

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção

**Metodologia de Projeto de Produto; Conceitos e Aplicação
no Desenvolvimento de Produtos Industriais.**

Romeu Henrique de Araújo

TCC-EP-72-2008

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção

**Metodologia de Projeto de Produto; Conceitos e Aplicação
no Desenvolvimento de Produtos Industriais.**

Romeu Henrique de Araújo

TCC-EP-72-2008

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientador: Prof. MSc. Daily Morales

**Maringá - Paraná
2008**

Romeu Henrique de Araújo

**Metodologia de Projeto de Produto; Conceitos e Aplicação no
Desenvolvimento de Produtos Industriais.**

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. MSc. Daily Morales
Departamento de Informática, CTC

Prof. Kleber Henrique Dias
Departamento de Informática, CTC

Maringá, setembro de 2008

RESUMO

É objetivo deste trabalho abordar e aplicar alguns conceitos de engenharia de produto e metodologias de projeto de produtos, analisando suas respectivas contribuições na qualidade do produto final; para isso primeiramente é apresentado o contexto histórico do desenvolvimento na área, posteriormente já trabalhando dentro da era pós revolução industrial são citados alguns dos principais expoentes, marcos e conceitos desenvolvidos até hoje. Apresenta-se também algumas técnicas desenvolvidas, ferramentas e os conceitos que dão suporte as metodologias de projeto de produto atuais. Então a aplicação destes conceitos, ferramentas e técnicas é feita como base do desenvolvimento de um novo produto industrial, que neste caso é a linha de mancais de deslizamento da empresa incorporada, como resultado desta aplicação é exposto o projeto detalhado de um dos mancais da linha.

Palavras-chave: Projeto de Produtos; Metodologia de Projeto; Engenharia de Produto.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1 CONTEXTO HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	3
2.2 O PROJETO NA ERA INDUSTRIAL.....	4
2.3 CONCEITOS, FERRAMENTAS E TÉCNICAS.....	13
2.3.1 <i>Processo de Desenvolvimento de Produtos - PDP</i>	13
2.3.2 <i>Engenharia de Valor - EV</i>	14
2.3.3 <i>Engenharia Simultânea</i>	16
2.3.4 <i>Desdobramentos das Funções Qualidade - QFD</i>	18
2.3.5 <i>Failure Mode and Effect Analysis - FMEA</i>	19
2.3.6 <i>Análise Morfológica</i>	20
2.3.7 <i>Sistemas CAD/CAE</i>	22
3 METODOLOGIA.....	23
4 DESENVOLVIMENTO.....	24
4.1 MANCAIS.....	24
4.2 ESTUDO DE CASO - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO PROPOSTA.....	25
4.2.1 <i>Reconhecimento da Necessidade</i>	25
4.2.2 <i>Definição do Problema</i>	26
4.2.3 <i>Projeto Preliminar</i>	26
4.2.3.1 <i>Requisitos principais</i>	27
4.2.4 <i>Construção do Protótipo e Experimentos</i>	30
4.2.5 <i>Avaliação de Desempenho</i>	35
4.2.6 <i>Projeto Detalhado e Apresentação</i>	35
5 CONCLUSÃO.....	40
APÊNDICE A – Projeto Mancal de Deslizamento.....	42
APÊNDICE B – Método QFD.....	43
APÊNDICE C – Análise FMEA.....	44

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - VIDA DE UM PRODUTO.....	6
FIGURA 2 - TIPO DE METODOLOGIA DE PROJETO DE UM PRODUTO	8
FIGURA 3 - ATIVIDADES DE PROJETO NA GESTÃO DE OPERAÇÕES	9
FIGURA 4 - FATORES DE SUCESSO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS	11
FIGURA 5 - AS QUATRO FORMAS DE ATRAÇÃO DOS PRODUTOS	12
FIGURA 6 - FASES DA E.V.....	15
FIGURA 7 – CASA DA QUALIDADE	19
FIGURA 8 – ANÁLISE MORFOLÓGICA	21
FIGURA 9 – MANCAIS APOIANDO EIXO.....	24
FIGURA 10 – MANCAIS DE DESLIZAMENTO.....	25
FIGURA 11 – PROJETO PRELIMINAR.....	27
FIGURA 12 – QFD.....	28
FIGURA 13 – MÉTODO MORFOLÓGICO.....	29
FIGURA 14 – ANÁLISE FMEA (FONTE O AUTOR)	29
FIGURA 15 – PROJETO PRELIMINAR 2	30
FIGURA 16 – MODELAGEM 3D.....	31
FIGURA 17 – FEA CHAPAS DE REFORÇO ESFORÇOS 3D.....	32
FIGURA 18 – FEA CHAPAS DE REFORÇO DEFORMAÇÃO 3D.....	32
FIGURA 19 – FEA BUCHA DE AÇO ESFORÇOS 3D	33
FIGURA 20 – FEA BUCHA DE AÇO DEFORMAÇÃO 3D.....	33
FIGURA 21 – FEA SAPATA ESFORÇOS 3D (FONTE O AUTOR)	34
FIGURA 22 – FEA SAPATA DEFORMAÇÃO 3D	34
FIGURA 23 – ESQUEMA DE ARVORE DO PRODUTO	36
FIGURA 24 – ESQUEMA DE ARVORE DO MANCAL	36
FIGURA 25 – LISTA DE PEÇAS	37
FIGURA 26 – NUMERAÇÃO.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	Computer Aided Design (Desenho auxiliado por computador)
CAE	Computer Aided Engineering (Engenharia auxiliada por computador)
CAPES	Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAPP	Computer Aided Process Planning (Planejamento do Processo Assistido por Computador)
COMUT	Programa de Comutação Bibliográfica
DARPA	<i>Defense Advanced Research Project Agency</i> (Agência de Projetos de Pesquisa Avançados de Defesa americana)
DFx	<i>Design for X</i> (Projeto para X)
EV	Engenharia de Valor
FEA	<i>Finite Element Analysis</i> (análise de elementos finitos).
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (Metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha)
mm	Milímetro
MPa	Megapascal
NUMA	Núcleo de Manufatura Avançada
PDM	<i>Product Data Management</i> (Gerenciamento dos dados do Produto)
PDP	Processo de Desenvolvimento do Produto
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> (Desdobramento da Função Qualidade)
VDI	<i>Verein Deutscher Ingenieure</i> (Associação dos Engenheiros Alemães)

1 INTRODUÇÃO

O grau de competitividade de uma empresa se refere a uma junção de vários fatores, um dos mais importantes é qualidade dos produtos ou serviços que são fornecidos. Dentro deste conceito da qualidade dos produtos, englobam-se fatores como satisfação dos clientes, confiabilidade e inovação tecnológica, a manutenção destes fatores é de extrema importância para que uma empresa possa alcançar ou superar os resultados obtidos pelos seus concorrentes.

A qualidade do projeto de novos produtos torna-se vital neste contexto, pois o produto é usualmente a primeira coisa que os clientes vêem em uma empresa. Logo, além do mérito intrínseco do projeto de produtos e serviços, é muito importante que esses projetos sejam desenvolvidos continuamente e somando-se com a criação de projetos totalmente novos, isso vai ajudar a definir a posição competitiva da organização (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Em nosso país ainda existem empresas principalmente micro, pequenas e até algumas organizações de médio porte que tratam as etapas de desenvolvimento e projeto de produtos de forma empírica ou baseadas em opiniões sem fundamentação teórica.

O que de certa forma coloca estas empresas em uma situação de grande risco, pois hoje em dia seus produtos têm de competir em preço e qualidade com similares estrangeiros, vindos tanto de países com elevado nível de desenvolvimento tecnológico, quanto de países onde os custos de fabricação estão num patamar bem mais baixo, devido principalmente ao menor valor da mão-de-obra, além das empresas nacionais que já possuem uma melhor cultura.

Neste contexto, não cabem mais métodos intuitivos ou não estruturados de projeto, mas sim a aplicação de novos e sofisticados conjuntos de procedimentos para desenvolvimento de produtos.

1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho acadêmico é portanto desenvolver o projeto de um produto frente a uma oportunidade excelente de negócio, seguindo uma metodologia pré-estabelecida, ressaltando a importância da fase de desenvolvimento de produto na indústria brasileira para

organizações de diversos setores e tamanhos, como forma a obter uma vantagem competitiva e garantir a sobrevivência da empresa no cenário atual.

Podemos também citar como objetivos deste trabalho elevar o investimento de tempo e capital na fase de desenvolvimento de produto, focando este desenvolvimento onde realmente é interessante, ou seja, no cliente; de uma forma ordenada aliando os requisitos técnicos do produto aos requisitos que o cliente deseja. Além de disseminar o conhecimento de alguns conceitos, ferramentas e técnicas às pessoas responsáveis pelo desenvolvimento de novos produtos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Contexto histórico do Desenvolvimento de Produtos

É da natureza humana, fabricar suas próprias ferramentas de trabalho, estudos mostram que cerca de 2,5 milhões de anos atrás o homem começa a fabricar suas primeiras ferramentas, objetos construídos e/ou manipulados pelo homem, ainda caçador, para realização de um objetivo vital, atendimento a uma necessidade básica, obter alimento (ROMEIRO FILHO, 2004).

Posteriormente instrumentos como o arco e flecha representam, neste caso, uma notável "vantagem competitiva" na caça, o que acaba por levar o homem, de ser indefeso, ao domínio e supremacia em seu meio ambiente. Melhores ferramentas e melhores instrumentos trazem melhores resultados e melhor qualidade de vida (ROMEIRO FILHO, 2004).

Passa-se ao artesanato no qual a base para aquisição do conhecimento necessário à construção do objeto é a tradição. A competência para a atividade de construção de produtos é muito mais calcada no aprendizado do ofício junto a um "mestre" do que na concepção de "novos" produtos. Apesar disso, porém pode-se observar mesmo nesta época um grau de evolução dos produtos. Um novo friso, uma nova forma de encaixe, um novo elemento decorativo eram incorporados ao produto com o passar do tempo, até mesmo por sugestões e adaptações dos próprios "clientes", próximos que estavam do artesão. Poderia ser dito à grosso modo, que o artesanato representou, em seu tempo, uma forma de atendimento adequado às necessidades do cliente, embora esse atendimento fosse normalmente objeto de severas negociações (ROMEIRO FILHO, 2004).

O período das grandes navegações foi marcante para o desenvolvimento da atividade de projeto. A arte de construir navios envolvia diversas formas de competência, em um trabalho conjunto altamente sofisticado. Romeiro Filho (2004) traz como exemplo um paralelo com o atual programa de exploração espacial, que guarda uma interessante semelhança com a Escola de Sagres. Embora a utilização de meios físicos como o papel (ou pergaminho) para o registro de produtos date do séc. XIV, a construção das caravelas constitui-se em um marco, pela utilização de desenhos construtivos em perspectiva, com o intuito de documentar a construção do barco e transmitir informações entre os diversos envolvidos (ROMEIRO FILHO, 2004).

Também pode-se dizer que o papel (introduzido na Europa no séc. XI) e o estudo da perspectiva (que se intensifica no séc. XIII) foram importantes neste processo, na medida em que permitem o registro gráfico de uma solução concebida em um meio físico como o papel, por meio de uma ferramenta descritiva eficiente nesse caso a perspectiva. Então com a invenção da imprensa e conseqüente redução nos custos de reprodução da informação (ROMEIRO FILHO, 2004).

Outro ponto importante para o desenvolvimento da construção de produtos e da atividade projetual foi a colonização. As novas perspectivas comerciais representadas pelos habitantes das colônias, onde não existia tradição em determinadas formas de artesanato, levou a um enorme crescimento da demanda por novos produtos. A partir deste ponto iniciou-se um gargalo nos meios de produção que acabará por propiciar condições para o início da Revolução Industrial, no séc. XVIII (ROMEIRO FILHO, 2004).

A Revolução Industrial foi a grande responsável pela difusão de novos produtos, e pelo desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas à manufatura. A primeira referência à atividade de design e concepção, por um especialista, de novos produtos para a manufatura data aproximadamente de 1700. A importância dessa atividade cresceu no séc. XIX, bem antes dos designers do início do século XX e de escolas como a Bauhaus (primeira escola de design da história) (ROMEIRO FILHO, 2004).

2.2 O Projeto na era Industrial

Antes da era industrial, projetar estava intimamente interligado com obras de arte e artesanato (PAHL et al., 2005).

Com o início da era industrial Redtenbacher (1852 apud Pahl et al., 2005) nos seus “Princípios de mecânica e engenharia mecânica” já indicava característica e princípios que ainda hoje são de grande relevância: solidez suficiente, deformações pequenas, reduzido desgaste, baixa resistência ao atrito, baixo dispêndio de material, execução simples, fácil montagem, poucos protótipos.

Em seu escrito “O projeto robusto” KESSELRING (1942 apud Pahl et al., 2005), publicou os princípios de um método por aproximações sucessivas e convergentes. Este procedimento foi condensado nos seus aspectos cruciais de 1951 a 1954 e, posteriormente, na diretriz VDI 2225 (*Verein Deutscher Ingenieure*). A Essência deste Procedimento é a avaliação das variantes

da configuração elaboradas baseando-se em critérios de avaliação, técnicos e econômicos. Na sua teoria da configuração, ele cita ainda cinco princípios de configuração superordenadores:

- a) Custos mínimos de produção (construção enxuta);
- b) Necessidade mínima de espaço;
- c) Peso mínimo (construção leve);
- d) Desperdício mínimo e
- e) Manipulação mais adequada.

PAHL, et al. (2005) ainda definem desenvolver e projetar como atividades de interesse da engenharia que:

- a) Abrangem um grande número dos campos da atividade humana;
- b) Aplicam Leis e conhecimentos das ciências naturais;
- c) Adicionalmente se apóiam no conhecimento prático especializado;
- d) Em grande parte são exercidas sob responsabilidade pessoal;
- e) Criam os Pressupostos para a concretização de idéias da solução.

Do ponto de vista da psicologia do trabalho, projetar é a atividade intelectual e criativa, que requer uma base segura de conhecimentos nas áreas de matemática, física, química, mecânica, termodinâmica, mecânica dos fluidos, eletrotécnica, assim como de tecnologias de produção, ciência dos materiais e ciência do projeto, além dos conhecimentos e experiências no campo a ser trabalhado. E ao mesmo tempo, força de vontade, prazer em decidir, senso econômico, perseverança, otimismo e disposição em fazer parte das equipes são qualidades úteis, porem imprescindíveis para projetistas em postos de responsabilidade (PAHL, et al., 2005).

Do ponto de vista metodológico, projetar significa um processo de otimização com objetivos predeterminados e condicionantes em partes conflitantes. Os requisitos variam em função do tempo, de modo que uma solução de projeto só pode ser objetivada ou almejada de maneira otimizada, sob as condicionantes existentes a época da solicitação (PAHL, et al., 2005).

