

APLICAÇÃO DE METODOLOGIA E SISTEMÁTICA DE PROJETO EM DISCIPLINA DO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Franco Giuseppe Dedini – dedini@fem.unicamp.br

Katia Lucchesi Cavalca – katia@fem.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Faculdade de Engenharia Mecânica,
Departamento de Projeto Mecânico
Campus Zeferino Vaz – UNICAMP
13083-970 - Campinas - SP

Resumo. *No Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, a disciplina obrigatória EM-964 “Projeto de Sistemas Mecânicos” ocupa uma posição particular. Divide, dentro da grade curricular do semestre, o espaço com disciplinas eletivas (disciplinas específicas para pré-formandos), com um laboratório da área de térmica e fluidos, onde a presença é obrigatória, e com o Estágio Supervisionado em Empresas, onde o aluno vivencia o contato com o meio produtivo, inclusive recebendo um salário pelo tempo dedicado à Empresa. Dentro deste quadro, a disciplina era pouco motivadora, ainda por ser uma disciplina de projeto, onde muitos confundem o processo de projetar com o trabalho de desenho em prancheta. Uma alteração do enfoque da disciplina, movida e constantemente atualizada pelos autores desde 1993, tem dado resultados muito interessantes e motivadores. Incorporaram-se à disciplina os Conceitos de Design, Processos Criativos, Público Alvo, Confiabilidade, Modelo Matemático, Análise do valor e QFD. O desenvolvimento de um projeto coletivo, onde as três primeiras etapas do desenvolvimento de um novo produto (Estudo de Viabilidade, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado) são executadas dentro de um período determinado, tendo seus resultados apresentados e discutidos pela coletividade, inclusive com apresentação de maquetes, tem resultado em um crescente interesse por parte dos futuros alunos e da comunidade.*

Palavras-chave: *Metodologia, Projeto, Valor, QFD, Confiabilidade.*

1. INTRODUÇÃO

A dificuldade no entendimento do conceito de projeto científico começa no entendimento do conceito de projeto. Tradicionalmente, este conceito está associado ao do desenho industrial e, em seguida, ao termo *design*. Desta forma, é importante a utilização da palavra científico, uma vez que este novo projeto traz em si o desenvolvimento de sistemáticas e otimizações, que permitem a qualquer projetista atingir altos níveis de produtividade. O termo *design* pode assumir uma enorme variedade de significados, como por exemplo, referir-se a aparência estética de um objeto: *design* de moveis, de roupas, de automóveis, etc. No último caso, o termo *design* refere-se não só a aparência externa, mas a todos os demais aspectos de projeto envolvidos, como toda mecânica interna do automóvel (motores, freios, suspensões...), cujo *design* deve ser melhor executado por engenheiros que por artistas, embora, em alguns casos, sejam necessárias ao engenheiro algumas aptidões artísticas, enquanto desenvolvendo o *design* de máquinas e componentes. O Projeto em Engenharia pode e deve ir muito além, sendo muito mais que a coleção de uma série de desenhos representativos de uma máquina. O engenheiro deve procurar entender, não apenas as necessidades atuais da sociedade, mas também a direção e a rapidez com que as mudanças sociais estão ocorrendo. Para o engenheiro de projeto, o objetivo mais importante seja, talvez, o de incrementar a tecnologia, tal que esta possa promover mudanças no sentido de incrementar a qualidade de vida da sociedade contemporânea.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Assim, até poucos anos atrás, o projeto era desenvolvido em base puramente intuitiva. Esta situação mudou radicalmente nos anos mais recentes. A intuição e o talento criativo não são mais suficientes devido a uma serie de fatores:

- Com o desenvolvimento rápido das ciências e da tecnologia, os produtos do mercado atual são cada vez mais sofisticados, exigindo projetos mais complexos e, do projetista, conhecimentos muito mais profundos;
- O projeto e o desenvolvimento de novos produtos que, antigamente, eram acontecimentos relativamente raros, ficaram, hoje em dia, uma atividade permanente;
- A vida útil de um produto de alto grau inovativo ficou muito mais curta, assim como o tempo necessário ao seu desenvolvimento - do descobrimento do fenômeno científico até sua aplicação técnica;
- Com a intensificação da concorrência e a retração na taxa de crescimento do mercado, aumentaram também os requisitos ao desempenho e à qualidade dos produtos industriais, exigindo, além de aperfeiçoamentos mais audaciosos, prazos de desenvolvimento mais curtos;
- Para garantir a competitividade é necessário o emprego racional do trabalho e do material, minimizando custos de desenvolvimento e o preço do produto final;
- A gama dos elementos construtivos e o espectro das informações, utilizados atualmente no projeto, cresceram de forma que só a sistematização das operações de desenvolvimento garante um resultado adequado.

