na indústria brasileira surgiu principalmente na era de Getúlio Vargas e de Juscelino Kubitschek, em que a principal proposta e palavra de ordem eram o desenvolvimentismo, trazendo produtos do mercado externo para serem fabricados no País. A conseqüência disto foi a negligencia de metodologias de projeto, pois para os engenheiros da época havia o conforto do fazer intuitivo, em face ao fazer sistematicamente. Outra causa

para essa falha no conhecimento na área de projetos e o atraso das áreas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) era a necessidade e ambição de retorno rápido dos investimentos, em geral de curto prazo.

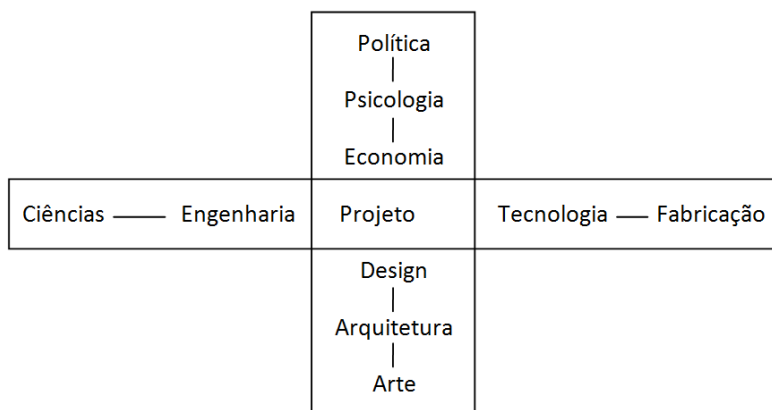


Figura 1. Atividade de projeto como interseção das atividades cultural e tecnológica, adaptado (Pahl et al, 2005).

A partir da década de 80, com o lançamento da primeira obra literária brasileira sobre metodologia de projetos, do autor Nelson Back, ocorrem estímulos a pesquisadores e universidades sobre o tema. Desde então, universidades, equipes e centros de pesquisa vem introduzindo a cultura e a filosofia do projeto no meio acadêmico e industrial.

Atualmente, no Brasil, verifica-se que esta mudança de ponto de vista sobre projetos tem trazido bons resultados, em especial em alguns segmentos do mercado nacional, especialistas em suas áreas de atuação. Para exemplificar empresas desenvolvedoras, há empresas como a Opto eletrônica, localizada na cidade de São Carlos, criada a partir de um centro de pesquisa e que atualmente desenvolve e fabrica espelhos especiais para satélites, vencendo concorrentes europeus e americanos. Outro exemplo é a Petrobrás que para atender a sua demanda específica perceberam a necessidade de desenvolver um departamento de P&D e varias parcerias com universidades e centros de pesquisa. Um ponto importante a ser observado é o valor das lições aprendidas, através de um levantamento histórico e pesquisa para desenvolvimentos “tropicalizados” e evitar cometer erros repetidos ao longo da história industrial do país.

Outro ponto importante a destacar é o de que em países em desenvolvimento, às vezes faltam as condições necessárias para o melhor desenvolvimento de produtos, como por exemplo, investimentos e infra-estrutura de pesquisa, condições tecnológicas e sociais. Com isso há uma maior facilidade de se trabalhar com adaptações e melhorias do produto, e o desenvolvimento dos produtos ocorre nos países com centros de desenvolvimento próprio. Dessa forma, nos países com extensão das empresas matrizes. Ocorre a transferência internacional de tecnologia, (Caminada Netto, 2006).

2. PROJETO E METODOLOGIA

Existem inúmeras definições sobre projeto, que mostram como é ampla a conceituação do “ato de projetar”. Cada autor ou pensador tem sua definição ótima a respeito. Como descrito por Ertas e Jones (1993), design de engenharia é o processo de desenvolver um sistema /componente, ou processo, de forma a atender determinadas necessidades.

É um processo de decisão - muitas vezes iterativo - no qual as ciências básicas - matemática e ciências da engenharia - são aplicadas para converter recursos otimizados para o atendimento de um objetivo primário.

Na visão de Back (1983), o projeto de engenharia é uma atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura.

Metodologia é o estudo dos métodos aplicados a soluções de problemas teóricos e práticos. O conceito “método” deriva etimologicamente do grego e significa “caminho para alguma coisa”, “caminho para se chegar a um fim” ou “andar ao longo de um caminho”.

Neste sentido, as metodologias são aplicadas no desenvolvimento de projetos. Para se obter bons resultados, independentemente de acasos, é necessária a adoção de metodologias no processo de criação.

A metodologia nada mais é do que um instrumento de trabalho e, portanto deve-se atentar à crença que, de sua aplicação, resultaria automaticamente num bom projeto de produto. O bom resultado é função da capacidade técnica e criativa de quem resolve o problema, sendo a metodologia apenas um suporte lógico. O objetivo de toda metodologia é apoiar o projetista no desenvolvimento do projeto.

O primeiro autor que abordou de uma forma mais orientada as atividades desenvolvidas ao longo do processo de projeto de engenharia, foi Asimow, M., em 1962, com a obra *Introduction to design: fundamentals of engineering design*.

A metodologia proposta por Asimow (1968), procura determinar de forma extensiva e encadeada todos os passos do desenvolvimento de produtos. Apresenta grande importância histórica, por se tratar de um trabalho pioneiro no desenvolvimento de metodologias de projeto.