Já do ponto de vista organizacional, o projeto participa de forma significativa do ciclo de vida de um produto. O ciclo inicia por demanda do mercado ou por vontade, começando pelo planejamento do produto e, após sua utilização, terminando na sua reciclagem ou em outro tipo de descarte, ver figura 1. Além deste processo representar uma geração de valor desde a idéia até o produto, onde o projetista somente consegue levar a cabo sua tarefa, se trabalhar em estreita colaboração com outras áreas e pessoas de outras especialidades (PAHL, et al., 2005).

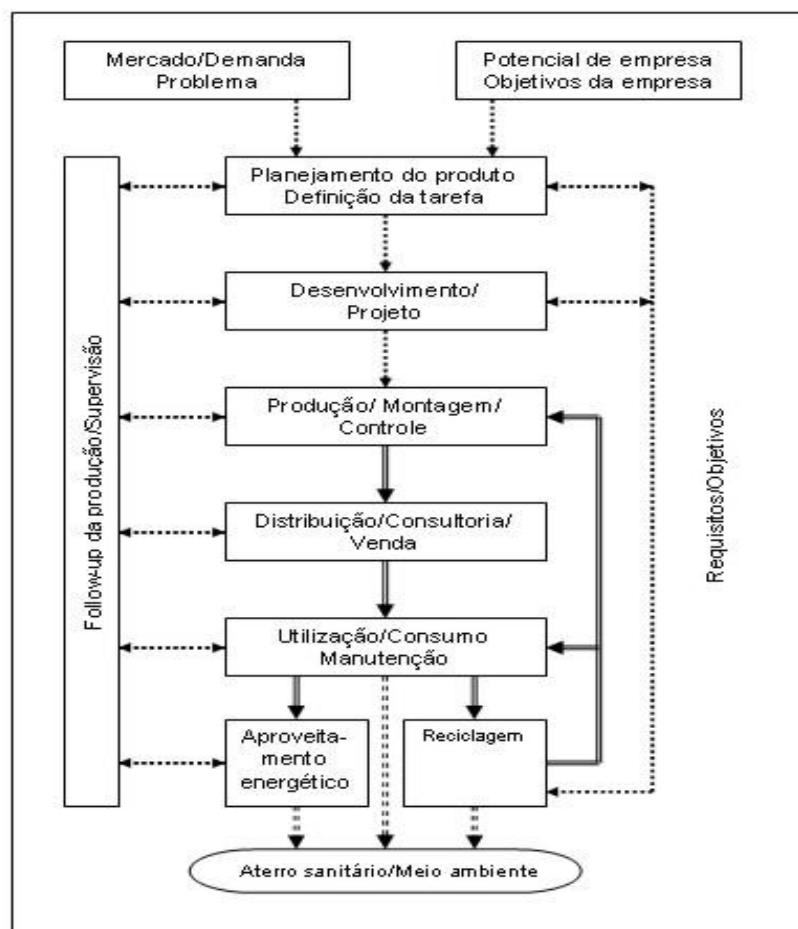


Figura 1 - Vida de um Produto

Fonte: Adaptado de Pahl et al. (2005)

Pahl et al. (2005) também trazem a importância de se desenvolverem métodos para a elaboração de projetos, face a grande importância do desenvolvimento de um produto no momento certo e que se desperte interesse por parte do mercado, então torna-se necessário um procedimento para desenvolvimento de boas soluções, que seja planejável, flexível, otimizável e verificável. Tal procedimento só se aplica quando, além de necessário

conhecimento especializado, os projetistas souberem trabalhar de modo sistemático e essa metodologia de trabalho exigir ou for auxiliada por medidas organizacionais.

Uma metodologia de projeto deverá:

- a) Ser aplicada em principio em qualquer atividade de projeto, independentemente da especialidade; possibilitando um procedimento orientado por problemas.
- b) Facilitar a busca de soluções ótimas; pelo incentivo a invenções e conhecimentos;
- c) Ser compatível com conceitos, métodos e conhecimentos de outras disciplinas;
- d) As soluções não podem ser geradas somente por acaso;
- e) Ser capaz de permitir uma fácil transferência de soluções de tarefas semelhantes;
- f) Ser apropriada para ser usada no computador;
- g) Tenha possibilidade de ser ensinada e aprendida;
- h) Estar em conformidade com conhecimentos da psicologia cognitiva e da ergonomia, ou seja facilitar o trabalho economizar tempo, evitar decisões erradas e arregimentar colaboradores ativos e interessados;
- i) Ser capaz de facilitar o planejamento e controle do trabalho em equipe num processo integrado e multidisciplinar de geração de um produto;
- j) Ter orientação e diretriz para os gerentes de projeto de equipes de desenvolvimento.

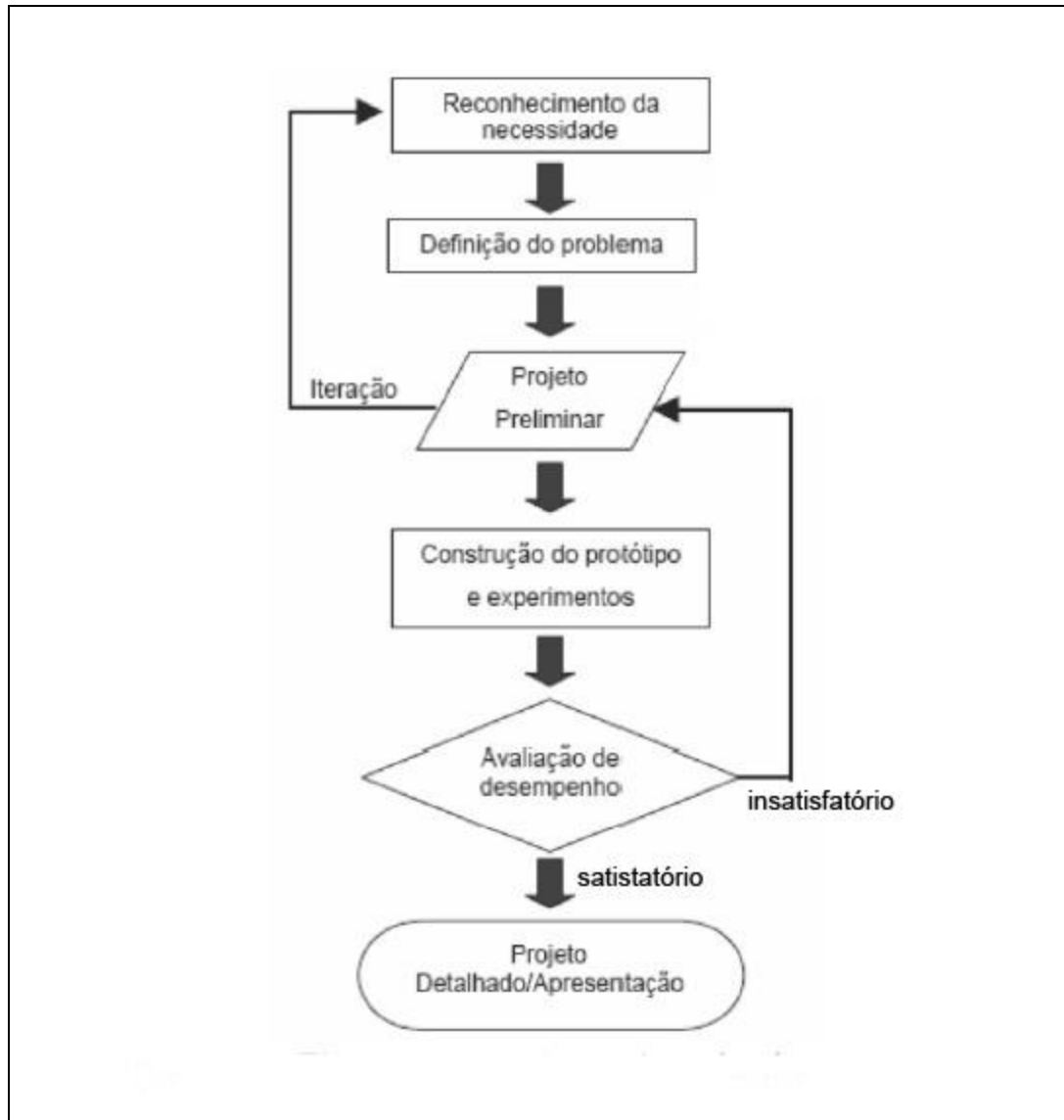


Figura 2 - Tipo de Metodologia de Projeto de um produto

Fonte: Adaptado de Silveira et al. (2007)

Romeiro Filho cita a diretriz 2210 da VDI (*Verein Deutscher Ingenieure*), Associação dos Engenheiros Alemães, Que define o setor de projetos em uma empresa como basicamente o responsável pela elaboração de novos projetos, adaptação de já existentes, projetos de variações e projetos normalizados e fixos. Este processo de elaboração de projetos pode ser, a partir da mesma diretriz SCHEER (1993 apud ROMEIRO FILHO, 2004), subdividido da seguinte forma:

- a) **Concepção:** Análise de especificações, compilação de variações de soluções e sua avaliação;

- b) **Desenvolvimento:** Especificações do conceito de solução, projeto em escala, construção de modelos, avaliação de soluções;
- c) **Detalhamento:** Representação das partes individuais e avaliação de soluções.

Qualquer objeto - um parafuso, um prédio, um avião - concebido pelo homem é um produto. Neste caso, o importante para o desenvolvimento da atividade de projeto não é necessariamente o produto a ser desenvolvido, mas o rigor e a consistência do método utilizado (ROMEIRO FILHO, 2004).

Ainda de acordo com Romeiro Filho (2004) a atividade projetual, como compreendida nos dias de hoje, é relativamente recente. A aplicação de metodologias e ferramentas de projeto trazem as formas de organização e condições do trabalho, as necessidades de interação de diferentes competências em equipes multidisciplinares refletem as respostas das empresas às demandas cada vez mais sofisticadas por parte de usuários, que tem seu poder de barganha progressivamente consolidado, seja pela globalização de produtos e dos meios de produção, seja pelas novas condições de mercado ou por novas regras de legislação que buscam proteger os direitos dos consumidores diante da indústria.

Slack, Chambers e Johnston(2002) descrevem os princípios gerais de projetos de produtos e serviços como:



Figura 3 - Atividades de projeto na gestão de operações
Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2002)

Para Slack, Chambers e Johnston (2002) o resultado da atividade de projeto é uma especificação bem detalhada do produto. Explicando as atividades descritas na figura 3 Slack, Chambers e Johnston definem a etapa da geração do conceito começando com uma idéia de um produto, estas idéias precisam ser formalizadas, traduzidas em um conceito de produto. Então os conceitos são triados por diferentes partes da organização, para tentar assegurar que eles serão um incremento significativo ao portfólio de seus produtos. O resultado desses dois primeiros estágios é um conceito e produto aceitável e consensual para todos. Então esse conceito deve ser transformado em um projeto preliminar do pacote do processo. Este projeto preliminar então passa por uma etapa de avaliação de melhoria para verificar se o conceito pode ser mais bem utilizado, mais economia e facilmente. Então o projeto consensado pode ser submetido à elaboração de um protótipo e projeto final. O resultado dessa etapa é uma especificação totalmente desenvolvida do produto.

Então Slack , Chambers e Johnston (2002) destacam a importância de um bom projeto de produto.

Todo bom projeto de produto e serviço traduz as necessidades dos consumidores na forma e configuração do produto ou serviço e, especificando assim as capacidades exigidas da operação produtiva.

Esse processo de tradução inclui a formalização de três questões particularmente importantes para os gerentes de produção; o conceito, o pacote e os relacionamentos envolvidos no projeto (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Muitas empresas descobriram que um bom projeto em termos de estética e funcionalidade aumenta a lucratividade.

Segundo Stalk e Hout (1990 apud SILVA, 2008) mostra que a velocidade de introdução de novos produtos está diretamente relacionada à posição de mercado, lucro e custos. Já Hope e Hope (1997 apud SILVA, 2008), por exemplo, destacam o estudo feito por Reichheld (1996 apud SILVA, 2008), envolvendo mais de cem empresas de tecnologia de ponta, estudo este que mostrou ser forte a correlação entre posição de mercado e capacidade de desenvolvimento de produtos. Neste estudo é mostrado, que a percentagem média das vendas advindas de produtos lançados nos últimos cinco anos é de 49,1% nas empresas que ocupam a posição de líderes de mercado. Então é possível observar que para ser fonte de competitividade, o próprio processo de desenvolvimento de produtos precisa ser eficiente e eficaz. Assim, torna-se

necessária a utilização de metodologias e técnicas capazes de proporcionar tais atributos. Juran e Gryna (1992 apud SILVA, 2008) definem o processo de desenvolvimento de produtos como a etapa dentro do conceito da qualidade que traduz as necessidades do usuário, descobertas por intermédio de informações de campo, num conjunto de requisitos do projeto do produto para a fabricação (SILVA, 2008).

Segundo Baxter (1998) o desenvolvimento de novos produtos deve ser orientado para o consumidor. Os projetistas de produto bem sucedidos são aqueles que conseguem pensar com a mente do consumidor. E sendo muito difícil introduzir novos produtos, principalmente aqueles com maior grau de inovação. Os consumidores apresentam tendência conservadora e estão dispostos a mudar de hábito caso tenham uma boa razão para isso, ou seja caso algo os convença. Neste conceito um novo produto com clara diferenciação entre os existentes e com um evidente acréscimo de valor para o consumidor, pode ser essa razão. Como resultado, tais produtos têm cinco vezes mais chances de sucesso, comparado com aqueles que apresentam pouca diferenciação e um mínimo de valores adicionais. Sendo assim a orientação do mercado é um elemento chave para o desenvolvimento de novos produtos.