Os projetos em engenharia envolvem uma infinidade de considerações, e o desafio do engenheiro é justamente reconhecer a proporção adequada de cada uma delas. Algumas das principais categorias de informações e considerações envolvidas em projeto são descritas a seguir:

A) Considerações Tradicionais:

- a1) Para o corpo do componente: resistência, deflexão, peso, tamanho e forma.
- a2) Para as superfícies do componente: desgaste, lubrificação, corrosão, forças de atrito, aquecimento por atrito.
- a3) Custo.

B) Considerações Modernas:

- b1) Segurança.
- b2) Ecologia (poluição do solo, do ar, da água, térmica, sonora; conservação dos recursos naturais).
- b3) Qualidade de vida.

C) Considerações Gerais:

- c1) Confiabilidade e Manutenibilidade.
- c2) Estética de projeto ou *design*.

A difícil tarefa do engenheiro é a de satisfazer, dentro de algumas tolerâncias, todas as categorias de considerações, muitas vezes, incompatíveis entre si. Sendo este um problema claro a ser enfrentado pelos alunos em seu futuro próximo, esperava-se que a introdução de uma disciplina que “falasse” a mesma linguagem das empresas, sem se perder apenas na técnica, pudesse servir de apoio em mais esta etapa de suas carreiras. Assim, buscou-se uma contínua atualização dos tópicos abordados e de sua aplicação imediata em um projeto de porte razoável, cujo produto final pudesse ser viável, tanto técnica como economicamente.

3. EMENTA DA DISCIPLINA.

A ementa atual da Disciplina foi dividida em tópicos de dedicação, tendo sofrido mais duas atualizações nos últimos 4 anos. Foi publicada uma apostila com a totalidade dos assuntos tratados na disciplina, que se encontra na 4ª revisão, e a programação de aulas foi seguida rigidamente. A ementa atual é reproduzida a seguir:

- **NORMAS E SISTEMÁTICA DO PROJETO MECÂNICO.**
 - Introdução ao Projeto Científico; História e Ambiente;
 - As Atividades do Projeto; Grupos de trabalho;
 - O Processo do Projeto - Metodologias;
 - Etapa 1: Desenvolvimento, Planejamento e Especificação;
 - Etapa 2 - Projeto Conceptual; Etapa 3 - Projeto do Produto;
 - Projetar para... ; Projeto Simples; Projeto Seguro;
 - Projeto inequívoco; Morfologia do Processo de Projeto;
 - 1ª Fase : Estudo da Viabilidade;
 - 2ª Fase : Projeto Preliminar;
 - 3ª Fase : Projeto Detalhado ;
 - Documentação gerada no processo de projeto
- **ESTUDO DE VIABILIDADE**

Ferramentas da Criatividade
“Brainstorming”; Método 6.3.5; Método Delphi;
Sinéctica; Método Morfológico.
O uso do QFD no Desenvolvimento do Projeto
A Casa da Qualidade; Determinação das Metas
Como Projetar com Segurança
Segurança Ocupacional e Saúde; Legislação da Segurança
Projeto Ecológico
O Projeto Ergonômico.
Engenharia do Valor
Metodologias e Conceitos Básicos; Componentes da metodologia de EV;
O Plano de Trabalho;
Determinação do valor do Produto; O Método COMPARE;

- PROJETO PRELIMINAR;
Otimização; Confiabilidade em Engenharia;
Probabilidades e Variáveis Aleatórias;
Rank Mediano e Método das Proporções;
Função taxa de Falhas; Tempo médio até falha (MTTF);
Distribuições Estatísticas e suas Aplicações em Confiabilidade
Nível de Confiança; Aspectos Combinatórios de Confiabilidade de Sistemas;
- PROJETO DETALHADO;
Mantenabilidade e Disponibilidade; Confiabilidade e Manutenção;
Confiabilidade e Economia; A economia da redundância;
Estimativa de custo para redundância de sistemas;
Estimativa de custo para redundância de unidades;
Minimização de custos para redundância de unidades;
Análise de Disponibilidade; Dependabilidade;
Maquetagem e Prototipagem; Técnicas utilizadas para a Construção de
Protótipos Virtuais; Simulação de sistemas mecânicos (SSM);
- DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO E COMUNICAÇÃO TÉCNICA;
O relatório formal de engenharia; Preparação de Proposta;
Comunicação Oral; Apresentação Oral.