Asimow (1968), apresentou a morfologia para desenvolvimento de um projeto, como mostra a Fig(2). Segundo o modelo, o projeto irá se desenvolver através da série de fases apresentadas. Dentro do modelo proposto pelo autor uma nova fase não começará antes que a anterior esteja completa, mas esta determinação pode ser modificada para alguns casos

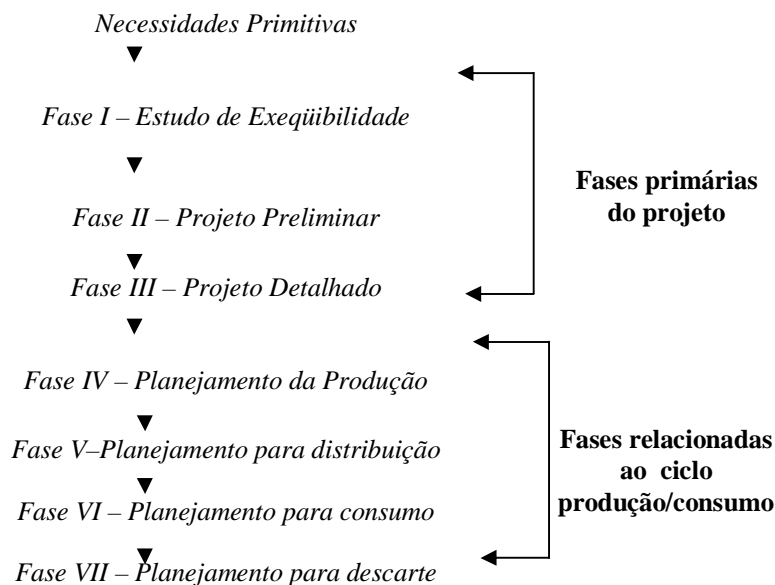


Figura 2. O Fluxograma de projeto proposto por Asimow (1968).

Muitos autores desenvolveram seus trabalhos a partir da metodologia apresentada por Asimow (1968), adaptando-a às necessidades do contexto atual. Como exemplo pode-se citar o trabalho de Ertas e Jones (1993).

Em 1966, Woodson, T., com a obra *Introduction to engineering design*, trata sobre a forma sistemática de desenvolvimento de projetos de engenharia.

Em 1972 – 1974, Pahl, G. e Beitz, W., publicaram artigos em revistas, descrevendo a prática de projeto, como resultados de pesquisas de diversos centros acadêmicos na Alemanha. Surge assim, a sistematização do processo de desenvolvimento de produtos.

Em 1981, Blanchard, B. S. e Fabrycky, W. J., com a obra *Systems engineering and analysis*, propõem o enfoque no ciclo de vida do produto e apresentam uma melhor visão global do processo de desenvolvimento de produtos, próxima da atual visão da engenharia simultânea.

Em 1983, Back, N., com a obra *Metodologia de projeto de produtos industriais*, publicou a primeira obra sobre metodologia de projeto de produtos industriais no Brasil. O conteúdo cobre aspectos de projeto do produto, desde a especificação, até a construção e teste do protótipo.

Em 1985, surge a metodologia baseada na norma alemã VDI 2222, derivada da VDI 2221 de 1977. A VDI 2222 procura determinar de forma geral, o que deve ser o “ato de projetar”, e busca delimitar o campo de projeto, apresentando um fluxo comum a todas as metodologias propostas para a atividade de projeto, conforme figura 2.6.

Em 1986, ASME (American Society Of Mechanical Engineers) , com a obra *Design theory and methodology: a new discipline*, publica um artigo que apresenta recomendações e diretrizes para o ensino e pesquisa na área de metodologia.

Em 1992, David G. Ullman, com a obra *The mechanical design process*, descreve as metodologias de desenvolvimento de produtos, com as visões de engenharia simultânea, qualidade total e desenvolvimento integrado ou projeto para competitividade, com preocupação com as reais necessidades do consumidor.

Em 1993, Yoshikawa, numa tentativa de organizar as metodologias existentes, propõem divisão em escolas, agrupando assim as metodologias, segundo premissas básicas que as compõem.

Em 1993, Clausing afirma que a competição global do mercado exige das empresas processamento constante das informações envolvidas nas etapas do ciclo de vida do produto. E descreve as metodologias de desenvolvimento de produtos, com as visões de engenharia simultânea, qualidade total e desenvolvimento integrado ou projeto para competitividade.

Segundo Clausing (1993), a aplicação de ferramentas, como o QFD, no desenvolvimento de produtos é uma resposta aos principais problemas encontrados no processo tradicional de projeto, como: não ouvir o consumidor, não focar a competição, pouca troca de informação entre projeto e produção, perda de informações e outros problemas apresentados nos métodos tradicionais.

Nos métodos tradicionais as necessidades do consumidor são verificadas pelo Departamento de Marketing que informará ao Planejamento de Produto. Este fluxo tenderá a distorcer a necessidade inicial do consumidor, criando um produto que não responde aos anseios do mercado.

Em 1993, Suh procura delimitar o projeto de sistemas através de axiomas, e destaca principalmente a independência dos requisitos funcionais.

Em 2006, Henrique Rozenfeld et al, com a obra Gestão de desenvolvimento de produto, apresenta uma sistemática de gates, que no final de cada fase do processo de desenvolvimento, deve acontecer uma revisão e aprovação formal dos produtos.