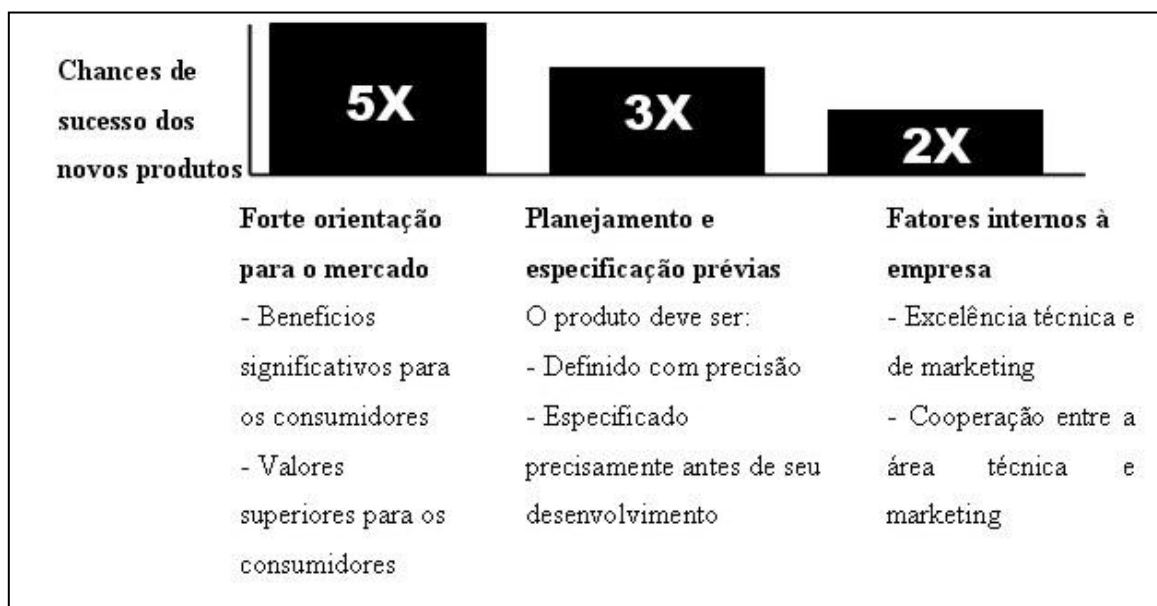


Figura 4 - Fatores de sucesso no desenvolvimento de novos produtos

Fonte: Adaptado de Baxter (1998)

Baxter (1998) trabalhando o estilo de produtos cita também as formas de atração para novos produtos, ou seja como eles são considerados atrativos pelos consumidores; ver (figura 5).

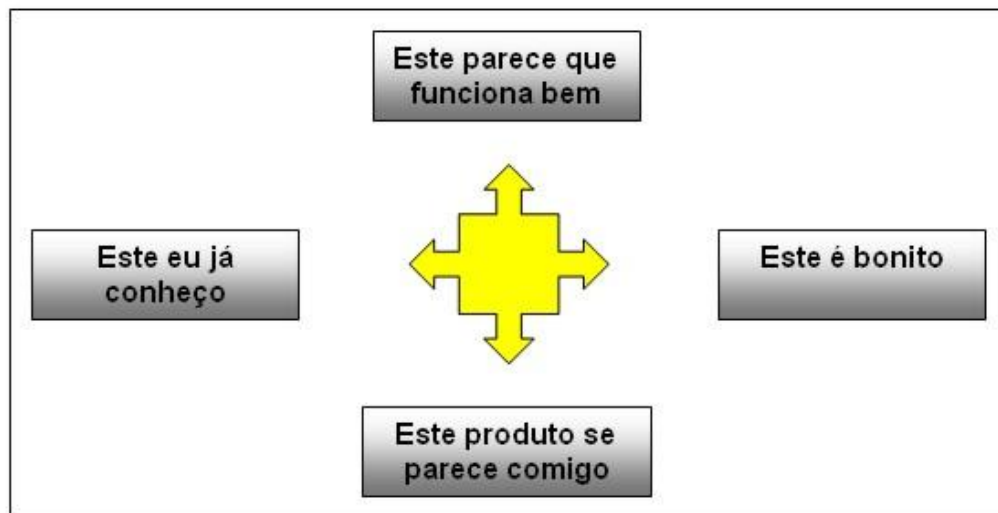


Figura 5 - As quatro formas de atração dos produtos

Fonte: Adaptado de Baxter (1998)

Este eu já conheço “Atração daquilo que já é conhecido”; Muitos produtos dependem de vendas repetidas, para o seu sucesso comercial. É importante que o cliente se acostume a comprá-lo com alguma regularidade, como no caso de produtos alimentícios (BAXTER, 1998).

Este parece que funciona bem “atração semântica”; Para clientes que não tenham conhecimento anterior do produto, é importante transmitir a impressão de confiança, através de sua imagem visual (BAXTER, 1998).

Este Produto se parece comigo “atração simbólica”; Se a aparência do produto for o aspecto mais importante (ou único) para a compra do produto, é necessário adotar uma atitude no estilo. Aqui o simbolismo do produto é importante. A confiança no produto é adquirida na medida em que o mesmo refletir a auto imagem do consumidor e na medida em que esse produto ajudar o consumidor a construir sua auto-imagem perante os outros (BAXTER, 1998).

Este produto é bonito “atração intrínseca da forma visual”; A qualidade básica para a atração visual, para qualquer tipo de produto, é a sua elegância, beleza: um apelo estético implícito. Isso resulta da incorporação dos aspectos da percepção visual e determinantes sociais e culturais ao produto (BAXTER, 1998).

Baseando-se nos conceitos apresentados por estes autores podem ser ressaltados alguns pontos de vista em comum, como a tradução das necessidades dos clientes para o projeto do produto, que é citada como a essência do projeto de novos produtos, também a necessidade de se investir nas etapas de projeto de produtos tanto recursos financeiros quanto importância e tempo. Pois em uma época de globalização, é de extrema importância que as empresas nacionais atinjam um grau de qualidade de produto que as permita competir com as inovações tecnológicas desenvolvidas em outros países, como competir com produtos que chegam ao Brasil com um custo de fabricação extremamente baixo.

Desenvolver produtos novos de forma eficaz não é fácil, mas existem caminhos interessantes para aumentar o grau de competitividade das indústrias brasileiras. Um deles o investimento na qualificação de pessoas ligadas ao desenvolvimento de projetos de produtos investindo nas universidades e escolas técnicas, e também na disseminação dos métodos e ferramentas, aos profissionais atuantes na área buscando aumentar cada vez mais o grau de profissionalização e qualificação no setor.

2.3 Conceitos, Ferramentas e Técnicas

2.3.1 Processo de Desenvolvimento de Produtos - PDP

Clark & Fujimoto (1991 apud PACAGNELLA et al., 2007), definem o processo de desenvolvimento do produto como o meio pelo qual uma organização transforma os dados sobre oportunidades de mercado e as possibilidades técnicas em bens e informações para a fabricação de um produto comercial.

Em resumo o PDP pode ser entendido como um conjunto de atividades realizadas em uma seqüência lógica com o objetivo de produzir um bem ou serviço que tem valor em um dado mercado específico (PACAGNELLA et al., 2007).

Entretanto, embora em alguns casos possa parecer um processo simples, o desenvolvimento de produtos é complexo devido à natureza dinâmica que possui, envolvendo constantes mudanças, alterações e interações entre as etapas, isso que dificulta inclusive a visualização do processo de forma sistêmica (ALBANO; SILVA, 2002).

Embora o PDP tenha características únicas em cada organização, é possível ter uma compreensão geral do processo a partir do exposto por Clark & Fujimoto, (1991 apud

MUNDIM et al., 2002) e Wheelright & Clark (1992 apud MUNDIM et al., 2002), o dividindo em cinco fases: Geração do conceito, Planejamento do produto, Engenharia do produto e testes, Engenharia do processo e Produção-piloto. É necessário destacar que de acordo com Mundim et al. (2002), na prática as fases do processo não são desempenhadas sequencialmente, devido à natureza interativa de gerar alternativas, fabricar e testar, presentes nas diversas atividades de projeto. De acordo com os autores essas etapas se sobrepõem e interagem continuamente, assim como as pessoas envolvidas.

Segundo Consoni e Carvalho (2002 apud PACAGNELLA et al., 2007) uma outra característica relevante a ser discutida é que o processo de desenvolvimento de produtos possui um caráter multidisciplinar, envolvendo “simultaneamente ou não” diversas áreas da empresa como Engenharia, Marketing, Pesquisa e Desenvolvimento, Produção e Qualidade. Esta característica aponta para dois aspectos importantes, o primeiro é que ao envolver áreas distintas da organização em um objetivo comum ele se torna um processo complexo (o que corrobora o que já foi exposto previamente) e o segundo é a sua importância estratégica para a organização.

Sobre o segundo aspecto, é necessário destacar que possuir desempenho superior no PDP leva a redução do tempo de desenvolvimento e de seus custos, incorporação de novas tecnologias, ampliação do portfólio de produtos e aumento do *market share*, fatia de mercado, da empresa (PACAGNELLA et al., 2007).

Cabe ressaltar que independente do arranjo organizacional adotado, o desenvolvimento de produtos deve ser visto como um processo, o que de acordo com Silva (2008) significa executar todas as atividades buscando atender às necessidades dos clientes desde a geração do conceito até a descontinuação do produto.

2.3.2 Engenharia de Valor - EV

De acordo com Santana e Massarani (2005), a EV é uma metodologia que obtém a reestruturação do problema, ou seja, é responsável pela completa reorientação dos esforços intelectuais para uma direção de máximo resultado. E o projeto do produto é definido com base nas funções que este deve ou deveria desempenhar e não mais através de suas partes componentes. Esta lista de funções é estabelecida a partir da revisão da lista de funções de cada uma das partes que compõem o produto. Entra em foco as funções que são diagnósticas

e, a partir deste momento, estudam-se maneiras de desempenhar estas funções de forma que o problema inicial seja resolvido, seja ele redução de custo ou aumento de desempenho.

Também é possível definir EV como uma aplicação sistemática de técnicas que identificam a função de um produto ou serviço, estabelecendo um valor para esta função e objetivando prover soluções que permitam exercer tal função ao menor custo total, sem degradação. O momento oportuno no qual se pode aplicar a técnica de EV é durante a concepção do projeto do produto, diferentemente da AV (Análise do Valor), que é aplicada durante a fase de produção do produto (SANTANA; MASSARANI, 2005).

E.V. - Fases

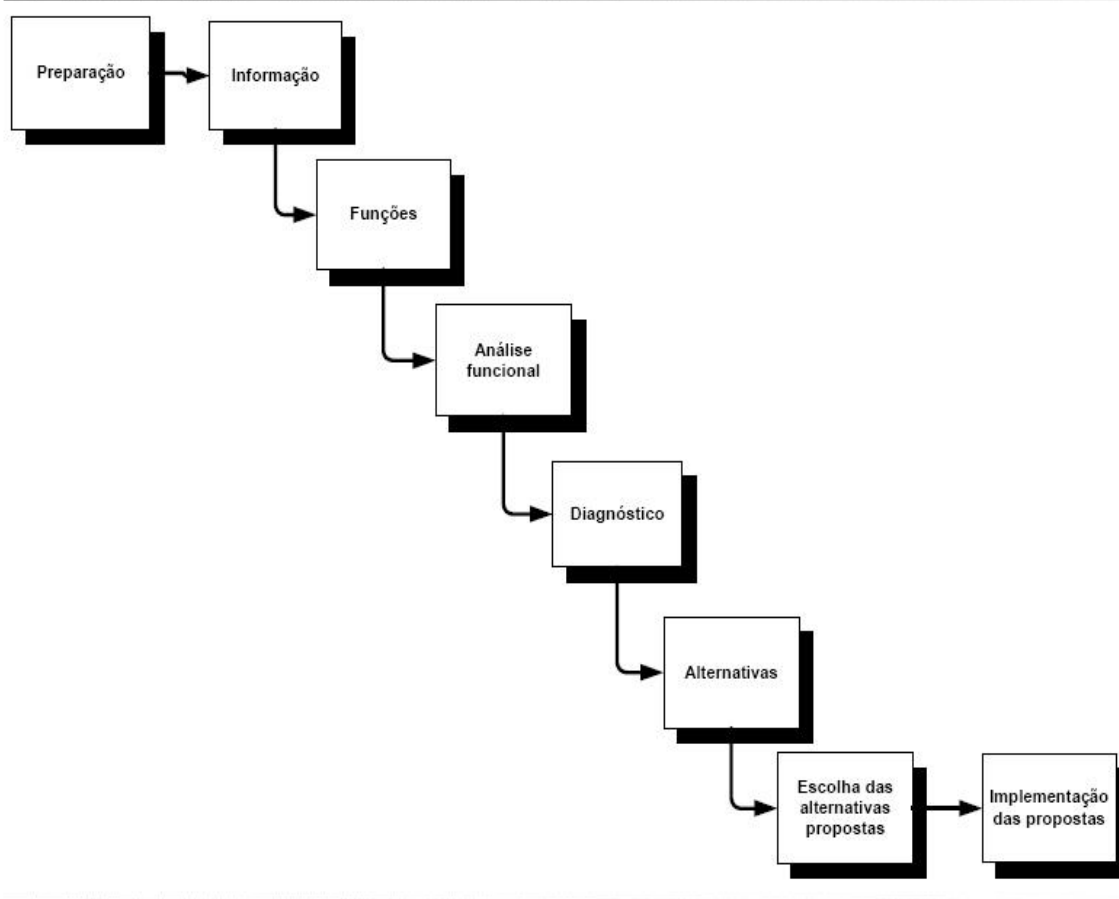


Figura 6 - Fases da E.V.

Fonte: Santana e Massarani (2005)

2.3.3 Engenharia Simultânea

Em 1982 foi iniciado um estudo, conduzido pelo DARPA (*Defense Advanced Research Project Agency*), sobre formas de se aumentar o grau de paralelismo das atividades de desenvolvimento de produtos. O resultado desse trabalho, foi publicado em 1988, e definiu o termo Engenharia Simultânea, tornando-se uma importante referência para novas pesquisas nessa área (PRASSAD 1996 apud ZANCUL; ROZENFELD, 2008).

O estudo realizado pelo DARPA definiu Engenharia Simultânea como uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado e paralelo do projeto de um produto e os processos relacionados, englobando manufatura e suporte. Abordagem essa que procura fazer com que as pessoas envolvidas no desenvolvimento considerem desde o início, todos os elementos do ciclo de vida do produto, da concepção ao descarte, incluindo qualidade, custo, prazos e requisitos dos clientes. Partindo-se dessa definição surgiram muitas outras. O conceito de Engenharia Simultânea tornou-se muito mais abrangente, podendo incluir a cooperação e o consenso entre os envolvidos no desenvolvimento, além do emprego de recursos computacionais (CAD/CAE/CAM/CAPP/PDM) e a utilização de metodologias (DFx, QFD, entre outras) (PRASSAD 1996 apud ZANCUL; ROZENFELD, 2008). Outras definições de Engenharia Simultânea são:

A Engenharia Simultânea trata-se de uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado de produtos que foca o atendimento das expectativas dos clientes. Os valores de trabalho em equipe, como cooperação, confiança e compartilhamento, adicionam-se de forma que as decisões sejam tomadas, no início do processo, em intervalos de trabalho paralelo incluindo todas as perspectivas do ciclo de vida, sincronizadas com pequenas modificações para produzir consenso (PRASSAD 1996 apud ZANCUL; ROZENFELD, 2008).

A Engenharia Simultânea é um ambiente de desenvolvimento, no qual a tecnologia de projeto auxiliado por computador é utilizada para melhorar a qualidade do produto, não somente durante o desenvolvimento, mas em todo ciclo de vida do produto (PRASSAD 1996 apud ZANCUL; ROZENFELD, 2008).