4. METODOLOGIA DE PROJETO

O processo de projeto é, essencialmente, um exercício de aplicação da criatividade. Algumas metodologias foram desenvolvidas no sentido de auxiliar na organização das várias etapas a serem cumpridas no projeto global. Uma das versões mais simples, porém não menos elucidativa, divide a metodologia de projeto em dez etapas principais de atividades. De modo geral, em cada empresa existe uma formalização de etapas de desenvolvimento, que seguem de forma mais ou menos complexa a divisão anteriormente apresentada. Neste curso, optou-se pela divisão em 3 etapas principais, sendo prioritária a aplicação de conceitos específicos para cada uma delas.

No estudo de viabilidade, é fundamental identificar o problema, definindo claramente os dados de entrada, bem como as principais considerações e limitações impostas ao projeto. O conhecimento do mercado e do cliente possibilitam o

desenvolvimento da sensibilidade do projetista em relação ao problema, traduzindo com o QFD e a Engenharia do Valor os desejos do cliente em atributos da engenharia. Os processos criativos podem e devem ser explorados de forma ampla gerando o maior número possível de soluções alternativas. No Projeto Preliminar são elaborados todos os cálculos e dimensionamentos, bem como as simulações numéricas e, eventualmente, a reavaliação do projeto ou de determinadas fases de projeto. De forma sistemática são analisadas todas as propostas alternativas, concluindo-se com um esboço ou croquis do projeto em sua forma geral. O estágio final do Projeto Detalhado envolve o conjunto de desenhos completos e especificações de componentes, desenhos de montagem e instalação, maquetes ou protótipos, manuais de instalação e uso e relatório final. Uma exigência que apresentou excelentes resultados na aplicação da metodologia de projeto, foi a incorporação de um relatório completo de atividades, com o cronograma de execução e as Atas de cada reunião de grupo, para discussão do projeto a ser executado. Notou-se que, para os alunos formandos dos anos de 1996 a 2000, a um passo do mercado, a seriedade dos procedimentos adotados pelos professores resultaram em proporcional interesse por parte dos alunos.

5. APLICAÇÕES

No final do 1º semestre dos anos de 1996 a 2000, uma série de temas foram propostos: 1996 - Desenvolvimento de um Veículo Movido a Energia Solar, 1997 – Veículos Movidos por Força Humana, 1998 – Veículos para Uso em Areia Solta, 1999 – Desenvolvimento de Pára-choques Seguros para Caminhões e finalmente em 2000 – Cadeiras-de-Rodas Motorizadas.

Os resultados, assim como as maquetes derivadas dos projetos, foram apresentados em solenidades, onde representantes de empresas conceituadas apresentaram palestras sobre o tema e escolheram os três melhores projetos. Em geral as empresas e seus representantes foram muito receptivos em relação à iniciativa e atuaram com sugestões e críticas que, ano a ano, tem melhorado a resposta à disciplina.

Em 1997 incorporaram-se ao curso noções de Mercado, Público-alvo e Casa da Qualidade e em 1998 a Análise do Valor foi definitivamente adotada como fundamental no desenvolvimento de qualquer projeto. Estas novas ferramentas aliadas às anteriormente consolidadas : Confiabilidade e Processos Criativos tornaram a disciplina muito atraente para os formandos.