2.1. Estado atual do desenvolvimento de projeto do produto

Verifica-se que os trabalhos publicados atualmente apresentam o processo de desenvolvimento de produtos industriais dividido em três fases principais; planejamento, projeto do produto e implementação.

A fase de projeto do produto pode ser dividida em três etapas; viabilidade, preliminar e detalhado. Observa-se que nestas três etapas existem certas variações de conceitos de acordo com a publicação e o autor, mas indicam-se de uma forma geral estas três etapas para facilitar a apresentação do estado atual do desenvolvimento de projeto do produto.

As diversas publicações sobre desenvolvimento de projeto do produto pesquisadas apresentam uma preocupação em comum com globalização de mercado, *standartização* e rápido lançamento de novos produtos para satisfazer um mercado em constante crescimento.

Segundo Krishnapillai e Zeid (2006), a massificação da produção e a procura de clientes com perfil mais homogêneo para facilitar a produção em vez de responder as reais necessidades de uma população é um grande erro, pois se observa que existe a influência cultural de cada país nos produtos, e que modificações, mesmo que discretas, em função da cultura regional garante uma melhor aceitação. Segundo Bruce (2007), o produto precisa ser personalizado em função da cultura.

Há trabalhos que mostram forte preocupação com causa e efeito, de falhas no processo de produção, buscando corrigir problemas durante a produção em vez de corrigi-los durante o desenvolvimento do produto. Du (2008) apresenta a aplicação de modelos matemáticos e metodologia na manufatura durante a fase de processo de produção, para aumentar a qualidade dos produtos.

Segundo Salhieh (2007), identificar as funções de cada componente durante o desenvolvimento de produtos evita redundâncias dentro do projeto do produto e ajuda a criar famílias de produtos com o mínimo de mudanças entre produtos desta família, mostrando uma preocupação com o planejamento do produto e Maier e Fadel (2007), alerta para o uso de projeto modular para criar famílias de produtos de forma otimizada.

Na fase de Planejamento do produto outros autores como Zhai et al (2009) mostram a importância do estudo das interações entre necessidades do consumidor e características de produto afetivas no projeto de produto.

Outros trabalhos mostram a produção de moldes na fase Preliminar, pulando o estudo de Viabilidade e os autores sugerem que esta seja substituída por pesquisa durante a construção do molde de produção, dispensando as fases de criatividade e planejamento, segundo Kamrani e Vijayan (2005) usando CAD pode-se acelerar a produção e tempo de lançamento em alguns casos.

Segundo Wu e Xie (2007), o uso de softwares pela equipe de projeto e de uma metodologia incomum a todos envolvidos no projeto geram menos erros na produção e aumenta a qualidade dos produtos, e mesmo benefícios para o meio ambiente como mostra o trabalho de Yang et al (2009). Para Zwolinski et al (2006) é importante o projetista considerar dentro do ciclo de vida do produto a fase de descarte e reaproveitamento do produto, promovendo desta forma a sustentabilidade.

De acordo com Yea et al (2008), as tecnologias de protótipos virtuais são eficientes para fazer um investigação, mas é necessário que o projeto já tenha sido construído e desenvolvido, mostrando que é indispensável o uso de uma sistemática de projeto, independente da ajuda da tecnologia de prototipagem rápida e modelos virtuais.

Dentre os diversos autores pesquisados o desenvolvimento integrado de projeto do produto, o uso de tecnologias como softwares, a identificação das funções de cada parte e peças de um produto, produtos inequívocos, e o foco no cliente, podem ser distribuídos nas três fases de desenvolvimento do produto: viabilidade, preliminar e detalhado. Porém, todas são apresentadas individualmente em cada etapa e não explicadas ou aplicadas em todas as fases do projeto.

3. METODOLOGIA DE PROJETO PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Segundo Dedini (2002), Processo de Desenvolvimento de Produtos Industriais, é dividido em três etapas sequenciais; Planejamento, Projeto do Produto e Implementação. Com foco na etapa de Projeto de Produto como pode ser visto na Fig(3) é apresentada a morfologia do processo de projeto com os resultados de cada uma de suas fases.

O roteiro de projeto é todo desenvolvido em etapas, com informações e explicações, que auxiliam o projetista. Após as etapas concluídas, o projetista obtém um relatório com os conceitos fundamentais, para o desenvolvimento do projeto.

Na Figura(3), são mostradas as etapas das três fases de atuação: estudo de viabilidade, projeto preliminar e projeto detalhado na forma de fluxograma. Com as respectivas atividades envolvidas em cada fase.