Engenharia Simultânea é a metodologia de desenvolvimento de produtos, na qual vários requisitos são considerados parte do processo de desenvolvimento de produtos (manufatura, serviço, qualidade, entre outros). A aplicação desses requisitos não se aplica somente para se

atingir as funcionalidades básicas do produto, mas para definir um produto que atenda todas as necessidades dos clientes (PRASSAD 1996 apud ZANCUL; ROZENFELD, 2008).

Engenharia Simultânea também é abordada como a integração do projeto do produto e do processo em toda a empresa (PRASSAD 1996 apud ZANCUL; ROZENFELD, 2008).

Todas essas definições continuam válidas. No entanto, a definição de Engenharia Simultânea deve ser adequada à ênfase atual de se modelar os processos de negócios das empresas (PRASSAD 1996 apud ZANCUL; ROZENFELD, 2008).

Com base nos conceitos de modelagem de processos de negócio, pode-se definir Engenharia Simultânea como sendo a filosofia utilizada no processo de desenvolvimento (ou alteração) de novos produtos, visando:

- a) aumento de qualidade do produto, com o foco no cliente;
- b) diminuição do ciclo de desenvolvimento e
- c) diminuição de custos.

Esta filosofia toma como base a sinergia entre seus agentes, que devem trabalhar em equipes multifuncionais, formadas por pessoas de diversas áreas da empresa. Esta equipe deve mudar de tamanho, crescendo e diminuindo ao longo de sua existência, mantendo sempre um mesmo núcleo de pessoas, que acompanham o desenvolvimento. Durante certas atividades devem fazer parte desta equipe clientes e fornecedores, quando se trabalhar no conceito de cadeia de suprimentos, conforme a posição da empresa dentro desta cadeia. Todo o trabalho desta equipe deve ser apoiado por recursos, métodos e técnicas integradas, tais como: QFD, FMEA, Taguchi, etc. Apesar da repetição, deve-se sempre enfatizar que o foco do trabalho deve estar concentrado nas necessidades do cliente. Embora seja longa, essa definição poderia ainda ser considerada incompleta, pois, por exemplo, não citou a melhoria contínua e outros conceitos, que a tornariam muito mais extensa (ZANCUL; ROZENFELD, 2008).

É importante ressaltar que todos os elementos da empresa envolvidos nessa definição de Engenharia Simultânea (atividades, informação, organização e recursos) devem ser considerados no modelo do processo de desenvolvimento de produtos (ZANCUL; ROZENFELD, 2008).

2.3.4 Desdobramentos das Funções Qualidade - QFD

A metodologia QFD (*Quality Function Deployment*) foi desenvolvida no Japão por volta de 1966 por Yogi Akao do departamento de qualidade do Mitsubishi Heavy Industries, inicialmente para o projeto e construção de petroleiros (BATISDAS; NERI; CARVALHO, 2001).

É uma técnica que tem por objetivo auxiliar o time de desenvolvimento a incorporar no projeto as necessidades dos clientes, além de ser uma técnica aplicável durante todo o processo de desenvolvimento de produtos (PEIXOTO; CARPINETTI, 2008).

Segundo Eureka e Ryan (1992) é através do QFD que as equipes multidisciplinares, envolvendo principalmente os especialistas em qualidade, marketing e engenharia de processo e de produto, localizam, identificam e qualificam diversos requisitos que virão a aumentar o nível de satisfação dos clientes.

Podendo ser considerado uma ferramenta apropriada para auxiliar na tomada de decisões o QFD, é usado para desenvolver produtos novos ou aperfeiçoar produtos existentes, sendo também aplicável a serviços (PEIXOTO; CARPINETTI, 2008).

A metodologia QFD utiliza um conjunto de matrizes partindo dos requisitos expostos pelos clientes e realizando um processo de desdobramento transformando estes requisitos em características técnicas do produto (PEIXOTO; CARPINETTI, 2008).

Para se iniciar os desdobramentos é utilizada a “casa ou matriz da qualidade”, que é a ferramenta básica do QFD, tanto que alguns autores escrevendo sobre QFD somente se limitam a ela (PEIXOTO, 2008).

A chamada casa da Qualidade é obtida pelo cruzamento de duas tabelas a de requisitos do cliente e a de características da qualidade (AKAO, 1990 apud PEIXOTO, 2008). Os resultados dessas tabelas são traduzidos nas tabelas de requisitos dos clientes, características da qualidade e na matriz de interseção, ver (figura 7).

Segundo Peixoto (2008) pode-se definir a casa da qualidade como a matriz que tem a finalidade de realizar o projeto da qualidade; sistematizando as qualidades exigidas pelos

clientes por meio de expressões lingüísticas, convertendo-as em características substitutas e mostrando a correlação entre essas características substitutas e as qualidades verdadeiras.

A entrada da casa da qualidade é a voz do cliente; o processo é uma junção de três atividades; sistematização, transformação e identificação; e a saídas do sistema consiste m nas especificações do produto, ou seja o conjunto de características técnicas do produto com suas respectivas qualidades projetadas (PEIXOTO, 2008).

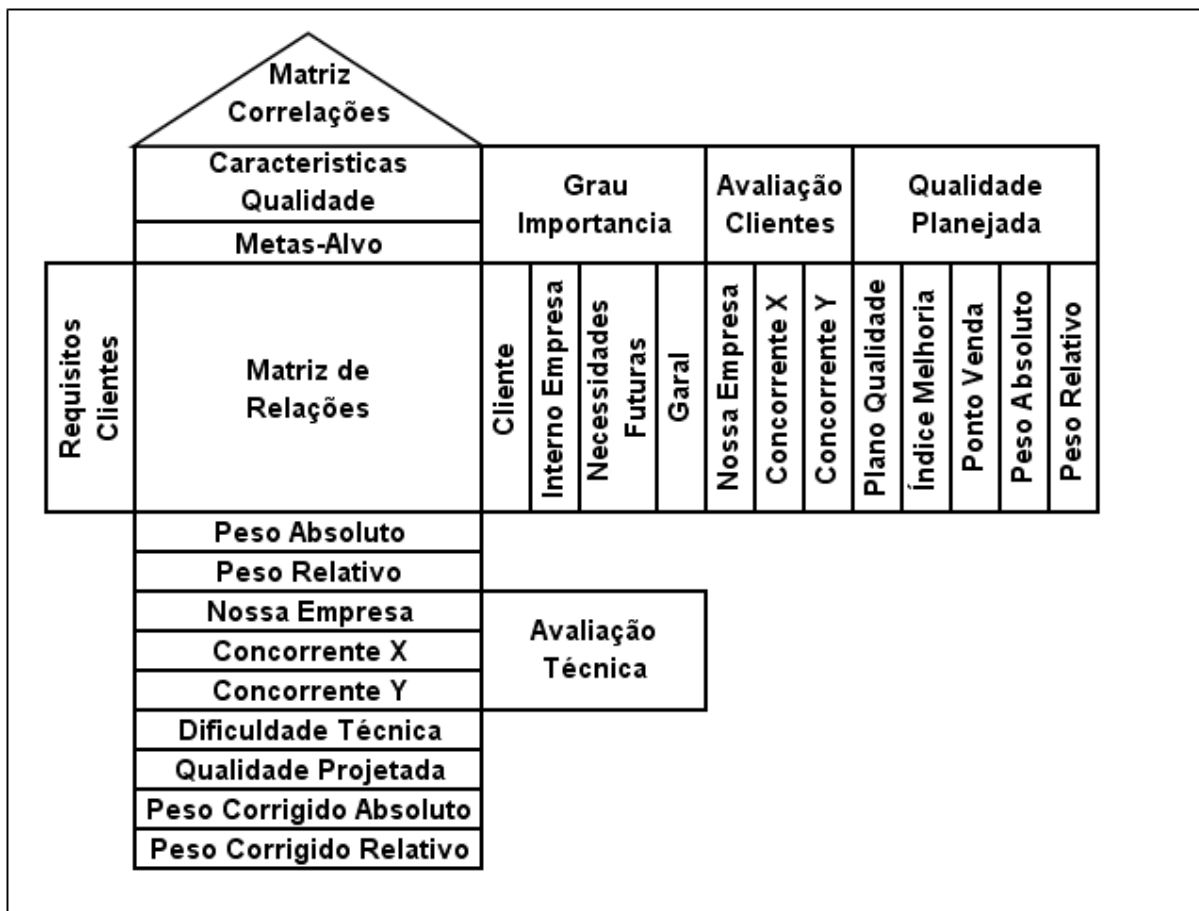


Figura 7 – Casa da Qualidade

Fonte: Adaptado de Peixoto (2008)

2.3.5 Failure Mode and Effect Analysis - FMEA

Segundo Palady (2004) o FMEA, análise dos modos de falha e efeitos, é uma técnica que pode ser utilizado em três funções diferentes:

- FMEA utilizado como ferramenta para prognóstico de problemas.

- b) FMEA utilizado como um procedimento para desenvolver e executar projetos, processos ou serviços, novos ou revisados.
- c) FMEA como um diário do projeto, processo ou serviço.

Basicamente o FMEA é uma ferramenta que busca evitar por meio da análise de potenciais falhas e propostas de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo. Portanto o seu objetivo básico é detectar as falhas antes que aconteçam (CAPALDO; GUEREIRO; ROZENFELD, 2008).

Como é citado por Capaldo, Guereiro e Rozenfeld (2008) existem produtos em que uma falha pode vir a trazer situações desastrosas, tais como aviões e equipamentos hospitalares, portanto deve ser minimizada a possibilidade de ocorrência de falhas nestes casos, e também em produtos menos complexos, pois a falha de um produto mesmo que prontamente reparada pelo serviço de assistência técnica e totalmente coberta por termos de garantia, acarreta, no mínimo, uma insatisfação ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo.

Hoje em dia o FMEA já é utilizado para diminuir as falhas de produtos e processos existentes e para reduzir a probabilidade de falha em processos administrativos. Tem sido empregada também em aplicações específicas tais como análises de fontes de risco em engenharia de segurança e na indústria de alimentos (CAPALDO; GUEREIRO; ROZENFELD, 2008).

Uma das exigências da norma QS 9000 especifica o FMEA como procedimento necessário para aprovação de alguns fornecedores de peças e produtos (GONZALES; MIGUEL, 1998). Capaldo, Guereiro e Rozenfeld (2008) destacam o fato de não implantar o FMEA visando apenas uma aprovação como esta, mas deve ser utilizado sim visando resultados.

2.3.6 Análise Morfológica

A Análise morfológica busca estudar todas as combinações possíveis entre os elementos ou componentes de um produto ou sistema. Esse método tem por objetivo “identificar, indexar, contar e parametrizar a coleção de todas as possíveis alternativas para se alcançar o objetivo determinado”, o método segue algumas regras básicas (BAXTER, 1998):

- a) O problema a ser solucionado deve ser escrito da melhor maneira possível;
- b) O Analista deve ter habilidade suficiente para indentificar as variáveis que caracterizam o problema (BAXTER, 1998);
- c) Subdivide-se em classes cada uma das variáveis (BAXTER, 1998);
- d) As soluções possíveis são procuradas nas combinações entre classes.

As variáveis podem ser divididas, em diversos tipos de classes, materiais, forma construtiva, tipo de encaixe entre outros, a figura X mostra a análise morfológica utilizada para projeto de um jarro.

Parâmetro de Projeto	Soluções					
Material externo do jarro	Aço	Alumínio	Nylon	Cerâmica	Epoxi	
Material interno do jarro	Aço	Alumínio	Nylon	Cerâmica	Poliuretano	HDPE
Sistema de fixação da base	Rosca	"Liquidificador"	Magnético	Ventosas	"Marmita"	Cinta
Sistema de fixação da tampa	Rosca	Alça	Cônico	Grampo	Rolha	"Marmita"
Geometria	Cilindrica alta	Cilindrica regular	Prisma			
Processo de fabricação do jarro (externo)	Molde	Usinagem	Injeção	Fundição	Protótipo rápido	
Processo de fabricação do jarro (interno)	Prensagem isostática	Colagem de barbotina	Extrusão	Torneamento		

Figura 8 – Análise Morfológica

Fonte: Adaptado de Silveira (2007)

Esse método traz uma série de combinações distintas, e sua vantagem está exatamente no exame sistemático de todas as combinações possíveis (BAXTER, 1998).

Geralmente são critérios para se fazer a seleção, por exemplo, facilidade de fabricação, disponibilidade de materiais, acabamento superficial, resistência, durabilidade, custos entre outros (BAXTER, 1998).

O resultado da análise morfológica é o melhor caminho, ou seja, a melhor combinação dos materiais para fabricação do item.

2.3.7 Sistemas CAD/CAE

Os sistemas CAD se propõem a auxiliar a manipulação e criação de informações referentes a um determinado projeto e uma peça ou equipamento, sistematizando os dados envolvidos, possibilitando uma rápida reutilização de informações quando necessário (OLIVEIRA; RUBIO, 2003).

Devendo suportar qualquer atividade de projeto durante sua criação, modificação recuperação ou documentação. Os sistemas CAD apesar da sigla incluir o termo desenho (*Design*), observa-se que são poucas as situações em que o computador efetivamente projeta alguma coisa, servindo mais como uma ferramenta de auxílio à confecção de desenhos de engenharia. Sua maior contribuição ocorre no modelamento dos produtos e componentes, e no detalhamento de seus desenhos. Em certos sistemas CAD, o termo "*design*" foi trocado por "*drafting*", tal sua aplicação como elemento puramente voltado à documentação do projeto, o que em alguns casos pode levar a subutilização do sistema (HORTA; ROZENFELD, 2008).

Hoje em dia alguns sistemas já integram tecnologias CAD e CAE, unido o desenho propriamente dito com a engenharia, apresentando módulos que facilitam ou até mesmo executam os cálculos necessários para algumas aplicações. Porém as decisões e projeto não são tomadas pelo computador ficando a cargo do projetista ou engenheiro.

Apesar de existirem algumas tentativas relacionadas ao desenvolvimento de sistemas que realmente possam tomar decisões no projeto, a grande maioria delas baseada em técnicas de Inteligência Artificial. Porém, devido às dificuldades em se capturar a lógica do processo de desenvolvimento de um projeto e à quantidade de dados envolvidos, a tarefa se torna bastante complexa, originando poucos resultados práticos (HORTA; ROZENFELD, 2008).

Largamente utilizados, mesmo com essas dificuldades, os sistemas CAD são de extrema importância para o projeto. As vantagens oferecidas no apoio ao projeto podem ser comprovadas em praticamente todas as etapas, indo desde uma melhor documentação e apresentação do produto, com melhoria da qualidade dos desenhos, diminuição de tempo e custos e aumento de produtividade geral, até um melhor gerenciamento do projeto (HORTA; ROZENFELD, 2008).