Figura 1 – Vista de 3 maquetes de veículos para areia solta apresentados em 1998

6. QFD NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

As alterações sofridas no panorama atual devido a globalização de mercados, aos crescentes avanços da tecnologia e às exigências de consumidores cada vez mais conscientes, passam a exigir produtos com grande ênfase em qualidade. Desta forma custo, tempo de desenvolvimento e qualidade são consideradas as três maiores determinantes do sucesso de um novo produto. Observando o aspecto qualidade, pode-se afirmar que, até bem pouco tempo, muitos dos esforços eram direcionados a atividades de controle da qualidade na fase de produção. De fato, o termo qualidade era ligado ao “controle da qualidade”. No entanto, os aspectos de planejamento e melhoria da qualidade oferecem o maior potencial para bens de alta qualidade. Métodos sistemáticos para proporcionar o aumento da qualidade, antes da fase de produção, têm sido empregados com considerado sucesso. Um dos mais bem sucedidos é denominado *Quality Function Deployment* (QFD). Este é um processo estruturado que pretende determinar os desejos e necessidades dos consumidores e traduzi-los em requisitos técnicos de engenharia. O QFD pode ser empregado em toda a extensão do desenvolvimento de um novo produto ou melhoria de um projeto já existente. Dentro da fase inicial de desenvolvimento, o principal método utilizado para desenvolver o QFD é a matriz da *Casa da Qualidade*.

Muitas vezes, o QFD é associado a *Casa da Qualidade*, esta aproximação é simplista, pois o QFD apresenta um aspecto mais amplo e a *Casa da Qualidade* caracteriza-se como uma das matrizes utilizadas para a sua realização. Buscando apresentar uma visão mais ampla, o QFD pode ser visto como um processo sistemático que transforma os desejos do consumidor/usuário na linguagem necessária, em todos os níveis de projeto, para a implementação de um produto. Além disso, proporciona a união necessária para ligar todas as fases e administrá-las. Em suma, é um método excelente para assegurar que o consumidor obtém produtos de grande valor intrínseco.

Sua concepção foi introduzida no Japão em 1966 por Yoji Akao, como uma resposta às alterações que o mercado apresentava. Destacando-se entre elas:

- Diminuição do ciclo de vida dos produtos;
- Surgimento de inovações tecnológicas em tempos cada vez menores;
- Aumento da complexidade dos produtos;

Nove Grupos de trabalho foram formados no ano de 2000, para trabalhar em projetos de cadeiras de rodas motorizadas. O desafio lançado aos alunos era o de encontrar um público alvo, ou possíveis clientes, e desdobrar as necessidades e conceitos de qualidade destes em parâmetros de engenharia com os quais eles poderiam trabalhar.

Após 4 anos de Curso de Engenharia Mecânica os alunos sentem grande dificuldade em tratar de assuntos que transcendam a sala de aula. Desta forma, um grupo de apoio composto de médicos e fisioterapeutas ligados à área das disfunções motoras, em geral, serviu de ponte entre os alunos e os usuários. Os alunos dos nove grupos escolheram de forma independente um perfil de público alvo como crianças, idosos ou atletas, e elaborou questionários e roteiros de entrevistas para a representação da Voz do Consumidor. Em seguida, com o auxílio da Casa da Qualidade, procuraram transformar esta Voz do Consumidor em uma Voz da Engenharia, ou seja, em parâmetros técnicos mensuráveis.

A seguir, é apresentado um exemplo de Casa da Qualidade elaborado pelos alunos do Grupo Libertà:

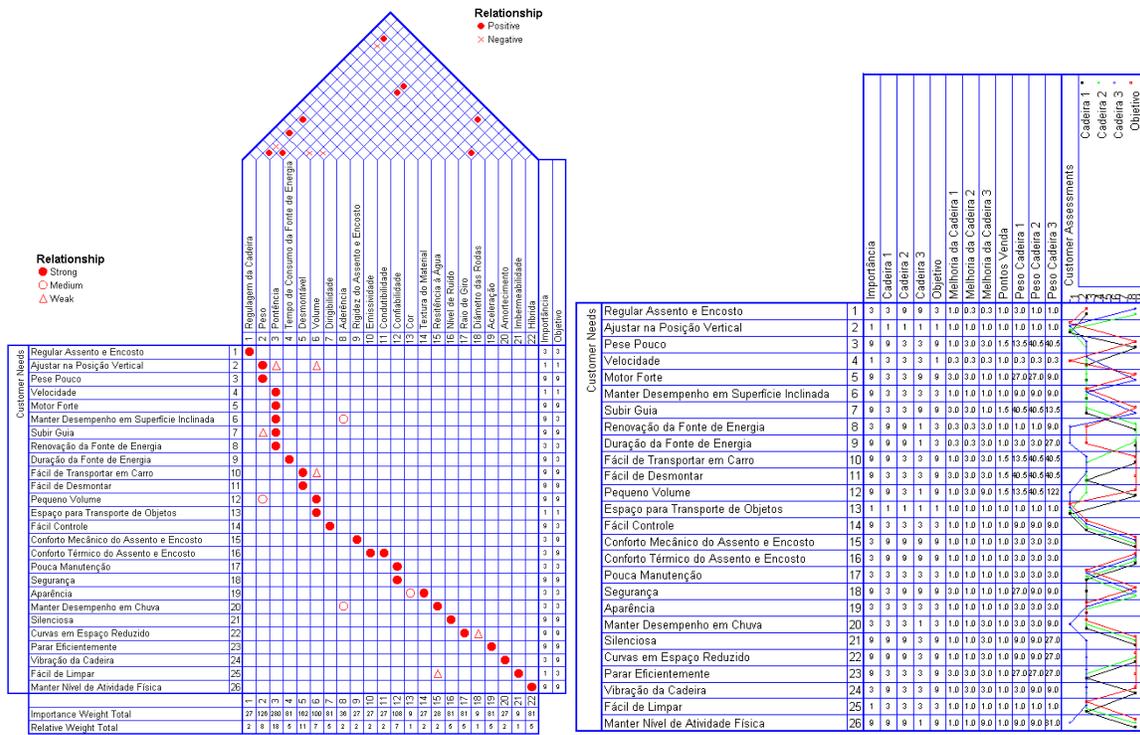


Figura 2. Casa da Qualidade do Grupo Libertà.

De posse de parâmetros adequados para desenvolver a engenharia, os grupos passam a trabalhar em terreno conhecido e se libertam para desenvolver o produto.

As aulas teóricas são planejadas de forma a serem aplicadas imediatamente no desenvolvimento do projeto. Isso tem alguns efeitos importantes, como transformar os professores em colaboradores e aliados, e permitir que o interesse e participação sejam considerados por todos os alunos como padrão normal de comportamento.

Em geral, os alunos fazem o estágio em empresas durante os primeiros dias da semana e assistem às disciplinas nas quintas e sextas-feiras. Assim, normalmente, os alunos se reúnem às tardes e noites destes dias e nos fins de semana, e aplicam no projeto os conhecimentos que acabaram de receber, com conseqüente e boa fixação de conceitos aprendidos.

7. ENGENHARIA DO VALOR

A análise do valor constitui uma abordagem original para reduzir custos de produção de bens e serviços e, simultaneamente, aumentar o valor do produto para o usuário. As técnicas de análise do valor (AV) e engenharia do valor (EV) foram desenvolvidas durante a II Guerra Mundial, visando encontrar materiais de menor custo e maior disponibilidade para substituir as matérias-primas tradicionais. Após a guerra, constatou-se que estas alterações resultaram em economias, sem prejudicar o nível de satisfação do consumidor. Lawrence D. Miles, em 1947, elaborou um primeiro e importante estudo das técnicas de análise, em torno da idéia de estudar os produtos em torno de funções, no lugar de estudar as partes ou componentes. Uma série de técnicas

foram desenvolvidas em torno desta idéia que, na sua totalidade, foi denominada *Análise do Valor*. No que diz respeito a metodologia de análise do valor, define-se quatro tipos de valores econômicos:

- Valor de custo: como sendo o total de recurso monetário necessário para produzir/obter um item.
- Valor de estima: como medida monetária das propriedades, características ou atrativos que tornam desejáveis a posse do produto.
- Valor de troca: como medida monetária das propriedades ou qualidades de um item que possibilitam sua troca no mercado.

8. ANÁLISE DO VALOR PARA CADEIRA DE RODAS MOTORIZADA

A análise de valor para a cadeira de rodas é baseada em pesquisas com os usuários de cadeiras de rodas. Com o resultados das entrevistas em mãos, tenta-se determinar as funções de uma cadeira. Com a ajuda de metodologias como o Diagrama FAST e o Método COMPARE, busca-se os custos destas funções e quantifica-se a importância de cada função para o deficiente. Neste ponto, sabe-se quais funções devem ser priorizadas pelo o fabricante e quais devem ser relegadas a segundo plano. Estas são as conclusões dos alunos do Grupo WHEEL CHAIR na apresentação de seu Estudo de Viabilidade. A técnica FAST (técnica de análise funcional de sistemas), quando aplicada a um projeto, forma um diagrama, onde são mostradas todas as funções, orientadas ao projeto, de maneira organizada, tornando visíveis suas relações e importâncias relativas.