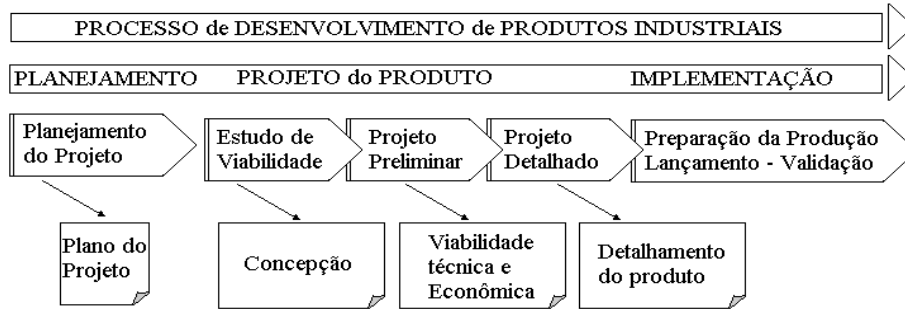


Figura 3. Processo de desenvolvimento do produto, adaptado Delgado Neto (2005)

O desenvolvimento do produto envolve as seguintes fases de projeto: Estudo de Viabilidade, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado. Um aspecto fundamental destas fases é a sua relativa independência de forma que ao final das atividades de uma das fases ela não será mais retomada. Isto permite um gerenciamento eficiente de prazos e metas, assim como de parâmetros de projeto. Outra vantagem deste procedimento é a obrigatoriedade de varredura de todas as possibilidades permitindo atingir resultados novos ou promissores em pouco tempo, apesar da longa fase inicial, fundamentalmente criativa. Assim de todas as etapas, destaca-se a fase de Estudo de Viabilidade, uma vez que nela são definidas as características do produto que determina o seu desempenho ao longo do ciclo de vida, Dedini (2002).

No Projeto Preliminar, o aspecto fundamental desta fase é a seleção e otimização da melhor solução da fase de viabilidade. Isto permite a formulação matemática, simulações e testes.

Apresentou-se estas três fases de projeto, através de fluxogramas: Estudo de Viabilidade, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado. Convertem-se estes três fluxogramas, de cada uma das fases, em uma forma gráfica que facilita a visualização em um único conjunto de fases, como pode ser visto na Fig(4). Esta forma gráfica na qual todas as fases são apresentadas juntas facilita a visualização e compreensão do desenvolvimento do projeto do produto pelo projetista, apresentando o Método de uma forma linear.

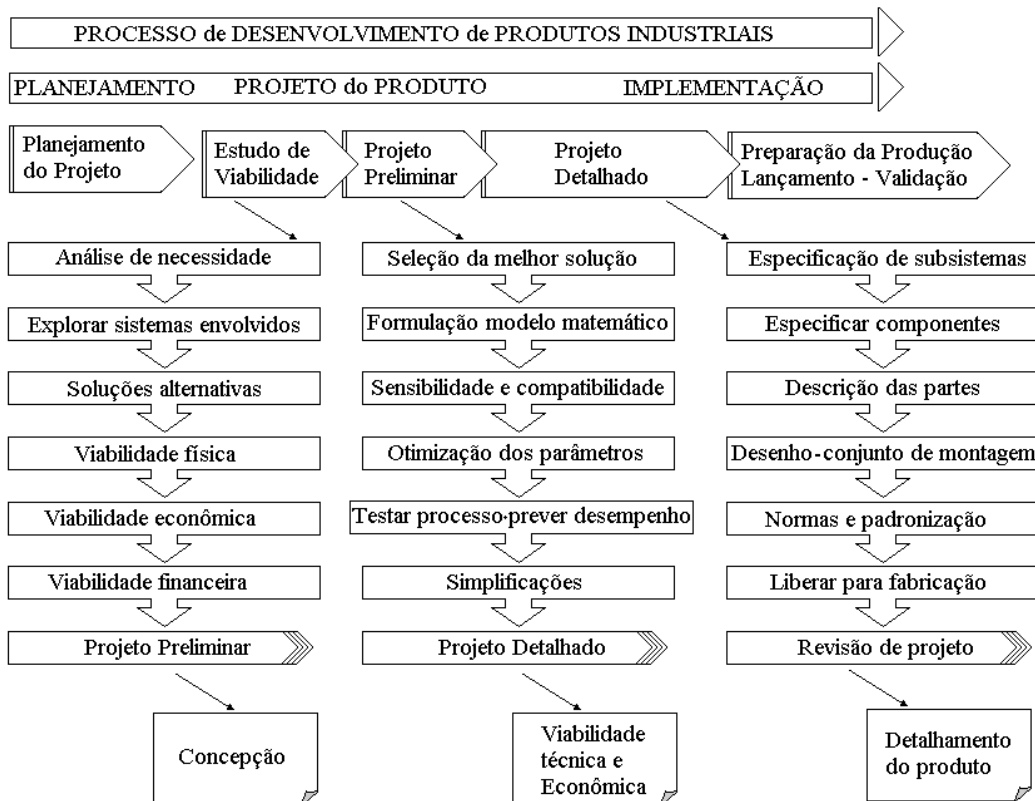


Figura 4. Etapas que compõe a morfologia da metodologia, Delgado Neto (2008)

3.1. Etapas que compõe a metodologia – Estudo de Viabilidade

Fundamentalmente esta é uma etapa de elaboração de soluções alternativas usando a criatividade e a coleta de informações como fundamentos. No desenvolvimento desta etapa são previstos testes experimentais com protótipos a fim de estudar princípios de funcionamento ou melhorias de parâmetros. Também nesta fase um primeiro esboço de valor e custo deve ser elaborado, através da Engenharia do Valor.

O primeiro passo para o estudo de viabilidade de um projeto é a análise das necessidades que o mercado apresenta, e que o esforço de engenharia tem condições de suprir. A necessidade pode estar oculta ou ainda nem existir, sendo induzida ou evocada quando houver disponibilidade de meios econômicos para sua satisfação. Ela também pode ser sugerida por uma realização técnica que torne possível os meios para a sua satisfação, como no caso de novos desenvolvimentos tecnológicos.