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste estudo é realizado seguindo a metodologia proposta por Silveira et al. (2007), descrito na figura 2.

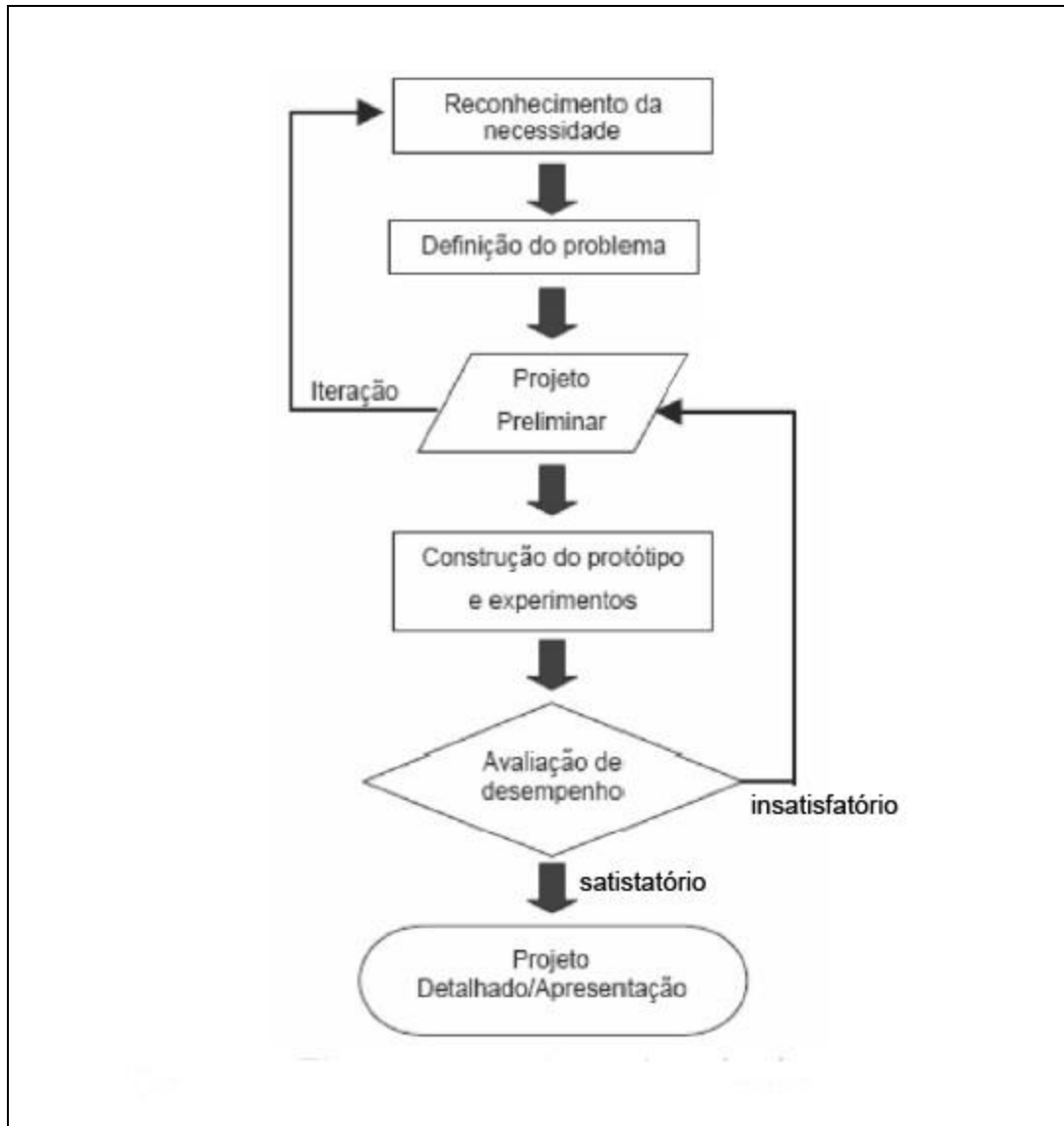


Figura 2 - Tipo de Metodologia de Projeto de um produto

Fonte: Adaptado de Silveira (2007)

4 DESENVOLVIMENTO

O trabalho desenvolve sobre uma aplicação da metodologia de Projeto de Produto proposta por Silveira et al. (2007) e apresentada na (figura 2), no projeto da linha Mancais Especiais de Deslizamento, que é desenvolvido pela equipe de engenharia da empresa que chamaremos neste estudo “empresa T”.

4.1 Mancais

Um mancal é qualquer superfície que suporta, ou é suportada, por outra superfície. Um bom mancal deve ser composto de material que seja suficientemente forte para resistir às pressões impostas a eles, e deve permitir que a outra superfície se movimente com um mínimo de atrito e desgaste (AEROTECNOLOGIA, 2008).

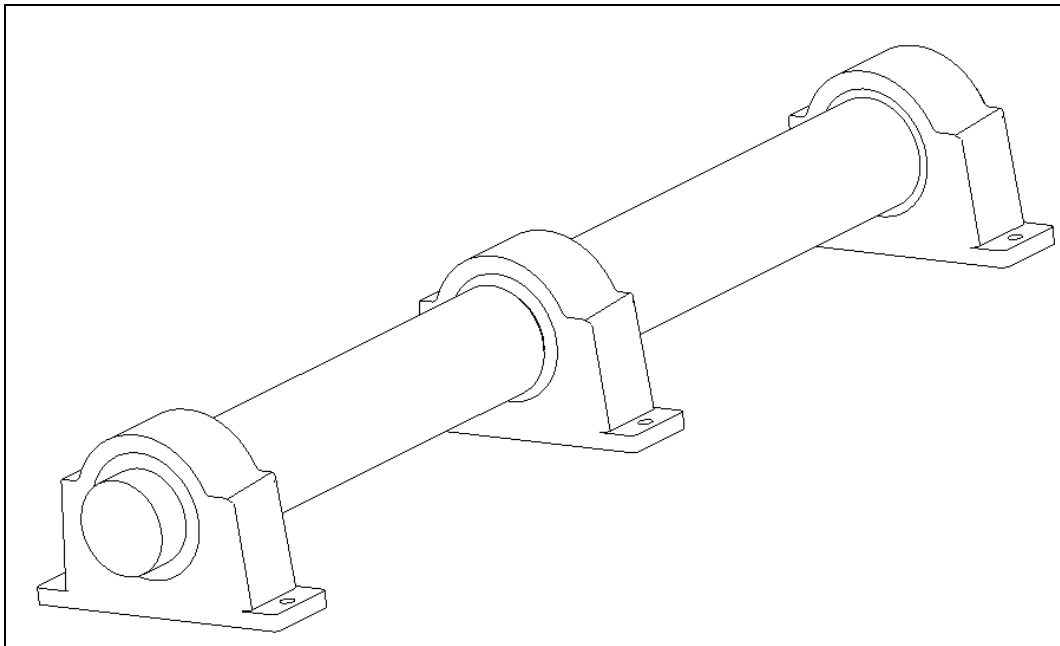


Figura 9 – Mancais Apoiando Eixo

As peças têm que montadas dentro de pequenas tolerâncias, para proporcionar um funcionamento eficiente e silencioso, e ainda, permitir liberdade de movimento. Para se conseguir essa condição e, ao mesmo tempo reduzir o atrito entre as peças móveis, de forma que a perda de potência não seja excessiva, são utilizados mancais de diversos tipos, porem o objeto em análise neste estudo é do tipo mancal de deslizamento (AEROTECNOLOGIA, 2008).

Os mancais são requeridos para suportar cargas radiais, cargas de empuxo ou uma combinação das duas. Existem dois meios, pelos quais as superfícies dos mancais se movimentam, uma em relação à outra. Um é pelo movimento de deslizamento de um metal contra o outro e, o segundo, é pelo rolamento de uma superfície sobre outra (AEROTECNOLOGIA, 2008).

As peças analisadas neste trabalho recebem a denominação de “mancais especiais” por não serem itens de “prateleira”, se adequando às necessidades dos clientes quanto a diâmetro, largura e altura.

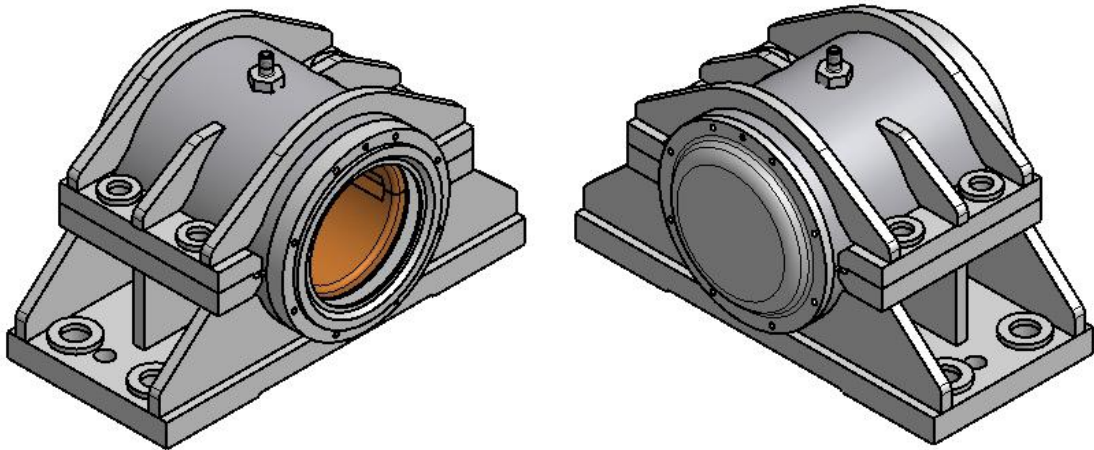


Figura 10 – Mancais de Deslizamento

Seguido o modelo apresentado pela figura 2, desenvolveu-se o projeto para a linha de mancais de deslizamento especiais “T”.

4.2 Estudo de Caso - Aplicação da Metodologia de Desenvolvimento Proposta

4.2.1 Reconhecimento da Necessidade

Com o setor industrial aquecido no Brasil, principalmente o setor sucro-alcooleiro, principal alvo para comercialização da linha de mancais, estando em expansão devido à tendência mundial do uso dos chamados biocombustíveis, a demanda por etanol no mercado internacional e nacional tem sido crescente nos últimos anos. O Brasil, além de maior produtor e consumidor de etanol, é também o maior exportador no cenário global. Até meados de 2002 as exportações brasileiras de álcool eram insignificantes, mas com o crescimento da demanda por esse biocombustível no mercado internacional, o volume exportado cresceu de

565 milhões de litros em 2003, para 2,1 bilhões de litros no período de janeiro a novembro de 2005 (ROCHELLE, 2008).

Aliado ao crescimento das exportações brasileiras de açúcar, o cenário acima explica boa parte da significativa expansão do setor sucro-alcooleiro nacional nos últimos anos e as perspectivas promissoras do mercado interno e externo para esse biocombustível num futuro bastante próximo. Sem dúvida, a necessidade de fornecer etanol para o mercado interno em expansão e para o mercado internacional, que anseia por fontes renováveis de energia, traz excelentes oportunidades para incrementos ainda maiores no crescimento do setor. Nos anos recentes, nota-se o aumento da produção de cana-de-açúcar e de seus produtos derivados, açúcar e etanol, tanto nas tradicionais regiões produtoras como em estados que representam novas fronteiras agrícolas para a cultura canieira no Brasil (ROCHELLE, 2008).

Isto representa uma grande oportunidade para empresas fabricantes de peças e equipamentos então se faz necessário um estudo bem elaborado sustentado sobre uma metodologia eficaz para que o produto tenha condições de competir com os já existentes no mercado.

4.2.2 Definição do Problema

Juntamente com o aumento no número de potenciais clientes para a linha de produtos, também aumento no número de empresas que fornecem peças como os mancais.

Por esta razão a empresa “T” sente a necessidade de desenvolver um projeto próprio de uma linha otimizando fatores como custos de matéria prima, custos de produção, velocidade de fabricação; além de requisitos do cliente como durabilidade, facilidade de instalação e manutenção. Promovendo pela qualidade o nome da empresa, e gerando oportunidades de venda não só deste como de outros equipamentos.

4.2.3 Projeto Preliminar

Segundo Silveira et al. (2007) nesta fase do projeto, técnicas sistemáticas de auxílio ao planejamento busca e solução de problemas conceituais e técnicos são altamente indicadas. Cabe ressaltar que o projeto preliminar responde a 90% das informações técnicas de um projeto referente a 10% do tempo total de todo o processo de projeto, porque se caracteriza

pela fase de estudo do problema. Portanto, é uma etapa que demanda cuidado na exploração dos conjuntos de soluções viáveis.

Com base na experiência da equipe de engenharia da empresa da qual fazem partes projetistas e engenheiros, também na observação de alguns modelos de mancais deslizamento existentes no mercado foi desenvolvido um croqui mostrando uma primeira idéia do que seria a construção dos mancais mostrado na figura 9.

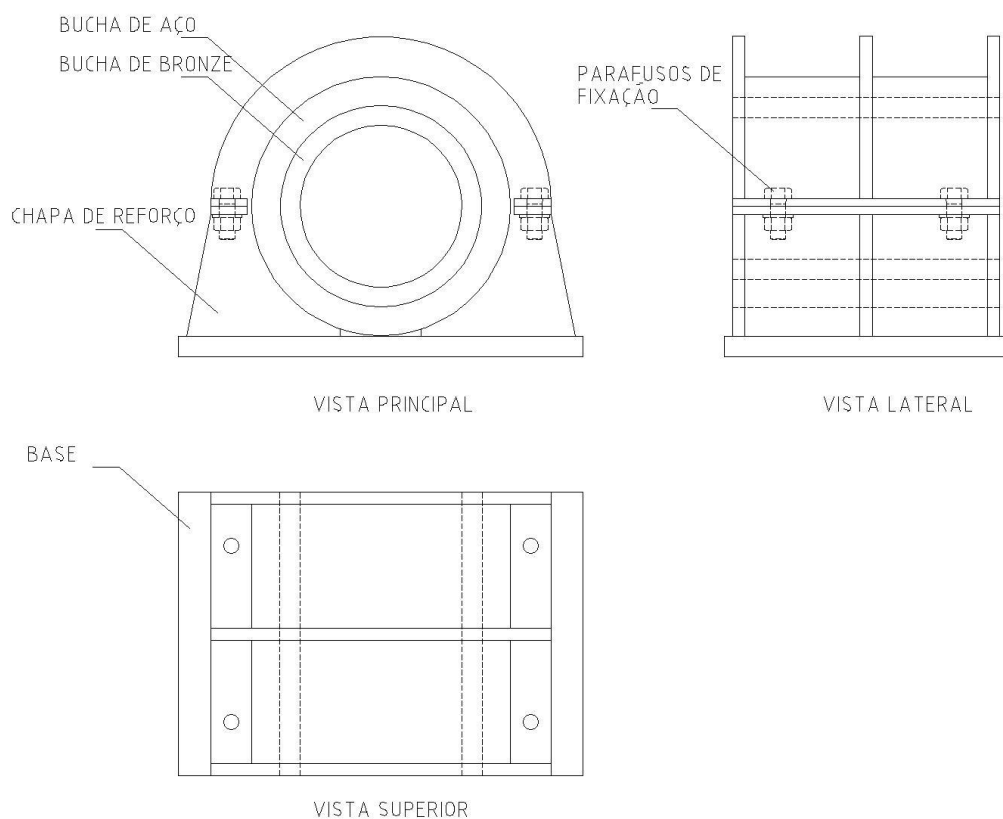


Figura 11 – Projeto Preliminar

4.2.3.1 Requisitos principais

Foi utilizada a matriz QFD, para que fossem levantados os principais requisitos a serem desenvolvidos no projeto do produto. A matriz obtida pelo método QFD é mostrada na figura 11 apenas para visualização; para maiores informações ver Apêndice B.