Aplicando o Diagrama FAST para a cadeira de rodas, os alunos obtiveram as seguintes funções:

- | | |
|-----------------------|---|
| A. Ter força | I. Oferecer design |
| B. Ser leve | J. Embelezar material |
| C. Ser rápida | K. Possuir grande ângulo de ataque |
| D. Reclinar o encosto | L. Oferecer dirigibilidade |
| E. Oferecer apoios | M. Prover grande área de contato com o solo |
| F. Facilitar comandos | N. Parar |
| G. Estabilidade | O. Oferecer autonomia |
| H. Fixar o deficiente | |

Com as necessidades dos consumidores e com o consumo de recursos em mãos, os alunos montam o gráfico COMPARE. Este gráfico permite visualizar claramente o caminho a ser seguido pelo fabricante, indicando o desempenho do produto. Nele, observam-se os pontos que merecem melhorias técnicas (carecem de desempenho), e pontos em que se pode reduzir custos (excesso de desempenho não reconhecido pelo usuário). Estas conclusões são parte fundamental do conhecimento que se pretende transmitir aos futuros engenheiros.

Componentes	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	TOTAL	%	Ranking
Banco	10			25	35			10	10	10						19	11.0	3
Rodas / Esteiras	45	55					55		15	15	30	15	70			19	11.0	3
Motor	360		240													20	11.6	2
Transmissão	50	30	5									15				0	0.0	15
Bateria		100														3	1.7	12
Carenagem									15	15						18	10.5	5
Controle					85					30		85				4	2.3	11
Cinto de Segurança								10								2	1.2	13
Freio	5				5										30	13	7.6	7
Suspensão	20					60						20				13	7.6	8
Chassis	40					40		5	15							22	12.8	1
TOTAL	455	260	245	25	35	90	155	20	45	85	30	135	70	30	200			
%	24.2	13.8	13.0	1.3	1.9	4.8	8.2	1.1	2.4	4.5	1.6	7.2	3.7	1.6	10.6			
Ranking	1	2	3	13	11	7	5	14	10	8	12	6	9	12	4	172	100	10

Figura 3 – Custos relativos entre componentes e funções e Valores Relativos entre as funções obtidos pelo Grupo WHEEL CHAIR.

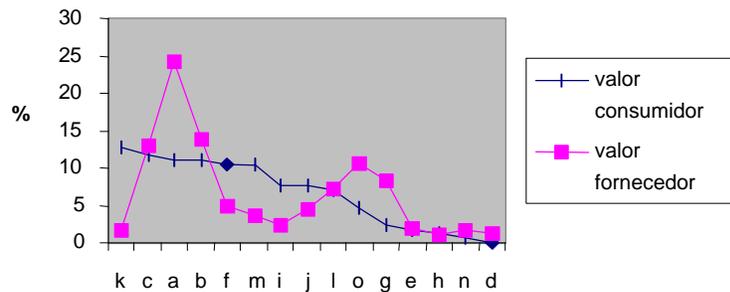


Figura 4 – Gráfico COMPARE obtido pelo Grupo WHEEL CHAIR.

Como forma de ilustrar a administração das informações obtidas pelos Grupos, uma parte das conclusões do Estudo de Viabilidade do Grupo WHEEL CHAIR é citada a seguir:

“Relacionando a análise de valor com os resultados da casa da qualidade, pode-se notar que em relação às funções das quais se deve diminuir custos, as funções A (ter força) e G (estabilidade) são parâmetros difíceis de otimizar, sendo os parâmetros mais cotados na casa da qualidade (respectivamente, 1º e 2º). Já as funções B (ser leve) e O (oferecer autonomia) são de pouca importância para o consumidor, segundo a casa da qualidade, podendo-se, assim, ter seu custo diminuído sem maiores consequências sobre os consumidores. Quanto às funções que podem ter investimentos para melhoria da qualidade, sendo elas as funções I (oferecer design) e J (embelezar material), elas estão diretamente relacionadas com a casa da qualidade no requisito funcional Visual que ocupa a quarta colocação no QFD. O mesmo acontece para a função F (facilitar comandos), que está diretamente ligada ao requisito funcional Dirigibilidade, quinto colocado no QFD”.