A correta identificação da necessidade é fundamental para justificar o investimento do tempo no desenvolvimento do projeto e sua realização. Existem dificuldades para se atingir a correta identificação das necessidades de mercado. Assim, deve-se evitar o risco de se impor idéias ao mercado consumidor. Muitas idéias geniais não encontraram respaldo no mercado, seja por momentos inadequados, custo ou simplesmente fatores de moda e convenções sociais.

Ferramentas mais utilizadas neste caso são o Benchmarking e o uso do QFD, Desdobramento da Função Qualidade, basicamente na forma da primeira Casa da Qualidade, como descrito por Machado (1997).

Para execução desta etapa é fundamental se estudar e conhecer o problema do projeto, ou a necessidade. Após ter esta identificação claramente definida, surgirá algum esboço de idéias para o projeto. Estas idéias deverão combinar princípios, físicos e matemáticos. Para realização do projeto, pode-se combinar novas técnicas com técnicas já consolidadas. A criatividade para se criar novos produtos é fundamental. Caso as soluções para o projeto não sejam satisfatórias, pode-se passar para a etapa seguinte a qual apresenta algumas metodologias de criatividade.

Utilização do Modelo Funcional, como indicado por Pahl et al (2005) ou o desenvolvimento do Quadro Funcional ou Morfológico, que fornece aos projetistas uma visão sistemática das funções e dos componentes necessários ao funcionamento do sistema permitindo uma exploração sistemática de todas as possíveis variantes para um dado sistema como indicado por Ulrich e Eppinger (2004).

A seguir, na etapa de soluções alternativas, através de algumas ferramentas auxiliares na criação de novas idéias, buscam-se soluções alternativas que sejam viáveis, e a partir destas, elaboram-se por exemplo: croquis e maquetes, diagramas, bem como comparam-se com as alternativas e soluções já existentes para o projeto.

No projeto pode-se usar a criatividade como uma forma eficiente de desenvolver novas idéias. Basicamente o projeto é, em todas as suas fases, um ato criativo, no qual a intuição e a metodologia têm função complementar, Back (1983). A conclusão do Estudo de Viabilidade dá-se com as análises de viabilidade física, econômica e financeira.

3.2. Etapas que compõe a metodologia – Projeto Preliminar

A etapa do projeto preliminar inicia-se com um conjunto de soluções úteis desenvolvidas no estudo de viabilidade. O objetivo de um projeto preliminar é estabelecer qual das alternativas propostas apresenta a melhor concepção para o projeto. Cada uma das soluções alternativas fica sujeita à análise detalhada até que fique clara uma classificação através de critérios pré-estabelecidos. Com os estudos de síntese, são estabelecidos os limites de controle para cada parâmetro do projeto, assim como os limites de tolerância nas características dos elementos constituintes do projeto.

Nesta etapa, a avaliação dos materiais, processos construtivos, assim como o arranjo dos componentes e suas formas geométricas, permitem caracterizar os parâmetros importantes para o projeto. Através de recursos matemáticos é possível fazer um modelo matemático para o projeto e prever o seu possível desempenho. É estabelecida uma otimização de caráter geral (técnico construtivo/ econômico/ desempenho) e um ou mais projetos são liberados para detalhamento. Na parte experimental são elaborados protótipos funcionais, para testar características inovativas e de desempenho, e protótipos em escala (ou maquetes) para verificar problemas de montagem e acesso, bem como de aceitação (valores estéticos). Confiabilidade, otimização técnica / funcional, e valoração são pontos fundamentais desta fase.

Assim, o primeiro passo é comparar as várias soluções úteis, a fim de selecionar uma como a melhor concepção experimental. Os atributos vantajosos e desvantajosos de cada solução são registrados e é selecionada a que apresentar o conjunto mais favorável.

Com tudo, é difícil saber se os atributos registrados são importantes para as comparações entre as diversas soluções. Cada solução tem associada a si mesma, várias vantagens e benefícios, que são esperados a advir caso ela seja adotada. Cada projeto tem um conjunto de particularidades, que leva a várias conseqüências ou dificuldades, que podem ser mais ou menos fáceis de serem superadas. Desse modo, os três elementos que são interessantes na formulação de decisões críticas, quando estas surgem no processo do projeto, são as alternativas, os benefícios e as dificuldades de execução.

No decorrer do projeto, este passa do abstrato para o concreto. O projeto começa com uma concepção mental, passando por um modelo e se tornando um objeto físico. Os modelos são a ponte de ligação entre a concepção mental e o objeto físico. Tão importante quanto as descrições verbais e ilustrações gráficas, são as descrições simbólicas, pois elas podem ser manipuladas com a facilidade que apresenta a lógica matemática em lidar com as implicações latentes na concepção.

A descrição simbólica torna-se um mecanismo que habilita o projetista a utilizar informações sobre a concepção, a fim de antecipar, analítica ou numericamente, o comportamento do protótipo. Nesse sentido, a descrição simbólica torna-se um arquétipo (modelo) matemático do objeto físico que ainda está por ser materializado.

O uso do modelo é importante para melhor visualização do projeto e seus subsistemas, bem como estudar seu funcionamento e possíveis falhas não previstas.