Elemento do Mancal	Opções de Materiais			
Sapata	Ferro Fundido	Aço ASTM A-36	Aço SAE 1045	Aço SAE 1020
Bucha de Aço	Ferro Fundido	Aço ASTM A-36	Aço ST-52	Aço SAE 1020
Bucha de Bronze	Bronze TM-23	Bronze SAE 65	Bronze ASTM UNS C93700	
Chapas de Reforço	Ferro Fundido	Aço ASTM A-36	Aço SAE 1045	Aço SAE 1020
Tampas Desmontáveis	Ferro Fundido	Aço ASTM A-36	Aço SAE 1045	Aço SAE 1020
Entrada para Lubrificação	Latão	Aço ASTM A-36	Aço SAE 1045	Aço SAE 1020

Figura 13 – Método Morfológico

Como foi observado com clareza nos resultados da metodologia QFD, a bucha de bronze é um dos principais itens, sendo talvez o mais relevante para a qualidade do mancal, então a análise deste componente foi estendida à metodologia FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). A figura 13 serve apenas para visualização da análise FMEA; para maiores informações ver Apêndice C.

F.M.E.A. - ANÁLISE DO MODO E EFEITO DE FALHA										UNEG/DIVISÃO																																				
<input checked="" type="checkbox"/> PROJETO <input type="checkbox"/> PROCESSO										FOLHA __1__ DE __1__																																				
CLIENTE/REF: Projeto Mancal deslizamento		APLICAÇÃO: Mancal de Deslizamento- bucha		ÁREAS ENVOLVIDAS: Projeto, Processo			DATA DA ELABORAÇÃO 28/07/08																																							
DATA ULT. REV. PROJ. : 28/07/08		PRODUTO: Mancal de Deslizamento		FORNECEDOR			DATA DA PRÓXIMA REVISÃO: Não Prevista																																							
ITEM	NOME DO COMPONENTE/ PROCESSO	FUNÇÃO DO COMPONENTE/ PROCESSO	FALHAS POSSÍVEIS			ATUAL			AÇÃO			RESULTADO																																		
			TIPOS	EFEITOS	CAUSAS	CONTROLES ATUAIS			RECOMENDADA	TOMADA	ÍNDICES REVISITOS		DEPTO/ENCL RESPONSÁVEL																																	
1	Mancal de deslizamento	Bucha de Bronze	Alto coeficiente de atrito	Desgaste no eixo a na bucha	Erros no processo de usinagem	testes	5	9	7	315	melhoria no processo de usinagem																																			
				Desgaste na bucha	desgaste pré-maturo															Material Inadequado	projeto, testes	5	8	6	240	revisão na especificação do material da bucha																				
				Vazamento de lubrificação	Trabalho sem grafite															Problemas com retentores														controle de qualidade dos retentores	6	8	7	336	troca do retentor por um mais eficiente							
				Desalinhamento da bucha durante o funcionamento	Desgaste no eixo e bucha															Erros na especificação da tolerancia																										
PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA			GRAVIDADE			DETEÇÃO			RISCO																																					
IMPROVÁVEL ----- = 1 MUITO PEQUENA ----- = 2 a 3 MODERADA ----- = 4 a 6 ALTA ----- = 7 a 8 ALARMANTE ----- = 9 a 10			APENAS PERCEPTÍVEL ----- = 1 POUCO IMPORTÂNCIA ----- = 2 a 3 MODERADAMENTE GRAVE ----- = 4 a 6 GRAVE ----- = 7 a 8 EXTREMAMENTE GRAVE ----- = 9 a 10			ALTA ----- = 1 MODERADA ----- = 2 a 3 PEQUENA ----- = 4 a 6 MUITO PEQUENA ----- = 7 a 8 IMPROVÁVEL ----- = 9 a 10			BAIXO ----- = 1 a 135 MODERADO ----- = 136 a 800 ALTO ----- = 801 a 1000																																					

Figura 14 – Análise FMEA (fonte o autor)

De posse das informações coletadas e analisadas na fase de projeto preliminar foi elaborado um novo “croqui” do mancal, definindo sua forma construtiva e demonstrando os principais componentes já pré-dimensionados para sua análise na etapa seqüente.

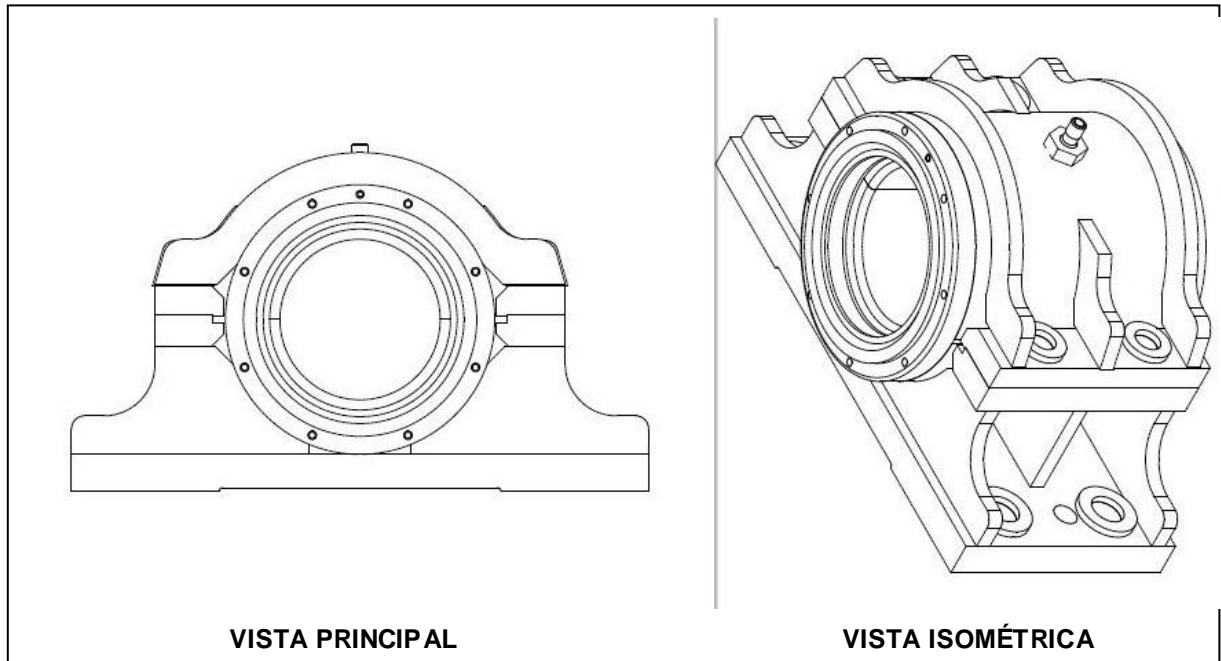


Figura 15 – Projeto Preliminar 2

4.2.4 Construção do Protótipo e Experimentos

Vale ressaltar que o objetivo deste trabalho acadêmico não engloba um aprofundamento na etapa de cálculos e testes de resistência e lubrificação que foi realizada pela equipe de engenharia da empresa, portanto estas etapas são suprimidas, porem alguns métodos utilizados durante estas etapas são demonstrados no decorrer deste trabalho com o intuito de mostrar o maior numero possível de fases do processo de desenvolvimento deste produto.

Devido o alto custo de fabricação de modelo físico, e a confiabilidade e nível de detalhamento obtidas com a utilização de um sistema CAD/CAE, o protótipo foi desenvolvido em um modelo computacional tridimensional, mostrado na figura 15. Este modelo serviu de base para que os testes de resistência e verificação da espessura dos componentes fosse realizados utilizando o método FEA (*Finite Element Analysis*), análise de elementos finitos.

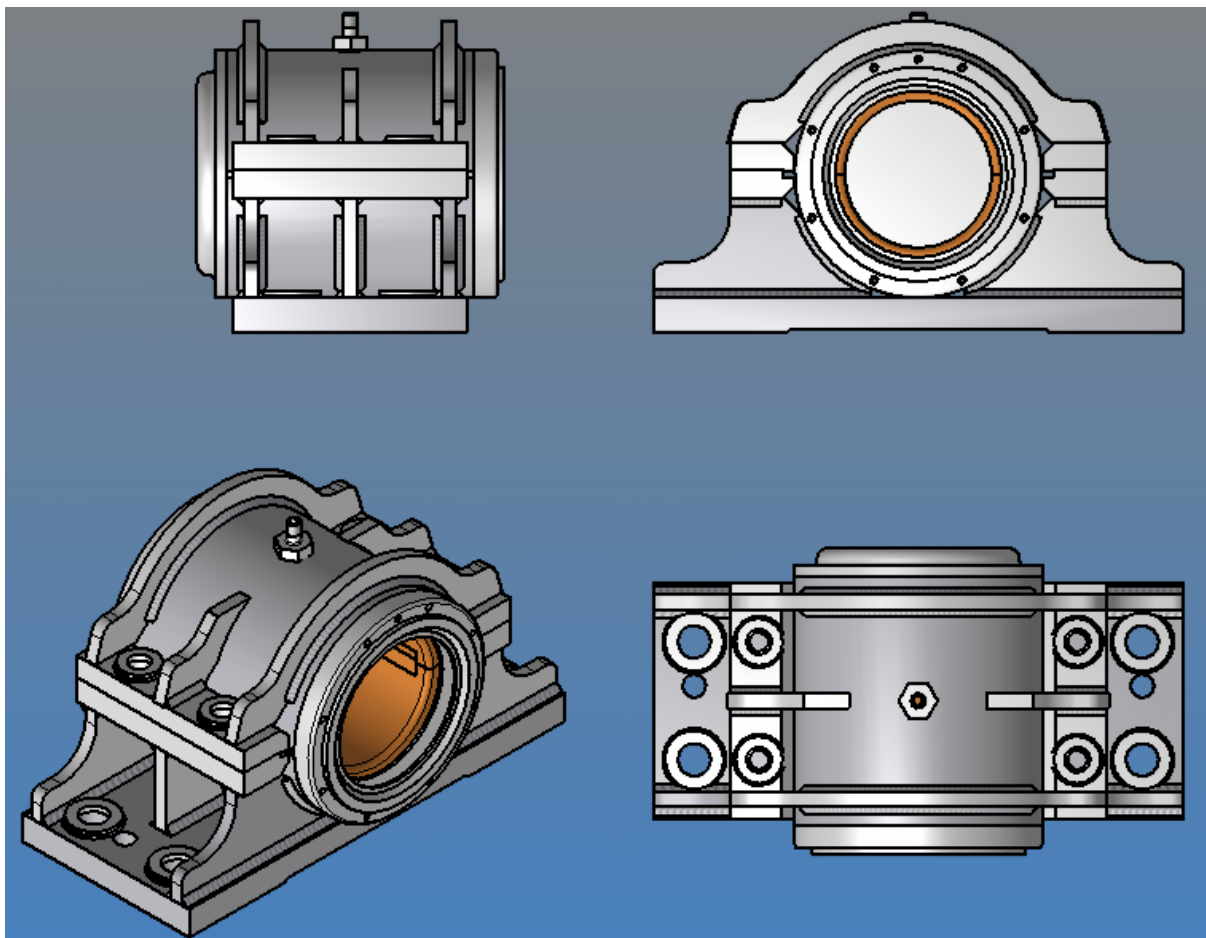


Figura 16 – Modelagem 3D

As figuras 15,16,17 e 18 mostram a demonstração do cálculo de um dos mancais da linha para eixos de diâmetro igual a 125 milímetros e submetido a uma carga dinâmica de 2.000Kgf com fator de segurança máximo igual a 5.

Análise de elementos finitos das chapas de reforço externas material ASTM A-36, *Equivalent Stress* (Esforço Equivalente) em MPa.

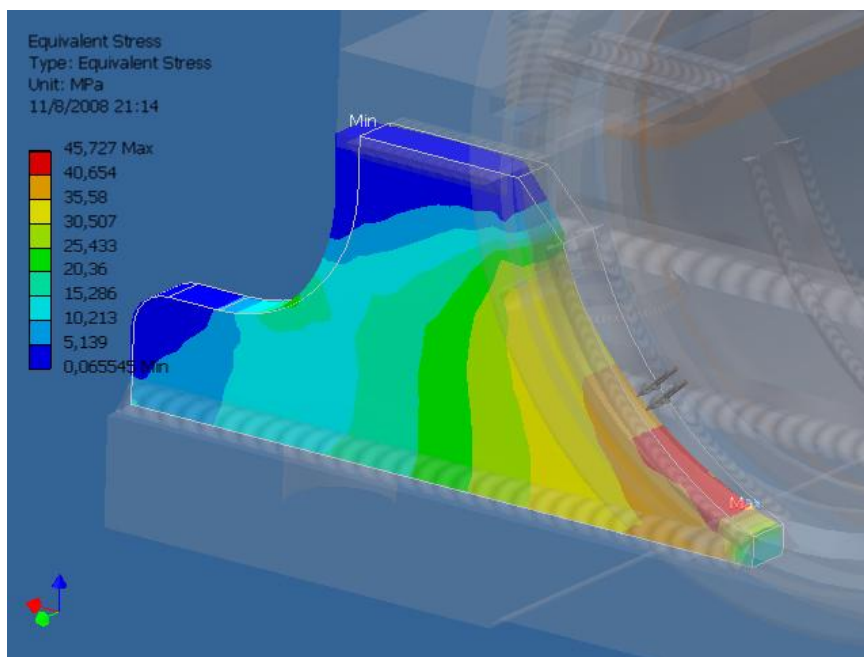


Figura 17 – FEA chapas de reforço esforços 3D

Análise de elementos finitos das chapas de reforço externas material ASTM A-36, *Deformation* (Deformação) em mm.