9. CONCLUSÕES

As alterações e atualizações propostas na ementa programada da disciplina, numa primeira análise, proporcionaram resultados positivos, principalmente em relação ao interesse e dedicação dos alunos em final de curso. A aplicação de uma metodologia de projeto em muito facilitou o desempenho dos grupos de trabalho, gerando resultados mais coerentes e de forma organizada e estruturada. Os processos criativos mais utilizados no estudo de viabilidade foram o quadro morfológico e o *brainstorming*, que geraram soluções

interessantes e, na maioria dos casos, viáveis. A qualidade dos projetos, as análises de mercado, a definição de público alvo, refletem o crescimento do aluno dentro do tema proposto na disciplina e, conseqüentemente, o sucesso na aprendizagem. De forma muito gratificante, notou-se uma consolidação da disciplina e do trabalho final, que apresentado e defendido com orgulho pelas equipes, cria uma atmosfera extremamente saudável e colaborativa. Um outro efeito após 5 anos da implementação desta metodologia de ensino foi a geração de uma expectativa crescente por parte dos alunos sobre o tema a ser desenvolvido pela sua turma. Esta constante atitude positiva e interessada dos alunos, tem sido causa de grande satisfação e motivação dos professores da disciplina. Em contrapartida está a grande carga de trabalho necessária para a preparação e acompanhamento dos grupos de trabalho durante todo o semestre. Já a tentativa de envolver outros professores e profissionais na forma de um grupo de apoio para a orientação dos alunos têm tido resultados irregulares, com prejuízo para o trabalho em duas ocasiões. Outro aspecto bastante importante é a observação da natureza ou predisposição dos grupos de alunos, onde as lideranças de classe tem grande influência. Um tema interessante e rico pode ser totalmente ignorado se não for convincente e motivador para estas lideranças, criando um comprometimento muito inconveniente se não for bem administrado pelos professores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da FAPESP e CNPq no desenvolvimento deste trabalho e o incentivo da Coordenação de Graduação da Engenharia Mecânica da UNICAMP. Agradecemos também o inestimável apoio dos alunos de Graduação e Pós-Graduação sem os quais este trabalho não teria motivação.

BIBLIOGRAFIA.

1. BACK N., *Metod. de proj. de produtos industriais*, Guanabara Dois Edit, RJ, 1983.
2. ERTAS A., JONES J.C., *The engineering design process*, John Wiley & Sons, 1993.
3. NORTON R.L., *Design of machinery*, McGraw-Hill Inc., 1992.
4. ULLMAN D.G., *The mechanical design process*, McGraw-Hill Int., 1992.
5. CAVALCA K.L., DEDINI F.G., *Projeto de sistemas mecânicos*, UNICAMP, 1999.
6. MACHADO C.S., DEDINI F.G., CAVALCA K.L., *O ensino de metodologias de projeto para alunos de graduação*, COBEM 97, Bauru, 1997.
7. DEDINI F.G., CAVALCA K.L., *Desenvolvimento de conceitos de criatividade e design científico na discipl. de Proj. de Sist. Mec.*, CIDIM97, Havana, Cuba, 1997.
8. CSILLAG J.M., *Análise do Valor*, Editora Atlas, São Paulo, 4ª Edição, 1995.
9. URBAN G.L., HAUSER J.R., *Design and Marketing of New Products*, Prentice Hall, New Jersey, 1993.
10. SHTUB A., BARD J.F., GLOBERSON S., *Project Manag.t.*, Prentice Hall, NJ 1994.
11. BLANCHARD B.S., FABRYCKY W.J., *Systems Eng. and Analysis*, Prentice Hall, NJ,
12. FAVARO C., SOBRAL M., SBRAVATI G., FERREIRA R., FIORI H., DIAS R., *Projeto Libertà – Estudo de Viabilidade*, FEM-UNICAMP, 2000.
13. DOURADO R., HIRAMA O, NASCIMENTO F., COVIZZI R., *Projeto Wheel Chair – Estudo de Viabilidade*, FEM-UNICAMP, 2000.