A análise de sensibilidade determina quais são as variáveis mais críticas no que se refere ao desempenho do sistema, e quais são os valores destas variáveis dentro da faixa crítica. Pretende-se saber quão sensível é o desempenho do sistema ao ajuste dos vários parâmetros: aqueles que afetam criticamente o desempenho devem ser cuidadosamente ajustados, ao passo que outros, menos críticos, podem ser arrançados de acordo com as conveniências.

Os parâmetros representam várias características do sistema: algumas podem caracterizar-se por suas dimensões críticas, outras por suas propriedades e qualidades importantes, e outras ainda, por serem possíveis estados do sistema.

Ao projetar deve-se prever várias situações nas quais o projeto pode oferecer risco ao usuário, ou ainda, em situações de má aplicação ou de uso incorreto, que garanta a integridade do usuário. Executa-se fatores que não são muito comuns, como por exemplo, projetar uma casa para resistir a um terremoto, sendo que está localizada em um lugar onde nunca ocorreu uma situação deste tipo, pois ao se investir em reforços estruturais desnecessários, se agrega valor desnecessário ao produto.

A otimização só pode ser efetuada após o desenvolvimento do sistema, quando já se tem um entendimento completo do mesmo. Nesta fase pode ser chamada de maximização dos lucros.

O passo consiste em determinar os valores dos parâmetros de projeto, de modo que os objetivos sejam mais bem alcançados, como especificados no critério formulado.

Até agora tentou-se fixar todos os principais parâmetros a valores definidos e singulares, todavia, para que o projeto se desenvolva, os parâmetros devem receber valores específicos. Para alguns dos parâmetros, isto significa uma fixação rígida a um único valor, como no caso do diâmetro de um determinado eixo de um mecanismo.

Um modo de se determinar o valor que deve prevalecer é, simplesmente, escolher qualquer combinação viável que seja considerada conveniente, isto é, combinações viáveis que satisfaçam todas as limitações de projeto, e, portanto, das quais se espera que funcionem.

Para se obter uma combinação ótima que seja superior as outras, podem ser aplicadas aproximações sucessivas, modificando-se os resultados dos projetos. Avaliação de como o sistema se confrontará com os padrões de excelência no futuro, e previsão de como o sistema se comportará sob várias condições nas quais ele poderá funcionar, dados os valores dos parâmetros de projeto, o desempenho do sistema deverá ser avaliado, testado e verificado.

À medida que, um projeto progride através dos vários passos, a concepção original inevitavelmente se torna mais complicada. O simples e o óbvio são difíceis de serem conseguidos. As soluções que primeiramente se apresentam, são embaraçadas e difíceis, mas, com o seu amadurecimento, torna-se evidente que podem ser simplificadas e desembaraçadas. E antes de se passar para a fase do projeto detalhado, deve-se verificar todos os meios possíveis de serem simplificados.

3.3. Etapas que compõe a metodologia – Projeto Detalhado

Nesta etapa do projeto, a melhor solução construtiva é detalhada em todos os seus pormenores, isto é, cada componente é calculado, desenhado, e otimizado a fim de se chegar a um produto fabricável. Esta é a fase do Projeto das Tolerâncias.

Nesta etapa pode-se construir os protótipos de pré-série, de forma a verificar possíveis problemas de montagem ou de adequação.

Nesta etapa são elaborados: verificação das tolerâncias, formas construtivas e possíveis variantes do sistema; desenhos de componentes (dimensionamento, tolerâncias, materiais, acabamento superficial, tratamento térmico ou químico, etc.); composição dos componentes em subgrupos e grupos construtivos. Confecção dos desenhos de conjunto e de montagem; elaboração de uma lista final de peças; fabricação de protótipos e modelos experimentais de pré-séries. Controle final e confecção de memoriais de cálculo e descritivos; e elaboração de manuais de montagem, instalação, operação e manutenção.

O projeto detalhado conduz à concepção geral do projeto, desenvolvida nas etapas anteriores. O projeto torna-se nítido e fisicamente realizável, através da construção de um protótipo, a partir de um conjunto completo de instruções, testando-se o mesmo, e fazendo-se as necessárias revisões nas instruções, até que o sistema ou mecanismo seja satisfatório para produção, distribuição e consumo.

Para iniciar a etapa de especificações de subsistemas, é necessário estar com um layout diretor provisório, o qual deverá apresentar, por intermédio de desenhos, os resultados do projeto preliminar.

No projeto preliminar, focaliza-se a atenção na concepção geral; os subsistemas foram examinados apenas como parte da concepção. Agora, cada subsistema deve ser observado como uma entidade individual, e este, deve ser avaliado com os mesmos cuidados dedicados no projeto preliminar, atentando para as limitações de orçamento do projeto para cada subsistema.

A concepção de subsistemas alternativos, para o projeto, deverá ser avaliada e selecionada, através do mesmo processo de decisão usado na seleção da concepção do sistema. A solução selecionada deve ser analisada com respeito à sensibilidade, compatibilidade e estabilidade. Deve ser otimizada da mesma maneira como foi o sistema, e sujeita a investigações sobre as possibilidades de complicações.

Por fim, prepara-se um layout diretor provisório para cada subsistema, o qual traduzirá, através de desenhos, os resultados dos projetos dos subsistemas. Esses layouts tornam-se a base para o desenvolvimento do projeto dos componentes.

O trabalho necessário para o projeto dos componentes é praticamente uma repetição do que foi indicado para os subsistemas. Da mesma maneira que o sistema compreende vários subsistemas, estes, usualmente, compreendem um certo número de componentes, os quais são desenvolvidos da mesma maneira que os subsistemas. Nesta etapa do projeto os objetos se tornam menos abstratos, e os componentes são detalhadamente descritos e desenhados.