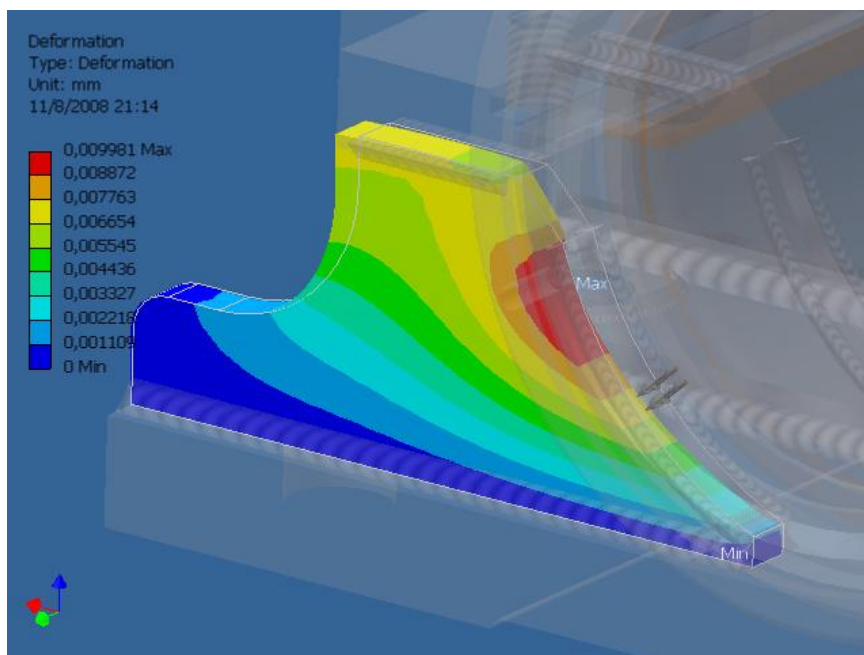


Figura 18 – FEA chapas de reforço deformação 3D

Análise de elementos finitos da bucha de aço material ST-52, *Equivalent Stress* (Esforço Equivalente) em MPa.

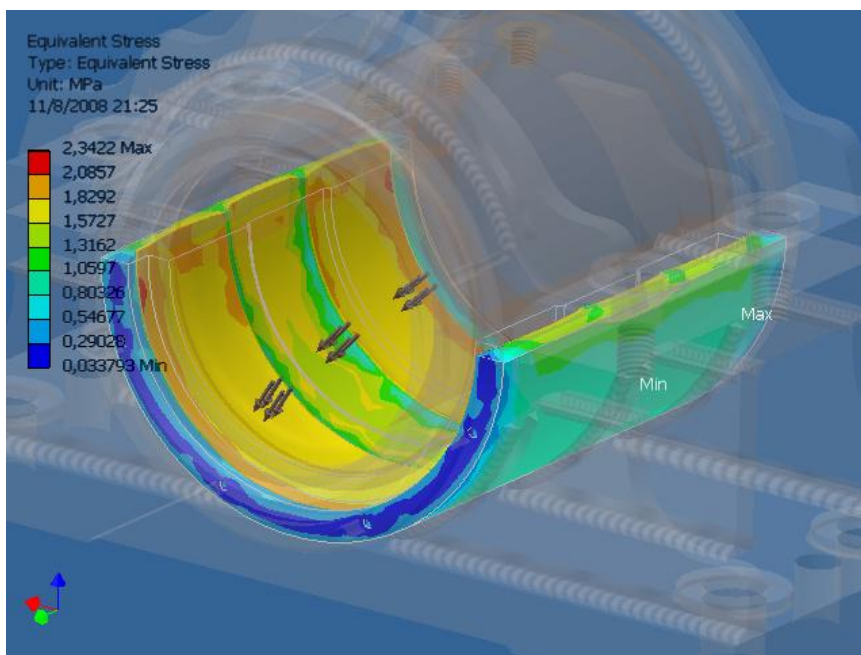


Figura 19 – FEA bucha de aço esforços 3D

Análise de elementos finitos da bucha de aço material ST-52, *Deformation* (Deformação) em mm.

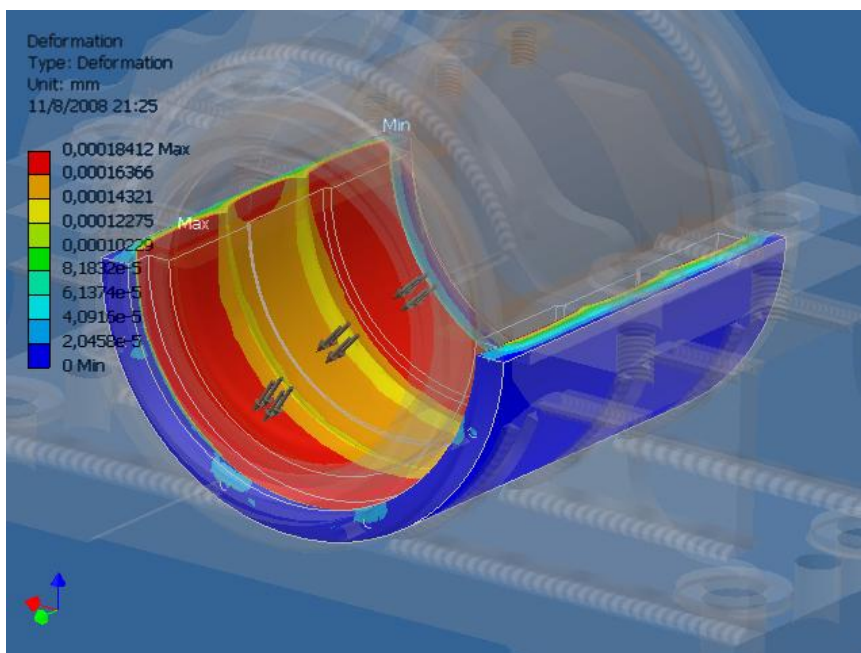


Figura 20 – FEA bucha de aço deformação 3D

Análise de elementos finitos da sapata material ASTM A-36, *Equivalent Stress* (Esforço Equivalente) em MPa.

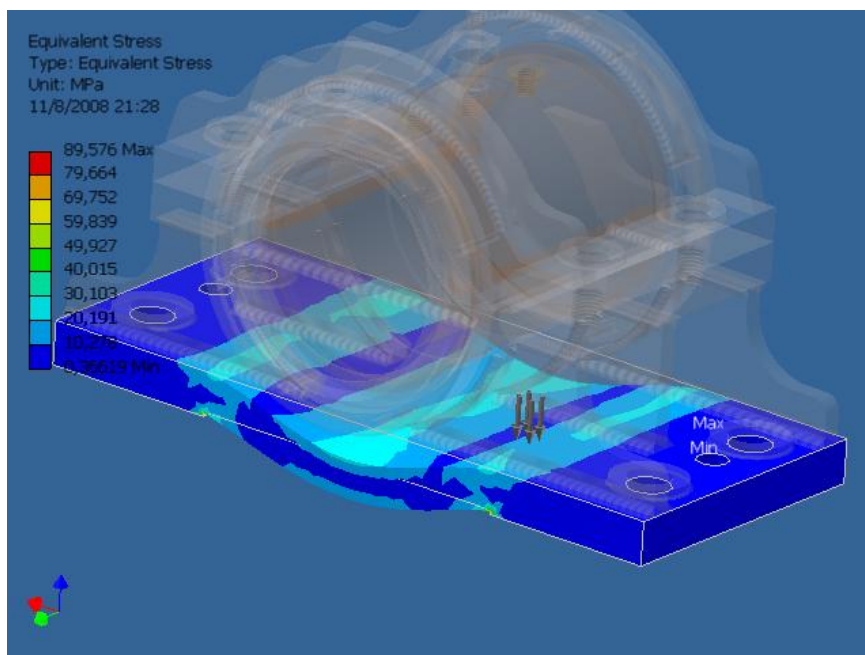


Figura 21 – FEA sapata esforços 3D (fonte o autor)

Análise de elementos finitos da sapata material ASTM A-36, *Deformation* (Deformação) em mm.

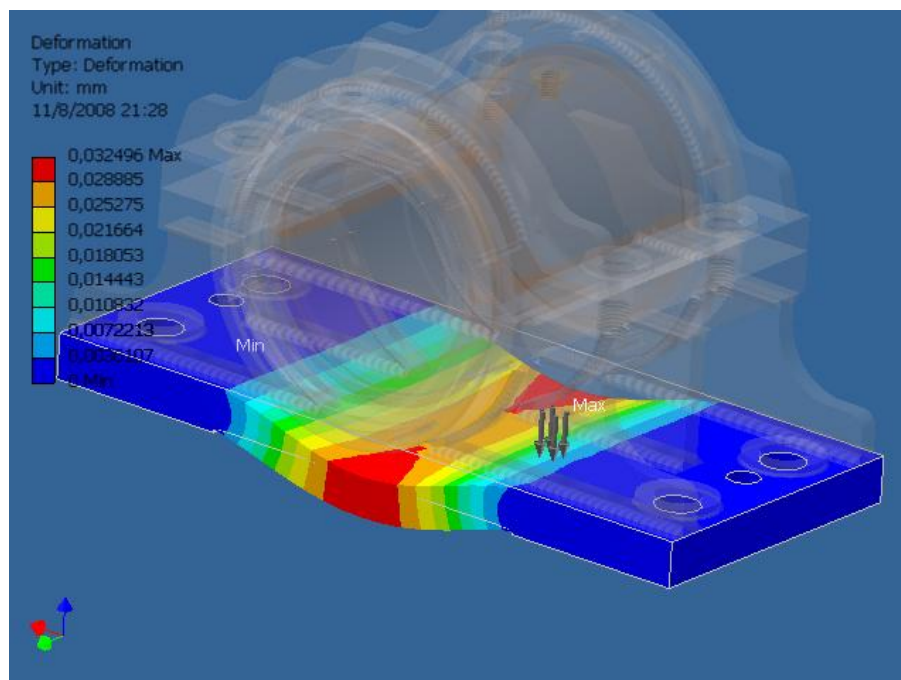


Figura 22 – FEA sapata deformação 3D

4.2.5 Avaliação de Desempenho

As análises propostas pelo método de elementos finitos foram suficientes para confirmar que as espessuras e dimensões dos componentes do projeto do mancal para eixo diâmetro 125 mm, são suficientes para ser submetido a uma carga dinâmica de 2000Kgf.

Para os outros testes como citado anteriormente a construção de um modelo físico exclusivamente para testes apresentaria custos muito elevados de fabricação. No entanto a equipe de engenharia pela experiência de seus membros e confiança nos métodos de cálculo empregados no desenvolvimento do projeto, confere sua aprovação ao projeto dos mancais em questão.

4.2.6 Projeto Detalhado e Apresentação

O projeto detalhado dos mancais foi realizado utilizando-se um sistema CAD/CAE no qual foi desenvolvida a modelagem tridimensional de todos os componentes do mancal e as representação bidimensionais e tridimensionais de todos os desenhos que compõe o projeto detalhado, ver (Apêndice A).

Na seqüência são abordados as principais características abordadas pela equipe de engenharia nesta etapa, que contribuem no intuito de trazer uma representação o mais completa possível do produto a organização dos desenhos assim como a identificação e rastreabilidade dos itens:

Estrutura do Produto: Segundo Pahl et al. (2005) é a estrutura ou classificação dos subsídios para a produção do produto, que é refletida nos desenhos e listas de componentes a serem elaborados pelo departamento de projeto na forma dos desenhos do produto e listas de componentes, esta estrutura tem como finalidade dividir o produto em unidades menores, o esquema demonstrado por Pahl et al. (2005) pode ser visto na (figura 22).

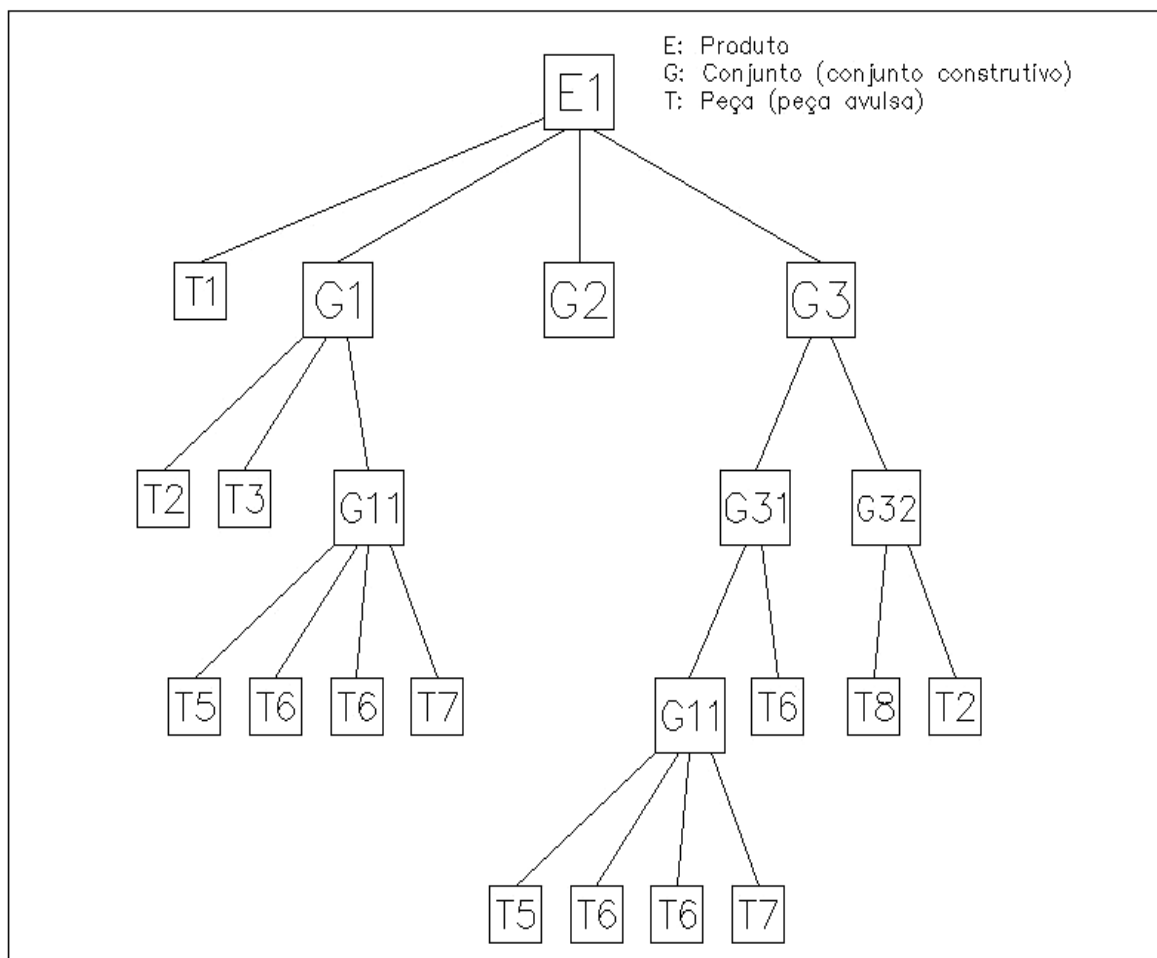


Figura 23 – Esquema de árvore do produto

Fonte: Adaptado de Pahl et al. (2005)