Como no caso do subsistema, os resultados dos projetos dos componentes devem estar encerrados nos layouts diretores provisórios, que constituem a base para o projeto detalhado das partes.

As partes são as peças elementares com as quais são montados os componentes. Assim, quando uma parte está sendo projetada, nenhuma questão pertinente ao seu projeto deve permanecer sem solução; nenhuma ambigüidade sobre sua forma, seu material, ou seu tratamento, deve nublar as instruções para sua fabricação.

Os problemas de compatibilidade e simplificação têm especial importância no projeto de partes. Eles nos levam a questões sobre tolerâncias em dimensões, propriedades físicas, mecânicas e químicas, composição de materiais e qualidade de mão-de-obra. A associação com os custos de produção deve ser estreita, pois tolerâncias mais severas motivam custos mais altos.

Os meios de produção devem ser considerados cuidadosamente, pois, se refletem na capacidade de fabricação da companhia e nos custos de produção. Os desenhos detalhados oferecem oportunidades para cuidadosas verificações.

Uma parte é definida por sua descrição, a qual deve ser suficientemente completa para descrever precisamente o que ela deve ser após ser fabricada. Para se realizar esse objetivo, talvez sejam necessários: desenhos detalhados, especificações, instrumentações especiais, símbolos padrões, observações, esboços especiais e revisão ou modificações.

Somente depois que as partes constituintes são projetadas, é que a forma de um componente pode ser fixada. O layout provisório do componente pode então ser substituído, experimentalmente, por um desenho para montagens finais. Se ocorrer alguma incompatibilidade nos desenhos para montagem, estes devem ser revisados.

Após a preparação das montagens dos componentes, os desenhos correspondentes das montagens para os subsistemas devem ser elaborados. Novamente, incompatibilidades e incongruências de vários tipos podem ser reveladas, e devem ser corrigidas pelo mesmo processo de interação. Não se pode negligenciar de que forma será a relação espacial entre as peças. Nesse ponto, os custos de produção esperados podem ser estimados com maior precisão.

Os passos seguintes envolvem a construção de um ou mais protótipos para fins experimentais, e o risco de um extensivo programa de testes. Para alguns tipos de projeto, a construção de modelos de pequeno porte, ao invés da elaboração de desenhos para montagem, tem-se mostrado mais barata, mais rápida e mais útil na conversão do projeto para construção.

Com os desenhos dos conjuntos de montagens prontos, estes devem ser organizados, e verificados se os conjuntos de desenhos estão completos, e quais serão necessários para a produção. Os desenhos deverão estar dentro dos padrões e normas pertinentes ao produto. São avaliados os conjuntos de desenhos e, se necessários, são revisados.

Com os registros e as anotações da construção do protótipo, e os dados e outras observações do programa de testes, pode-se iniciar as preparações para a revisão. Pode ser feita uma acurada análise de custos, que deverá apresentar o custo diário de produção. Se o custo de produção estimado é muito alto, deve então ser estabelecido um grande programa de redução de custos como base para subseqüentes reprojetsos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia se mostra eficaz no aumento da competitividade e melhores níveis de projetos apresentados com o seu uso, resultando na contribuição de melhor desempenho das áreas científicas (acadêmica e pesquisa) e tecnológicas (indústria).

Existe uma corrente de pensamento não formal dentro do desenvolvimento de produtos, que prega que qualquer forma de sistematização poderá cedo ou tarde agir como inibidor do processo criativo. Há a idéia de que o produto nasce de uma mente privilegiada, que via de regra, é também a personalidade mais forte dentro de um grupo de trabalho. Estes mitos dificultam a aplicação da metodologia e geram uma resistência histórica dentro da área de projeto integrado. Existe possibilidade de modificar esses mitos através da persistência e aplicação sistemática das metodologias ao longo de períodos de tempo relativamente curtos, evitando que o projeto fique sujeito aos erros e aos re-projetos.

Assim, o uso de ferramentas metodológicas não esta restrito ao desenvolvimento de projetos complexos, mas é através desses que se percebe a necessidade de um suporte lógico, exterior ao projeto e que vai permitir o seu desenvolvimento de forma sistemática e eficiente.

Após pesquisa das várias metodologias conclui-se que a maioria não apresenta grande nível de detalhamento de suas fases e apesar de haver preocupação com a utilização de equipes multidisciplinares, o nivelamento da linguagem dirigida aos diversos profissionais presentes nos projetos é negligenciada. A utilização direcionada da metodologia de projeto apresentada mostra-se capaz de promover a inovação nos projetos.

O desenvolvimento de produtos com equipes de pesquisa contribuíram para melhorar e estruturar novas ferramentas para o auxílio no desenvolvimento de produtos e projetos, com a produção e publicações científicas, proporcionando uma divulgação no meio acadêmico, que adequou novas idéias de melhorias ao programa e a metodologia.

Com a troca de conhecimento proporcionado entre as equipes de pesquisa agregou novas ferramentas e exemplos a metodologia, que por sua vez garantiu uma melhor organização da informação e desenvolvimento do produto com equipes multidisciplinares, como a construção de protótipos em parceria com outras universidades e indústrias.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio e o incentivo da CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e Unicamp (Universidade Estadual de Campinas).