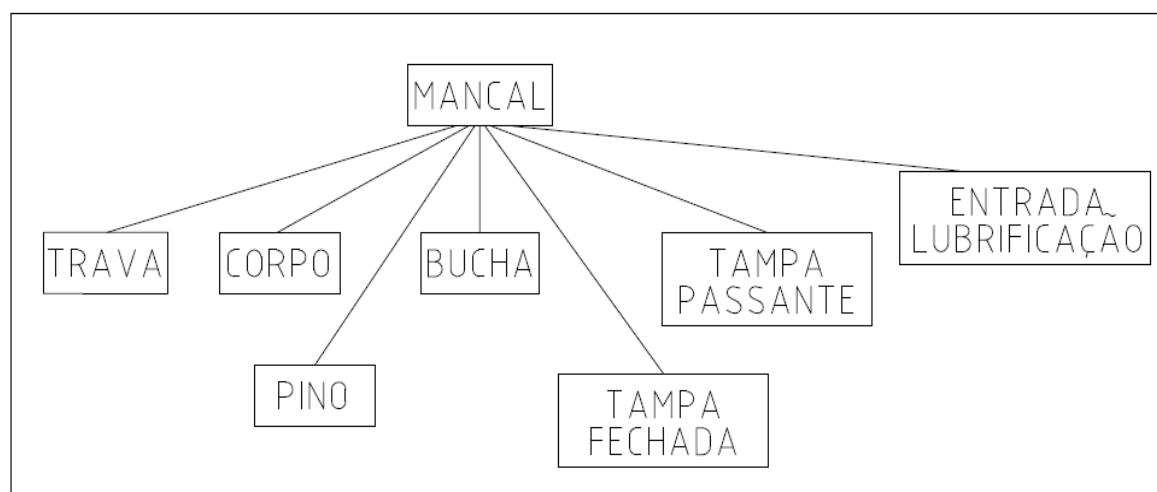
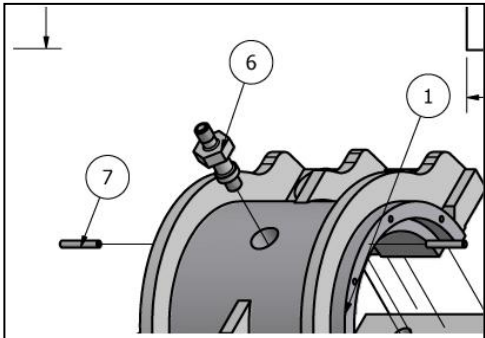


Figura 24 – Esquema de árvore do Mancal

Lista de Peças: Ainda segundo Pahl et al. (2005) lista de peça ou conjunto de listas de peças fazem parte da descrição completa de um objeto, para que sua produção ocorra sem discussões. Uma lista de peças deve conter a quantidade, a unidade da quantidade, a designação de todos os componentes (grupos construtivos) e itens avulsos incluindo itens padronizados, itens produzidos por terceiros e matérias-primas auxiliares; estes itens também devem ser definidos por números de posição, que são o elo entre o desenho e a lista de peças; o modelo base para a elaboração das listas de peças utilizado no projeto do mancal foi baseado na constituição formal que esta definida na norma DIN 6771, no entanto esta lista foi adaptada de acordo com o sistema CAD utilizado e as necessidades da empresa fabricante do mancal.

O conjunto das listas de peças podem ser dispostas no desenho ou também podem ser elaboradas em separado, no projeto em questão estas listas acompanham os desenhos como pode ser visto na (figura 23).



DETALHE – PROJETO DO MANCAL

7	PINO GUIA		DES. 001-033-07-00		1	
6	ENTR. LUBRIFICAÇÃO		DES. 001-033-06-00		1	
5	TRAVA DA BUCHA		DES. 001-033-05-00		1	
4	TAMPA VED. FECHADA		DES. 001-033-04-00		1	
3	TAMPA VED. PASSANTE		DES. 001-033-03-00		1	
2	BUCHA BI-PARTIDA		DES. 001-033-02-00		1	
1	CORPO BI-PARTIDO		DES. 001-033-01-00		1	
POS.	DESCRIÇÃO	CÓDIGO	DIMENSÕES/DESENHO	MAT.	QT	Kg ud.

Figura 25 – Lista de Peças

Numeração dos desenhos: Segundo Pahl et al. (2005) um sistema de numeração deve possuir os requisitos de identificação na qual possibilita o reconhecimento claro e inconfundível de um objeto baseando-se nas suas características; e Classificação, que deve possibilitar o

ordenamento das coisas e circunstancias de acordo com as características definidas. Sendo uma classificação uma descrição de características selecionadas. O mesmo numero de Classificação confirma, portanto, a igualdade dos objetos perante esta característica, porém não sua identidade.

Pode-se trazer ainda algumas recomendações de Pahl et al. (2005) quanto a técnicas de numeração de desenhos:

- a) A estrutura de um sistema de numeração deve permitir extensas possibilidades de ampliações, ou seja deve ser suficiente para atender as necessidades da empresa por muito tempo, não se limitando a um numero baixo de combinações;
- b) Devem ser assegurados tempos de acesso reduzidos, inclusive na execução manual, bem como na administração simples;
- c) Deve haver compatibilidade com os requisitos computacionais;
- d) Deve ser dada estrutura conveniente ao projeto, para processamento e saída de informações de qualquer natureza pelo projetista, especialmente para a numeração de desenhos e das listas de peças;
- e) O numero de um objeto deverá ser mantido, independentemente do produto no qual este objeto é aplicado e se é adquirido como peça avulsa ou peça comprada de outra empresa.

As realidades da empresa também devem ser consideradas como destaca Pahl et al. (2005), pois estas necessidades são influencias muito importantes para que os objetivos que empresa possui sejam cumpridos, Pahl et al. (2005) frisa as seguintes características:

- a) Tipo do programa de produtos e complexidade;
- b) Tipo de produção; lote, avulso, produção em massa entre outros;
- c) Atendimento ao cliente, setor de peças de reposição e setor de distribuição;
- d) Realidades administrativas, por exemplo possibilidades de emprego de computadores;

- e) E os objetivos da numeração, talvez para registro dos acompanhamentos ou de mais programas de produtos, ou somente classificação das peças avulsas para a procura de peças repetitivas.

Tendo estas recomendações como base o sistema de numeração utilizado na empresa foi desenvolvido seguindo o modelo mostrado na (figura 24).

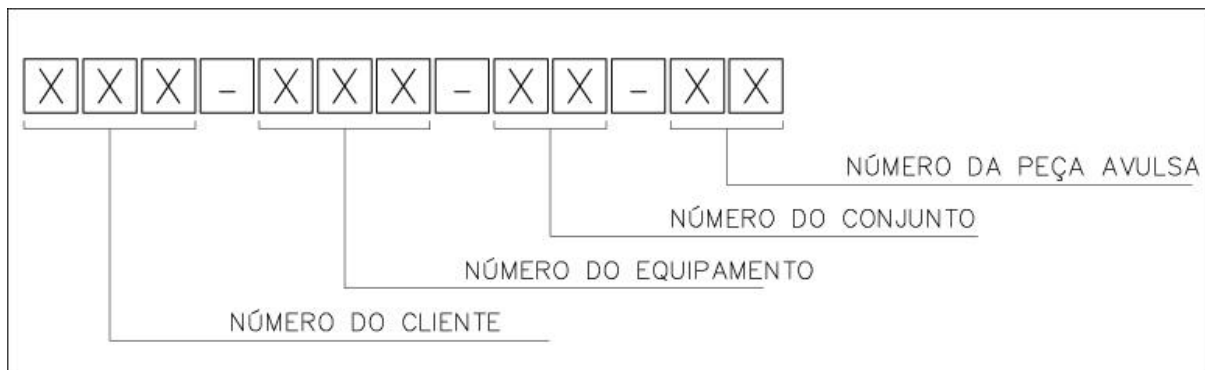


Figura 26 – Numeração

5 CONCLUSÃO

Conclui se que foi cumprido objetivo deste trabalho, aplicar uma metodologia ao desenvolvimento do produto industrial em questão, a linha de mancais “T”, embora no decorrer do uso da metodologia alguns aspectos não puderam ser atendidos, como a construção de um modelo físico para testes, foi buscada a melhor solução possível para estes casos, e essas soluções foram consideradas satisfatórias pela equipe do projeto.

Portanto pode se concluir que a metodologia proposta foi capaz de orientar o desenvolvimento do projeto do mancal, e com o sequenciamento correto das etapas todas as idéias que surgiram foram conduzidas de uma forma adequada, testadas e desenvolvidas para que o produto final viesse a ter um maior nível de qualidade.

E mesmo com o fato destes itens ainda não terem sido comercializados, o que ainda não possibilita analisar sua performance no mercado, com o aval de toda a equipe de engenharia de “empresa T” espera-se que esta linha de produtos possa estar entre os principais itens produzidos pela empresa, e com o atendimento das necessidades dos clientes esta linha de mancais possa figurar entre as mais vendidas de seu seguimento.

REFERÊNCIAS

- ABEPRO. **Áreas e Subáreas de Engenharia de Produção**. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&s=1&c=362>>. Aces.em:13 mar.2008.
- AEROTECNOLOGIA. **Motores Alternativos e Aeronaves**. Disponível em: <http://www.aerotecnologia.com.br/tecnicos/motores/aula_025.htm>. Acesso em: 10 agosto 2008.
- ALBANO, Aline; SILVA, Carlos Eduardo. **O Processo de Desenvolvimento de Produtos no Setor De Máquinas para Transformação do Plástico**. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2002
- BATISDAS, Gladys; NERY, Rogerio; CARVALHO, Marly Montero de. **Uso do Qfd no setor de Serviços**: Avaliação de uma transportadora rodoviária de carga. São Paulo: Enegep, 2001.
- BAXTER, Mike. **Projeto de Produto**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.
- CAPALDO, Daniel; GUEREIRO, Vander; ROZENFELD, Henrique. **FMEA (Failure Model and Effect Analysis)**. Disponível em: <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/FMEA_v2.html>. Acesso em: 31 ago. 2008.
- EFEI – Universidade Federal de Itajubá-MG. **A Importância do Processo de Desenvolvimento de Produtos**. Disp. em:<http://www.iem.efei.br/sanches/Ensino/pos%20graduacao/GPDP/artigos/Artigo%205%20aula.PDF>, Acesso em 30 mar 2008.
- EUREKA, William; RYAN, Nancy. **QFD: Perspectivas Gerenciais do Desdobramento da Função Qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007. 175 p.
- GONZALES, João Carlos Soalheiro; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Uma Contribuição à Interpretação da QS 9000**. Piracicaba: Enegep, 1998.
- HORTA, Lucas Cley; ROZENFELD, Prof. Henrique. **CAD(Computer Aided Design)**. Disp. em: <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/cadv2.html>.

Manuais da QS 9000. **Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA):** Manual de Referência. 1997.

MUNDIM, Ana Paula Freitas; ROZENFELD, Henrique; AMARAL, Daniel Capaldo; da SILVA, Sergio; GUEREIRO, Vander; HORTA, Lucas. **Aplicando o Cenário de Desenvolvimento de Produtos em um Caso Prático de Capacitação Profissional.** São Carlos: Eesc-usp, 2002.

NUMA (Org.). **Núcleo de Manufatura Avançada.** Disponível em: <www.numa.org.br>. Acesso em: 05 ago. 2008.

OLIVEIRA, Flávio Zica de; RUBIO, Juan Carlos Campos. **Cenário de Manufatura Integrada para Produção de Moldes e Matrizes.** Belo Horizonte: Ufmg, 2003.

PACAGNELLA JÚNIOR, Antônio Carlos; SILVA, Sérgio Luís; TOLEDO, José Carlos; PENEDO, Antonio Sergio; SALGADO, Alexandre. **Caracterização e Análise do Desenvolvimento de Produtos Veterinários.** Foz do Iguaçu: Enegep, 2007.

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang; FELDHUSEN, Jorg; GROTE, Karl-Heinrich. **Projeto na Engenharia.** São Paulo: Edgerd Blucher, 2005.

PALADY, Paul. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos.** São Paulo: Imam, 2004.

PEIXOTO, Manoel Otelino. **A Casa da Qualidade e as Diferentes Versões de QFD.** Disponível em: <www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/doc_conhec/A%20Casa%20da%20Qualidade.doc>. Acesso em: 31 ago. 2008.

PEIXOTO, Manoel Otelino; CARPINETTI, Luis Cesar. **Quality Function Deployment - QFD.** Disponível em: <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/qfdv4.html>. Acesso em: 31 ago. 2008.

ROCHELLE, Thereza Christina Pippa. **Etanol.** Disponível em: <<http://www.polbio.esalq.usp.br/biocombustiveis.html>>. Acesso em: 28 ago. 2008.

ROMEIRO FILHO, Eduardo. **Projeto de Produto:** Textos da Apostila do Curso. 7. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.

SANTANA, Alessandro; MASSARANI, Dr. Marcelo. **Engenharia do valor associada ao DFMEA no desenvolvimento do**. São Paulo: Society Of Automotive Engineers, Inc, 2005.

SILVA, Carlos Eduardo Sanches da. **Gestão do Processo e Desenvolvimento de Produtos**. Disponível em: <<http://www.iem.efei.br/sanches/Ensino/pos%20graduacao/GPDP/aulasGPDP.htm>>. Acesso em: 27 jun. 2008.

SILVEIRA, Zilda de Castro; CARVALHO, Roni Cesar de; PURQUERIO, Benedito de Moraes; FORTULAN, Carlos Alberto. **Projeto de um mini moinho vibratório auxiliado por técnicas de metodologia do projeto**. São Carlos: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2007.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TRIZ - Teoria para Resolução de Problemas Criativos. QFD - **Desdobramentos das Funções Qualidade**. Disponível em: <<http://www.sylvioss.pro.br/qfd.htm>>. Acesso em: 28 maio 2008.

ZANCUL, Eduardo; ROZENFELD, Prof. Henrique. **Engenharia Simultânea**. Disp. em: <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/engsimul_v2.html>. Acesso em: 28 maio 2008.

APÊNDICE A – Projeto Mancal de Deslizamento

APÊNDICE B – Método QFD

APÊNDICE C – Análise FMEA

**Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR
CEP 87020-900
Tel: (044) 3261-4196 / Fax: (044) 3261-5874**