6. REFERÊNCIAS

- Asimow, Morris, 1968, "Introdução ao projeto de engenharia", Mestre Jou, São Paulo, 171p.
- Back, N., 1983, "Metodologia de projeto de produtos industriais", Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 389 p.
- Bruce, M., Daly, L.; Kahn, K. B., 2007, Delineating Design Factors that Influence the Global Product Launch Process. "The Journal Of Product Innovation Management", n. 24, p.456-470.
- Caminada Netto, A., 2006, "Gestão da qualidade em projeto e desenvolvimento do produto: contribuição para a avaliação da eficácia". Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Clausing, D., 1993, "Total quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering", AsmePress, New York.
- Dedini, F.G., 2002, Sistemas e métodos de Projeto. "Apostila pós-graduação", Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, SP.
- Delgado Neto, G. G., 2005, "Uma Contribuição à Metodologia de Projeto para o Desenvolvimento de Jogos e Brinquedos Infantis". Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- Delgado Neto, G. G. et al, 2008, Aplicação do roteiro crítico de projetos em cursos de graduação. In: "Anais do V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica", Salvador, v. CON08, p.1-9.
- Du, Shichang et al, 2008, Product lifecycle-oriented quality and productivity improvement based on stream of variation methodology, "Computers In Industry", n. 59, p.180-192.
- Ertas, A.; Jones, J. C., 1993, "The engineering design process". 2. ed., Willy, New York.
- Kamrani, Ali; Vijayan, Abhay, 2006, A methodology for integrated product development using design and manufacturing templates. "Journal Of Manufacturing Technology Management", v. 17, n. 5, p.656-672.
- Krishnapillai, Rajeev; Zeid, Abe, 2006, Mapping product design specification for mass customization. "Journal Of Intelligent Manufacturing", n. 17, p.29-43.
- Leite, Heymann A.R.(org.), 2007, "Gestão de projeto do produto: a excelência na indústria automotiva", Atlas, São Paulo.
- Machado, C. S., 1997, "Contribuição ao Estudo da Metodologia e Morfologia do Processo de Projeto Mecânico". Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- Maier, J. R. A.; Fadel, G. M., 2007, A taxonomy and decision support for the design and manufacture of types of product families. "Journal Of Intelligent Manufacturing", n. 18, p.31-45.
- Phal, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K. H., 2005, "Projeto de Engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações, Edgard Blücher, São Paulo.
- Rozenfeld, H. et al, 2006, "Gestão de desenvolvimento de produtos", Saraiva, São Paulo.
- Salhieh, Sa'ed M., 2007, A methodology to redesign heterogeneous product portfolios as homogeneous product families. "Computer-aided Design", n. 39, p.1065-1074.
- Ulrich, K. T.; Eppinger, S. D., 2004, "Product Design and Development". Mcgraw-hill, São Paulo.
- Wu, C.; Xie, Y., 2007, Linking product design in CAD with assembly operations in CAM for virtual product assembly. "Assembly Automation", v. 27, n. 4, p.309-323.
- Yang, Xiaoyu et al, 2009, A practical methodology for realizing product service systems for consumer products. "Computers & Industrial Engineering", n. 56, p.224-235.
- Yea, Xiuzi et al, 2008, Reverse innovative design—an integrated product design methodology. "Computer-aided Design", n. 40, p.812-827.
- Zhai, L., Khoo, L.; Zhong, Z., 2009, A rough set based decision support approach to improving consumer affective satisfaction in product design. "International Journal Of Industrial Ergonomics", n. 39, p.295-302.
- Zwolinski, P.; Lopez-Ontiveros, M.; Brissaud, D., 2006, Integrated design of remanufacturable products based on product profiles. "Journal Of Cleaner Production", n. 14, p.1333-1345.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

SYSTEMATIC AND DESIGN METHODOLOGY: AN APPROACH TO PRODUCT DEVELOPMENT

Delgado Neto, Geraldo Gonçalves, geraneto@fem.unicamp.br¹
Dedini, Franco Giuseppe, dedini@fem.unicamp.br¹

¹College of Mechanical Engineering (FEM), Department of Mechanical Engineering (DPM), State University of Campinas (Unicamp). Laboratory of Integrated Systems – LabSIn. Rua Mendeleev, 200 - Cidade Universitária "Zeferino Vaz", Campinas, SP, Brazil. CEP:13083-860; Postal Box: 6122

***Abstract.** This paper proposes a study that aims to demonstrate the applicability of design methodology, for segments of products and services. The creation of new products implies a high probability of failure. Techniques to reduce the time of project development, with greater efficiency and highly systematized are indicated for design and improvement of products and services. The fierce competition in the business world causes instability and changes in various sectors. In consequence of this condition needs arise from changes in operations and activities of business. Thus, both the internal environments as the external, as well as government requirements become influential in the development of companies and projects over time. In this dynamic and competitive environment, the development of new products has become the main focus of international industrial competition in search of sophisticated consumer markets, and trying to keep pace with technological developments. The mission of a team developing new products is to find solutions to the problems and needs of the market. To this end, this team should have a large interdisciplinary knowledge, ideas and talents to determine the technical, economic and ecological product to the manufacturer and the User. The solutions must meet predetermined targets. Clarified the problems they are transformed into specific sub-tasks that the team will face during the process of product development.*

Keywords: methodology, design, project development